

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

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

№ 17(69) – 2019

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., проф.
(КФУ им.В.И. Вернадского)

Заместители главного редактора:

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

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

Гузнецов В.Н., д.пед.н., доц. (МГТУ им. Н.Э. Баумана,
Москва);

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

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

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

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

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

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

Пишулина В.В., д.арх., проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

Сергейчук О.В., д.т.н., проф. (КНУСА, Киев, Украина);

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

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

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

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

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

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

Шенна С.Г., советник РААСН, д.т.н., проф. (ДГТУ, Ростов-
на-Дону);

Щербачков В.И., д.т.н., доц. (ВГТУ, Воронеж)

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 17(69) – 2019

научно-технический журнал

Печатается по решению научно-технического
совета ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
(протокол № 9 от 30.12.2019)

Координатор выпуска *И.В. Николенко*
Редактор *Н.А. Степанцова*
Корректор *А.Н. Нестерова*
Верстка *Г.Р. Биленко*

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

Адрес редакции: 95006, Республика Крым,
г. Симферополь, ул. Павленко, 3, корпус 2, к. 410,
e-mail: rio@napks.ru

Подписан в печать 11.11.2019.

Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Гарнитура Times New Roman. Усл. -печ. л. 14.
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_cfu@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

Нагаева З.С., Голикова А.А. БИОНИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА	7
Михайличенко А.С., Кашина И.В., Нестерова А.Н. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	13
Кляяненко Е.С., Кашина И.В. БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ	25
Давыдов В.А., Кашина И.В. ДЕГРАДАЦИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОБЛИКА ГОРОДА РОСТОВ-НА-ДОНУ	31
Бадашев Д.В., Кашина И.В., Нестерова А.Н. ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО РЕШЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ АКВАПАРКОВ	39
Юрченко В.Ю., Кашина И.В., Нестерова А.Н. АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБРАЗ ЗДАНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ	47
Лисовенко А.В., Кашина И.В. АНАЛИЗ КУПОЛЬНЫХ СИСТЕМ ЮГА РОССИИ	55
Сторож А. С., Кашина И.В. РОЛЬ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ МОСТОВ В СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ	63
Кашина И.В., Киселев И.М., Евлахова Е.Ю. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТИЛЕН-ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА (ЭТФЭ) В ПОКРЫТИЯХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	69

Раздел 2. Строительство

Леоненко К.А., Шаленный В.Т. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭРГНОМИЧНОСТИ УСТРОЙСТВА КАМЕННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ КАРКАСОВ ИЗ МЕЛКИХ БЛОКОВ НА КЛЕЮ	77
Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Козай Э., Макарова Е КАРБОНИЗИРОВАННЫЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ КВАРЦЕВЫХ ГЛИНИСТЫХ ПЕСКОВ	87
Любомирский Н.В., Николаенко В.В., Николаенко Е.Ю., Бахтин А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ КАРБОНАТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.	93

Раздел 3. Инженерное обеспечение

Шеметов И.В., Бекиров Э.А., Асанов М.М. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЁХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	105
---	-----

Борсук О.Ю., Меретуков З.А. ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖИЛЫХ ДОМОВ ГОРОДА МАЙКОПА	111
Асташина М.В., Булатова А.А. УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДОГО УГЛЕРОДНОГО ОСТАТКА ПИРОЛИЗА И РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	117
Панченко В.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ С ПОМОЩЬЮ МОРОЗОСТОЙКИХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ	125
Гвоздкова Ю. Д., Гвоздкова И. А. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОУСТАНОВОК НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ АКТИВНОГО СЛОЯ	145
Степанова С.В., Алексеева А.А. Орлов Д.В. ОЧИСТКА ВОД ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ РЕАГЕНТАМИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН	159
Авдиенко Т.О., Жиленко О.Б. ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ	167
Логачев К.И., Аверкова О.А., Зиганшин А.М., Крюкова О.С., Уваров В.А., Гольцов А.Б. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ ВБЛИЗИ БОКОВОГО ВСАСЫВАЮЩЕГО КАНАЛА	175
Ширкова Т.Н., Первов А.Г. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ФИЛЬТРАТОВ ПОЛИГОНОВ ТБО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ОБРАТНОГО ОСМОСА	185
Раздел 4. Экологическая безопасность	
Дьяков И.М., Дьяков А.И. ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЗДАНИЯ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ПРИ ПОТОКО-СТРУЙЧАТОМ ХАРАКТЕРЕ ГРУНТОВЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ КРЫМА	195
Суббота И.Л., Сандулов Я.П. МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДЕТСКИХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВАНА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ДЕТСКОГО САДА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ПГТ. ФОРΟΣ Г.ЯЛТА	203
Шахин В.М. ИСКУССТВЕННЫЕ ПРОНИЦАЕМЫЕ РИФЫ – НОВЫЙ ТИП БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	211
Список авторов	217
Руководство для авторов	219

CONTENT

Section 1. Town planning

<i>Nagaeva Z.S., Golikova A.A.</i> BIONIC ARCHITECTURE	7
<i>Mikhaylichenko A.S., Kashina I.V., Nesterova A.N.</i> ECONOMIC EFFECT AT APPLICATION OF COMPOSITE REINFORCED CONCRETE SHELLS FROM UNIFIED ELEMENTS	13
<i>Kliyanenko E.S., Kashina I.V.</i> BIONICA IN ARCHITECTURE OF HEIGHTED BUILDINGS	25
<i>Davydov V.A., Kashina I.V.</i> DEGRADATION OF THE ARCHITECTURAL TYPE OF THE CITY OF ROSTOV-ON-DON	31
<i>Badashev D. V., Kashina I. V., Nesterova A. N.</i> FEATURES OF THE ARCHITECTURAL SOLUTION OF THE RECREATIONAL ZONE OF WATER PARKS	39
<i>Yurchenko V.Yu., Kashina I.V., Nesterova A.N.</i> ARCHITECTURAL DESIGN OF BUILDINGS IN STRUCTURES WHICH USE WIND GENERATORS	47
<i>Lisovenko A.V., Kashina I. V.</i> ANALYSIS OF DOME SYSTEMS IN THE SOUTH OF RUSSIA	55
<i>Storozh A.S., Kashina I. V.</i> THE ROLE OF MULTIFUNCTIONAL PEDESTRIAN BRIDGES IN MODERN URBAN DEVELOPMENT	63
<i>Kashina I.V., Kiselev I.M., Yevlakhova E.Y.</i> USE OF ETHYLENE-TETRAFLUOROETHYLENE (ETFE) IN COVERINGS OF LARGE-SPAN BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS	69

Section 2. Construction

<i>Leonenko K.A., Shalenny V.T.</i> IMPROVEMENT OF EFFICIENCY AND ERGONOMY OF THE DEVICE FOR STONE FILLING OF FRAMES FROM SMALL BLOCKS ON ADHESIVE	77
<i>Fedorkin S.I., Lyubomirskiy N.V., Kogay E., Makarova E.</i> CARBONIZED WALL MATERIALS BASED ON FINE-GRAINED QUARTZ CLAY SANDS	87
<i>Lyubomirskiy N.V., Nikolaenko V.V., Nikolaenko E.U., Bakhtin A.S.</i> STUDY OF THE STRUCTURE OF CARBONATE HARDENING MATERIALS BASED ON SODA WASTE	93

Section 3. Engineering Support

<i>Shemetov I.V., Bekirov E.A., Asanov M.M.</i> AUTOMATED MEASUREMENT AND ANALYSIS OF ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF A THREE-PHASE AC CHAIN	105
<i>Borsuk O.Yu., Meretukov Z.A.</i> THERMAL VISION SURVEY OF RESIDENTIAL HOUSES OF THE CITY OF MAYKOP	111

<i>Astashina M.V., Bulatova A.A.</i> DISPOSAL OF SOLID CARBON RESIDUAL PYROLYSIS AND RUBBER CRUSH OF WIRE TIRES FOR WASTE WATER TREATMENT	117
<i>Panchenko V.A.</i> PERSPECTIVES OF ENERGY SUPPLY OF OBJECTS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION BY USING FROST-RESISTANT SOLAR MODULES OF VARIOUS DESIGN	125
<i>Gvozdikova J.D., Gvozdikova I.A.</i> MULTI-CRITERIA ENVIRONMENTAL-ORIENTED ASSESSMENT OF POWER PLANTS BASED ON SOLAR CELLS WITH DIFFERENT ACTIVE LAYER MATERIAL	145
<i>Stepanova S.V., Alekseeva A.A., Orlov D.V.</i> CLEANING WATERS FROM METAL IONS BY REAGENTS FROM PLANT WASTE OF CEREAL CROPS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN	159
<i>Avdienko T.O., Zhilenko O.B.</i> HIGH TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS	167
<i>Logachev K.I., Averkova O.A., Ziganshin A.M., Kryukova O.S., Uvarov V.A., Gol'tsov A.B.</i> NUMERICAL MODELING OF THE MOVEMENT OF DUST PARTICLES NEAR THE LATERAL EXHAUST CHANNEL	175
<i>Shirkova T.N., Pervov A.G.</i> TECHNOLOGY OF TREATMENT OF EFFLUENTS OF LANDFILLS USING THE METHOD OF REVERSE OSMOSIS	185
Section 4. Environmental safety	
<i>Dyakov I.M., Dyakov A.I.</i> EXPERIENCE OF DESIGNING PROTECTION OF THE EXISTING BUILDING FROM FLOODING UNDER FLOW-WATER CHARACTER OF UNDERGROUND WATERS UNDER THE CRIMEA	195
<i>Saturday I.L., Sandulov I.P.</i> MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF THE DESIGNS OF CHILDREN SPECIALIZED INSTITUTIONS OF THE CRIMEAN COASTAL ZONE IS PENINSULATED BY AN EXAMPLE OF THE KINDERGARTEN BUILDING LOCATED IN THE VILLAGE. FOROS G. YALTA	203
<i>Shakhin V.M.</i> ARTIFICIAL PERMEABLE REEF - A NEW TYPE OF WATERPROOF STRUCTURES	211
<i>List of authors</i>	217
<i>Authors Guide</i>	219

БИОНИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА

Нагаева З.С., Голикова А.А.

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение)

ФГАОУ ВО «КФУ им.В.И.Вернадского»,
295493 РК г.Симферополь, ул.Киевская, 18
e-mail: zarema.nagaeva@gmail.com
e-mail: Anastasiya98.00.98@yandex.ru

Аннотация. С появлением возможности удаленного труда и развитием интернета человеку всё реже требуется выходить из дома. При этом безвыездное существование в экологически загрязненном районе или городе пагубно влияет на здоровье людей. В этой связи обществу требуется другое жилое пространство, позволяющее человеку расслабиться, почувствовать комфорт и энергетику природы. Таким важнейшим условиям вполне отвечает бионическая архитектура, которая позволяет комфортно проживать в здании, которое является частью природы.

В мировой архитектуре за последние 40 лет использование принципов и законов формообразования в живой природе привело к новому уровню сознания архитектурного сообщества архитектурно-бионического процесса, который стал одним из направлений - архитектурная бионика.

Предмет исследования: в данной статье рассмотрены основные приемы бионической архитектуры, выявлена необходимость ее развития.

Материалы и методы исследования: в данной статье проведен анализ практической литературы, рассмотрены примеры инновационных проектов бионической архитектуры.

Ключевые слова: Бионика; Бионическая архитектура.

ВВЕДЕНИЕ

Архитекторы призваны создавать пространство для жизнедеятельности человека. Самые совершенные формы, как с точки зрения красоты, так и с точки зрения организации и функционирования, созданы самой природой и развивались в процессе эволюции. Человечество с давних пор заимствовало у природы структуры, элементы построения для решения своих технологических задач.

Бионика в архитектуре - это одно из прогрессивно развивающихся направлений постмодернизма, отличительной чертой которого является применение органичных форм и их объединение с окружающей средой. Зародившись еще в древние века, тенденция заимствования архитектурных форм у природы приобрела новую значимость, проявившись с необычайной силой в стилистике современных зданий и сооружений.

В настоящее время техногенная цивилизация отвоевывает у природы все большие территории, доминируют прямоугольные формы, сталь, стекло и бетон. Эти факторы неблагоприятно влияют на жизнедеятельность человека. С каждым годом все более ощутимой становится потребность человека в естественной гармоничной среде обитания, наполненной воздухом, зеленью, природными элементами.

БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ

В мировой архитектурной практике за прошедшие 40 лет использование закономерностей формообразования живой природы приобрело новое качество и получило название архитектурно-бионического процесса и стало одним из направлений архитектуры хай-тека.

Архитектурно-бионическая практика породила новые, необычные архитектурные формы, целесообразные в функционально-утилитарном отношении и оригинальные по своим эстетическим качествам. Это не могло не вызвать к ним интереса со стороны архитекторов и инженеров.

Бионическая архитектура не нарушает баланс естественной среды, она гармонично вписывается в ландшафт. Известным представителем данного направления считается американский архитектор Фрэнк Ллойд Райт, которому был чужд функционализм, нарочито выделяющий здание из природного окружения. Райт не приветствовал доминирования сооружения над природой, а наоборот, он считал, что строение должно быть логическим продолжением естественного рельефа, но не в ущерб своей практичности.

В начале 21 века бионика в архитектуре находится на новом витке эволюции. Новаторские технологии в производстве строительных материалов и широкие возможности 3D проектирования позволяют современным архитекторам создавать необычные проекты по концепции и эстетической нагрузке.

Рассмотрим бионическую архитектуру на примерах многоэтажного строительства жилых

1). Храм Лотоса

В столице Индии в районе Нью-Дели находится удивительной формы архитектурное сооружение – Храм Лотоса. Архитектором является Фарибор Сахбой. Храм представляет собой огромные белые лепестки, выполненные из белого мрамора и осадочной карбонатной горной породы, лежащие на водной глади. Храм Лотоса - это храм всех религий, в котором воспевают молитвы Иисусу Христу, Кришне, Мухаммеду, Будде. Каждый лепесток лотоса олицетворяет определённую веру. Лепестки тянутся к солнцу и смыкаются, символизируя образование единой религии – бахаизм, единство Бога.

В храме имеется девять порталов, которые символизируют число центральных религий. Все эти двери ведут в центр храма, в просторный зал высотой 40 метров, способный вместить в себя 1300 посетителей. Ни снаружи, ни внутри нет никакой отделки в виде украшений, элементов художественного искусства, священных текстов.

Купол храма образуют «лепестки» лотоса, в центре которого расположен девятиконечный символический знак бахаев. Этот знак был взят за основу при возведении сооружения: его представляют девять бассейнов, расположенных симметрично друг другу. [4]



Рис.1 Храм Лотоса, Нью-Дели, Индия.

Pic.1 Lotus Temple, New Delhi, India.

2). Endless City (Бесконечный город)

Проект небоскреба Endless City стал победителем конкурса «SuperSkyScrapers Awards». Название проекта переводится на русский язык как «Бесконечный город». Разработчиками проекта является команда дизайнеров и архитекторов из Китайской студии «SURE Architecture». Со слов дизайнеров, небоскреб «Endless City» может развиваться и расти в высоту практически до бесконечности, точно также, как обычный город развивается вширь. Архитекторы сделали упор на максимальную автономность здания от внешних источников электроэнергии и механической вентиляции. [11].

«Endless City» выполнен в виде пологих спиральных пандусов и имеет несколько мостиков, которые соединяют противоположные пандусы здания и позволяют посетителям легко и быстро добраться до нужного места. Это наглядно показывает, что здание совсем необязательно должно быть разделено на этажи. Благодаря своей уникальной конструкции, оно становится

продолжением тротуара улицы, тянущегося на несколько километров.

Как отмечают авторы проекта, уклон будет непостоянным и сами пандусы могут быть разной высоты и ширины, что позволяет создавать в пределах здания различные функциональные зоны. В небоскрёбе будет организована сложная и развитая инфраструктура, похожая на реальный город - улицы и аллеи, технологические и промышленные зоны, общественные парки и магазины, театры и рестораны, жилые кварталы и огромные парки.

Форма конструкции оптимизирована таким образом, чтобы уменьшить потребность в искусственном освещении. В центре небоскреба предусмотрен «световой колодец», благодаря которому размещённые на площадках здания сады и парки будут получать достаточное количество естественных солнечных лучей, а само здание заметно снизит потребление энергии. Подобное решение будет способствовать механическому охлаждению и вентиляции, при этом исключая выпадение осадков на головы прохожих.

Пандусы поддерживают шесть вертикальных колонн, в которых разместятся лифты для быстрой доставки наверх технического персонала, а также

грузовые транспортёры для подъёма быстровозводимых модульных элементов здания.



Рис.2 Бесконечный город. Лондон, Англия.

Pic.2 Endless City. London, England.

Находясь в постоянном поиске концептуальных идей, архитекторы обращаются к природным формам, обладающим достаточной жизнестойкостью. Анализируя анатомические принципы строения живых организмов, они пытаются воплотить их в конструктивных элементах архитектуры будущего. Экспериментальные малые архитектурные формы, построенные по инновационным технологиям, позволяют конструкторам оценить надежность и несущую способность сооружений в малом масштабе, чтобы затем применить использованные методы для более габаритных построек.

3). Парковый павильон

Исследовательская команда профессоров и студентов двух высших институтов Штутгартского университета – Института университета Вычислительного Дизайна (ICD) и Института

Строительных Конструкций и Структурного Дизайна (ITKE) - построили необычный парковый павильон, который состоит из тридцати шести модулей с жестким ортогональным каркасом. Каркас оплетен карбоновым волокном, это демонстрирует новый подход к использованию волокно-композитных материалов в современной архитектуре. Комбинация углеродных нитей с ажурным металлическим остовом придает сооружению достаточную несущую способность. Площадь павильона составляет 50 м², а его вес - 593 кг.

Вдохновляющим фактором для команды послужила структура крыльев жука, на основании которой была создана 3D-модель сооружения. «Морфология надкрылий основана на двойной слоистой структуре, – уточняет один из членов команды, – которая напоминает колонку, образуемую переплетением кривых поддерживающих элементов – трабекул». [12].

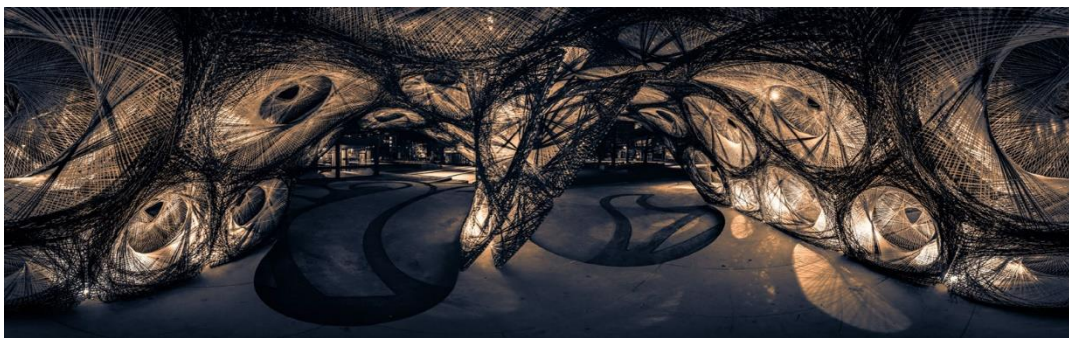


Рис.3 Парковый павильон. Штутгарт, Германия.

Pic.3 Park Pavilion. Stuttgart, Germany.

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ БИОНИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

Самой гармоничной формой для комфортной жизнедеятельности человека является круг или купол. Подсознательно, данная фигура воспринимается человеком как защита. Доказательством этого служат церкви, храмы, древние архитектурные формы, сложные промышленные решения (мосты «виадуки»), огромные выставочные комплексы без внутренних опор и др. Уже при входе в подобное здание, человек ощущает спокойствие и умиротворение.

Бионика происходит от греческого слова, означающего «элемент жизни». Это послужило основой названия направления в науке, занимающегося изучением возможности использования в технике определенных биологических систем и процессов.

Здания в бионическом стиле характеризуются вольными формами, далёкими от геометрии. Авторы подобных проектов продвигают идею о том, что дома должны представлять собой «живые организмы», способные развиваться в соответствии

с законами своего собственного существования, основанного на симбиозе с конкретными участками природы.

Архитекторы стремятся располагать здания внутри ландшафта таким образом, чтобы окружающие его растения, деревья, водоемы не только эстетически вписывались в предполагаемую концепцию, но и являлись частью конструкций, вспомогательных элементов или системы жизнеобеспечения

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Архитекторы, создающие здания и сооружения в бионическом стиле стремятся к тому, чтобы дом являлся живым организмом, имеющим возможность развиваться в соответствии с законами своего существования.

Техническое развитие последних десятилетий давно подчинило себе образ жизни человека. Шаг за шагом человечество вышло из своей экологической ниши обитания на планете. Фактически, мы стали жителями искусственной «природы», созданной из стекла, бетона и пластика. Чем сильнее

искусственная природа захватывает живую, тем более явственной становится потребность человека в естественной, природной гармонии. Наиболее вероятным способом решения этой проблемы является восстановление равновесия между двумя мирами путем развития современной бионики.

Основным методом архитектурной бионики является метод функциональных аналогий, основанный на сопоставлении принципов и средств формообразования живой природы и архитектуры.

Задачи, которые ставит перед собой архитектурная бионика:

- формирование гармоничного единства архитектуры и живой природы;

- создание таких архитектурных форм, которые отличались бы красотой и гармонией, свойственной живой природе, и, при этом, были функционально оправданы;

- поиск архитектурно-технических решений, которые позволяли бы использовать экологически чистые виды энергии — энергию солнца, ветра и т. п.

ВЫВОДЫ

1. Использование в архитектуре форм живой природы вполне оправдано. Архитекторы создают комфортное пространство для жизнедеятельности человека.

2. В мире все взаимосвязано, нет непроходимых барьеров между живой природой и искусственными формами и конструкциями, существуют законы, объединяющие весь мир в единое целое, и порождающие объективную возможность использования в искусственно создаваемых системах закономерностей и принципов построения живой природы и ее форм. Основой этому служит биологическое родство человека и живой природы.

3. Во все времена существовала преемственность природных форм в архитектуре, созданной человеком. Современная бионическая архитектура опирается на функциональные и принципиальные особенности живых организмов — способность к саморегуляции, фотосинтез, принцип гармоничного сосуществования и т. д.

4. В бионической архитектуре предполагается создание домов, являющихся естественным продолжением природы, не вступающих с ней в конфликт. Дальнейшее развитие бионики предполагает разработку и создание экодому — энергоэффективных и комфортных зданий с независимыми системами жизнеобеспечения.

5. В конструкциях зданий бионической архитектуры предусматривается комплекс инженерного оборудования. При строительстве используются экологичные материалы и строительные конструкции.

6. Дом будущего — это автономная самообеспечивающаяся система, органично вписывающаяся в природный ландшафт и существующая в гармонии с природой. Современная архитектурная бионика практически

слилась с понятием «экоархитектура» и напрямую связана с экологией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев Ю. С. и др. Архитектурная бионика / Под ред. Ю. С. Лебедева. — М. : Стройиздат, 1990.

2. В.М. Ахутин. Бионические аспекты синтеза биотехнических систем.

3. Ю.С. Лебедев, И.И. Бяльский. Гармония форм в живой природе и архитектуре. М., ЦНТИ, 1976.

4. <https://indiamagazine.ru/xram-lotosa/>

5. Ю.С. Яралов. Синтез искусств и архитектуры общественных зданий. М., Советский художник, 1974.

6. https://zen.yandex.ru/media/dom_s_vidom_na_m_echtu/5-sumasshedshih-proektov-zdaniia-buduscego-5c669ce1e4bead00af905579

7. Вопросы бионики. Отв. ред. М.Г. Гаазе-Рапопорт, М., 1967.

8

Крайзер Л.П., Сочивко В.П., Бионика, 2-е изд., М., 1968. Вопросы бионики. Сб. ст., отв. ред. М.Г. Гаазе-Рапопорт, М., 1967.

11. https://thearchitect.pro/ru/news/5623-Beskonecnyj_gorod_neboskreb_dla_Londona

12. <https://www.abitant.com/posts/innovatsii-ot-shtutgartskogo-universiteta>

13. J.M. Fitch. Architecture and the aesthetics of Plenty. N.Y. - L, 1961.

14. Williams, Hugh Aldersey. Zoomorphic: New Animal Architecture. — Collins Design, 2003.

REFERENCES

1. Lebedev, Yu.S. et al. Architectural Bionics / Ed. Yu. S. Lebedev. - M.: Stroyizdat, 1990.

2. V.M. Ahutin. Bionic aspects of the synthesis of biotechnological systems.

3. Yu.S. Lebedev, I.I. Bialsky. Harmony of forms in wildlife and architecture. M., TSNTI, 1976.

4. <https://indiamagazine.ru/xram-lotosa/>

5. Yu.S. Yaralov. A synthesis of the arts and architecture of public buildings. M., Soviet artist, 1974.

6. https://zen.yandex.ru/media/dom_s_vidom_na_m_echtu/5-sumasshedshih-proektov-zdaniia-buduscego-5c669ce1e4bead00af905579

7. Questions of bionics. Repl. ed. M.G. Haase-Rapoport, M., 1967.

8. Kraizmer L.P., Sochivko V.P., Bionika, 2nd ed., M., 1968.

9. Martek V., Bionika, per. from English., M., 1967.

10. Questions of bionics. Sat Art. ed. M.G. Haase-Rapoport, M., 1967.

11. https://thearchitect.pro/en/news/5623-Beskonecnyj_gorod_neboskreb_dla_Londona

12. <https://www.abitant.com/posts/innovatsii-ot-shtutgartskogo-universiteta>

13. J.M. Fitch Architecture and the aesthetics of Plenty. N.Y.- L, 1961.

14. Williams, Hugh Aldersey. Zoomorphic: New Animal Architecture. - Collins Design, 2003.

BIONIC ARCHITECTURE

Nagaeva Z.S., Golikova A.A.

Summary. With the advent of remote work and the development of the Internet, people are less and less required to leave their homes. At the same time, an endless existence in an environmentally polluted area or city adversely affects people's health. In this regard, society needs another living space that allows a person to relax, feel the comfort and energy of nature. Bionic architecture, which allows you to comfortably live in a building that is part of nature, fully meets such important conditions

In world architecture over the past 40 years, the use of the principles and laws of shaping in wildlife has led to a new level of consciousness of the architectural community of the architectural and bionic process, which has become one of the areas - architectural bionics.

Subject of research: This article discusses the main priyoms of bionic architecture, identifies the need for its development.

Materials and research methods: in this article, an analysis of practical literature is carried out, examples of innovative projects of bionic architecture are considered.

Key words: bionics; Bionic architecture.

УДК 711.4

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СОСТАВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБОЛОЧЕК ИЗ УНИФИЦИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Михайличенко А.С., Кашина И.В., Нестерова А.Н.

^{1,2} Донской государственный технический университет, 344000: г. Ростов-на-Дону, ул.Социалистическая 162, nasya-rd@mail.ru

³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, Lisa.858@yandex.ru

Аннотация. В статье ставится задача рассмотреть пространственные составные конструкции с точки зрения оптимизации их формообразования, а также экономический эффект при применении составных железобетонных оболочек из унифицированных элементов. Значительное внимание уделяется методам снижения материалоемкости и улучшения технико-экономических показателей. После проведения исследования и сопоставления результатов были выведены основные показатели, отвечающие на необходимые требования.

Предмет исследования: пространственные составные конструкции, составные железобетонные оболочки из унифицированных элементов, универсальный спортивный зал «Дружба», Даниловский крытый рынок.

Материалы и методы: при проведении данного исследования были изучены литературные и научные источники; осуществлен подбор и анализ теоретических трудов и практических примеров, разработанных отечественными и зарубежными авторами. При анализе полученных данных использованы методы анализа, аналогии, синтеза, дедукции.

Результаты: в результате исследования было выявлено, что составная железобетонная оболочка экономичнее оболочки, очерченной по единой поверхности, особенно по расходу бетона.

Выводы: на основании исследования выявлено, что рациональные типы пространственных составных конструкций многоугольным планом экономичнее плоскостных конструкций, а также оболочки, очерченных по единой поверхности. Данная работа может быть интересна для обучающихся и профессорско-преподавательского состава по специальности 08.03.01 «Промышленное и гражданское строительство».

Ключевые слова: оболочки, кривизна гауссова, конструкции железобетонные пространственные, контур, плиты, технико-экономические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

Составные оболочки широко применяются в мировой строительной практике. Оболочки, складки и висячие покрытия являются эффективными пространственными конструкциями. Их различные варианты можно рассматривать с позиции оптимизации их формообразования. Для того, чтобы достичь выразительности сооружения, повысить технологичность возведения и снизить материалоемкость конструкций, применяют такой метод конструктивных форм, что позволяет обогатить средства архитектурного проектирования.

Основной областью применения составных оболочек следует считать здания пролетами более 36...42м, когда конструкции традиционных оболочек с увеличением пролета должны существенно усложняться (применение предварительного напряжения, необходимость

перехода на металлы при конструировании контурных ферм и т.д.); при малых пролетах до 18 м составные оболочки образуются сочетаниями отдельных унифицированных плит, а каждая плита, в свою очередь, может рассматриваться как оболочка. Поэтому такие конструктивные формы также могут быть эффективны.

Целесообразность применения сборных железобетонных пространственных конструкций в каждом отдельном случае устанавливается с учетом функциональных и градостроительных требований, условий технико-экономической эффективности, технологичности изготовления конструкций и возведения зданий.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Составные пространственные покрытия образуют путем комбинирования отдельных фрагментов геометрических поверхностей.

Таковыми покрытиями перекрывают здания больших пролетов с различной формой плана.

Здания с такими конструкциями могут быть торгового, транспортного, спортивного, зрелищного, а также производственного назначения. В основных случаях функциональный процесс таков, что назначения центральной части и помещений, располагаемых по периметру, различны. Например, в зданиях спортивного или зрелищного назначения в центральной части располагаются арена, эстрада, где проводятся выступления или соревнования, а также места для зрителей, а по периметру – вспомогательные помещения (фойе, буфеты, гардеробы). В крытых рынках центральную часть обычно занимает главный торговый зал, к которому пристраиваются магазины, административные помещения, навесы для летней торговли и т.д. Такую же объемно-планировочную структуру могут иметь крытый гараж-стоянка, лабораторный корпус с залом для

испытаний, промышленные сооружения с циклическим технологическим процессом. [3]

По конструктивным особенностям составные оболочки с жесткими элементами делятся на две группы (рис.1): составные оболочки с центральным элементом в виде положительной гауссовой кривизны (рис.1, ж); составные оболочки с каркасом, занимающим в покрытии центрально-радиальное положение (рис.1, з). К составным оболочкам можно также отнести и многоволновые неразрезные оболочки, в которых в местах пересечения жестких элементов – диафрагм располагаются колонны (рис.1, и). К первой группе можно отнести купольно-складчатые покрытия и составные оболочки с квадратным и треугольным планом, в том числе оболочки разнозначной кривизны; ко второй – полигональные оболочки с циклическим и вытянутым планами. [3]

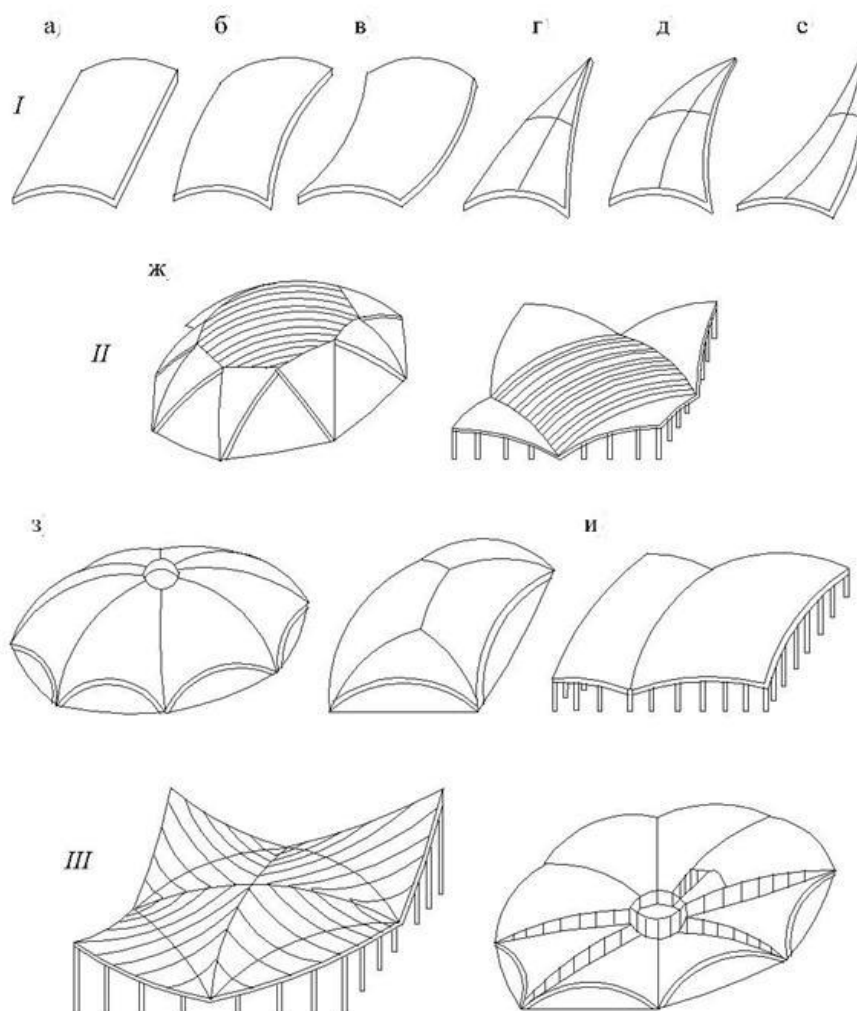


Рис. 1. Составные оболочки с жесткими элементами: I – составляющие оболочки; II – составные оболочки купольного типа; III – составные висячие оболочки; а, з – нулевой; б, д – положительной; в, е – отрицательной гауссовой кривизны; ж – с жестким центральным элементом в виде оболочки положительной гауссовой кривизны; з – с жесткими элементами в виде каркаса; и – неразрезные многоволновые

Fig. 1. Composite shells with rigid elements: I - component shells; II - composite dome-type shells; III - composite hanging shells; а, з – zero; б, д - positive; в, е – negative Gaussian curvature; ж - with a rigid Central element in the form of a shell of positive Gaussian curvature; з - with rigid elements in the form of a frame; и - continuous multi-wave

По очертанию срединной поверхности различают: составные оболочки в виде сочетания оболочек положительной гауссовой кривизны; то же, оболочек отрицательной гауссовой кривизны; то же, оболочек разнозначной кривизны (положительной и отрицательной гауссовой кривизны); то же, оболочек нулевой гауссовой кривизны.

По используемым материалам оболочки могут быть: железобетонные, комбинированные, состоящие из железобетонных плит и стальных арок или ригелей.

Составные оболочки могут быть как сборные, так и монолитные. В соответствии с практикой строительства этих конструкций в нашей стране применяют составные оболочки только сборные, собираемые из унифицированных элементов.

Наряду с оболочками с жесткими элементами рассматриваются также составные висячие оболочки (см. рис. 1, III). [3]

Рекомендуемые типы оболочек и их пролеты приведены на рис.2.

Типы оболочек		Размеры пролетов, м					
		24	36	42	до 60	до 100	100...150
Отдельно стоящие или составляющие оболочки	отдельно стоящие и составляющие положительной гауссовой кривизны					—	—
	составляющие отрицательной или нулевой гауссовой кривизны					—	—
	купольные					—	—
	с квадратным и треугольным планом					—	—
Составные оболочки	с вытянутым планом						
	купольно-складчатые						
	полигональные с циклическим планом (в том числе висячие)						

Рис. 2. Рекомендуемые типы и пролеты оболочек

Fig. 2. Recommended shell types and spans

Применение в общественных зданиях.
 Применение составных оболочек целесообразно для общественных зданий, сооружений торговых, общественного питания, транспортного назначения, спортивных, зрелищных, в том числе: крупных торговых центров, крытых рынков, универсамов, универмагов, специализированных и фирменных магазинов промышленных министерств, совхозов и колхозов, баз и складов для хранения промышленных товаров и сельскохозяйственной продукции, ресторанов, крупных столовых, автобусных и троллейбусных парков, вокзалов, спортзалов учебных заведений и городского назначения, кинотеатров, конференц-залов, выставочных павильонов. Оболочки могут применяться также для залов лабораторных корпусов научно-исследовательских институтов, например, предназначенных для испытаний.

Применение в производственных зданиях.
 Для покрытий зданий производственного назначения рекомендуются оболочки положительной кривизны, очерченные по единой

исходной поверхности, или составные многоволновые в зависимости от размеров здания в плане и размеров используемых элементарных оболочек. Применение таких оболочек, как правило, экономически обосновано для зданий с пролетами 24...36 м и продольным шагом колонн 18...24 м, без кранов и с подвесным подъемно-транспортным оборудованием грузоподъемностью до 5 т, а также с опорными кранами грузоподъемностью до 50 т включительно, если указанные шаги колонн диктуются условиями размещения технологического оборудования. [3] В зданиях с опорными кранами, когда продольный шаг колонн не обусловлен технологией размещаемого производства, оболочки могут быть экономически оправданы, если переход к укрупненному шагу колонн (более 12 м) обеспечивает существенное улучшение использования производственной площади здания.

При пролетах более 36 м оболочки рекомендуются для зданий без опорных кранов, если они экономически целесообразны и не требуют

больших эксплуатационных расходов. С учетом приведенных выше рекомендаций оболочки выгодно применять для предприятий машиностроения, электротехнической, текстильной, легкой, пищевой, радиоэлектронной промышленности, предприятий по выпуску радиотехнических изделий, гаражей, складских зданий и сооружений.

Составляющие оболочки составных пространственных покрытий расчлняют на сборные унифицированные плиты с цилиндрической поверхностью. Номенклатура изделий составных оболочек включает в себя основные плиты, доборные плиты и контурные ригели. Для компоновки оболочек принят укрупненный производственный модуль 3х6 м.

Использование эффективных составных конструкций позволяет решать сложные задачи проектирования общественных и производственных зданий, удовлетворяя условиям экономичности и повышения архитектурного качества городской застройки. Существенно то, что при компоновке составных оболочек, складок, комбинированных систем используются методы конструирования отдельно стоящих, очерченных по единой поверхности оболочек, поскольку последние являются их составляющими элементами. Без широкого опыта строительства отдельно стоящих, очерченных по единой поверхности оболочек было бы невозможно перейти к возведению их сочетаний, т.е. к более сложным формообразованиям. [3]

Применение пространственных составных конструкций в проектировании представляет собой реализацию возможности формообразования зданий и сооружений на современном уровне, с внедрением последних достижений науки и техники в строительстве.

Значительно большее развитие в современной строительной технике получило применение составных покрытий в виде сочетания оболочек положительной, отрицательной и в меньшей степени нулевой гауссовой кривизны. Нерегулярность геометрической формы, вызванная функциональными, градостроительными или эстетическими требованиями, достигается в этих решениях путем сопряжения отдельных фрагментов поверхностей, геометрия каждого из которых, как правило, описывается аналитически.

В последние годы составные оболочки стали применять для зданий больших пролетов с различной формой плана.

Для зданий с вытянутой формой плана в ГДР применяют комбинированные пространственные конструкции пролетами 12, 21, 27, 30 и 36 м. Они выполнены с размещенной по продольной оси зданий аркой, имеющей разветвленные концы, к которой примыкают оболочки (рис.3,а). Подобное решение было предложено Р. Тайбером в Париже для спортивного центра с ареной размерами более 61х30 м (рис.3,б). Аналогичная конструктивная схема (рис.3,в) была предложена в СССР ранее

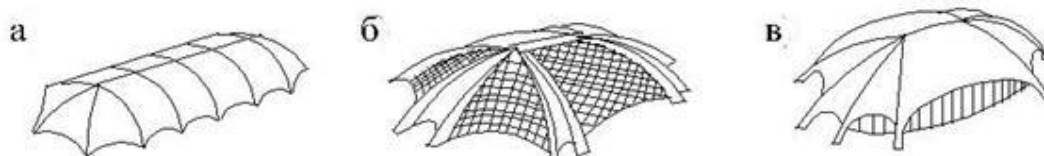


Рис. 3. Оболочки с вытянутой формой плана

Fig. 3. Shells with an elongated plan shape

Примерами составных оболочек для зданий с произвольной многоугольной формой плана являются составные оболочки аэровокзалов пролетом около 60 м (США) (рис.4,а). Форма плана составляющих оболочек приближается к

треугольной, в целом план нерегулярный. Покрытие оперного театра в Сиднее (рис.4,б) состоит из пересекающихся сборно-монолитных оболочек в форме трехгольных в плане фрагментов сферы с одинаковым радиусом кривизны. [3]

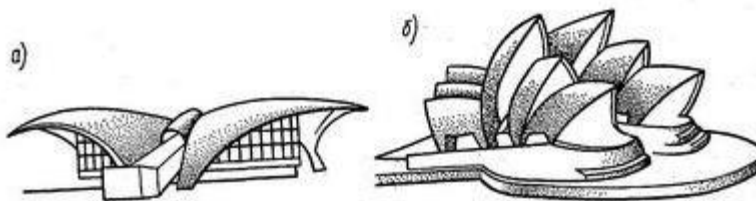


Рис. 4. Составные оболочки с многоугольным планом произвольной формы

Fig. 4. Composite shells with a polygonal plan of any shape

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Технико-экономический анализ эффективности применения составных оболочек можно выполнить

на примере построенных характерных сооружений – универсального спортивного зала «Дружба» (рис.5) и Даниловского крытого рынка (рис.6).

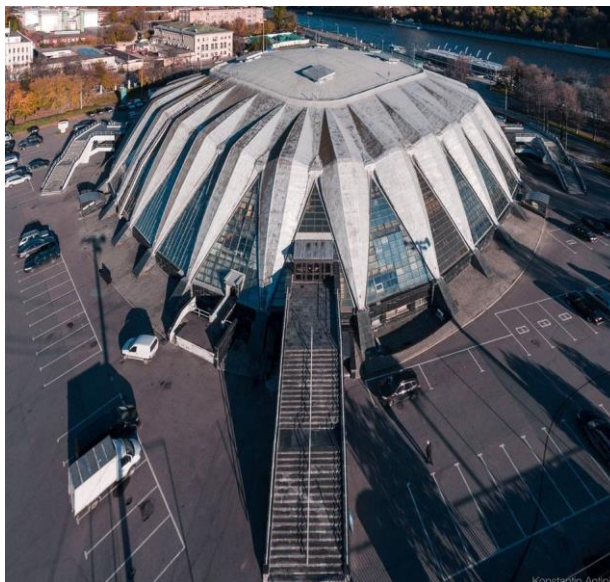


Рис. 5. Универсальный спортивный зал «Дружба»

Fig. 5. Universal sports hall "Druzhba"



Рис. 6. Даниловский крытый рынок

Fig. 6. Danilovsky covered market

Результаты сопоставления вариантов конструктивного решения сооружения следующие.

В качестве вариантов рассмотрены складчатый решетчатый металлический купол и сборно-монолитная предварительно напряженная железобетонная оболочка положительной

гауссовой кривизны (по типу торгового центра в Челябинске). Для сопоставимости пролеты и высоты зданий с рассмотренными вариантами приняли равными соответствующим размерам универсального спортивного зала в Лужниках.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

в табл.1, показатели конструкций пролетом 42 м – в табл.2.

Показатели расхода материалов, трудоемкость монтажа и объем сооружений вариантов приведены

Таблица 1. Техничко-экономические показатели большепролетных конструкций**Table 1.** Technical and economic indicators of large-span structures

Название сооружения	Тип покрытия	Расход на 1 м ²		Объем здания (от уровня опор покрытия) м ³	Трудоемкость монтажа, чел-ч/м ²
		бетона, см	стали, кг		
Универсальный спортивный зал «Дружба» в Лужниках (Москва)	Составная оболочка	24,0	54,6	68000	2,32
Даниловский рынок (Москва)	То же	15,2	48,0	42000	1,42
Цирк на просп. Вернадского (Москва)	Складчатый стальной купол	-	234,4	84000	3,08
Торговый центр (Челябинск)	Сборно-монолитная оболочка положительной гауссовой кривизны (предварительно напряженная)	21,0	31	97000	8,30

Таблица 2. Показатели расхода материалов на оболочки положительной гауссовой кривизны размером 42x42 м**Table 2.** Indicators of consumption of materials on the shell of positive Gaussian curvature size 42x42 m

№ п/п	Тип конструкции	Приведенная толщина бетона, см	Расход стали на 1 м ² , кг	Масса монтажной оснастки на оболочку, т
1	Оболочки положительной гауссовой кривизны из цилиндрических плит 3x6 м (МНИИТЭП)	12,7	19,5	35
2	Оболочки положительной гауссовой кривизны из плоских плит 3x3 м для крытых рынков в Москве (ПИ-1)	11,4	19,2	115
3	Типовые железобетонные плиты 3x12 м по стальным фермам (конструкция – аналог)	8,8	77,5	

Из сопоставления технико-экономических показателей следует, что в предварительно напряженном варианте показатели расхода материалов для составной оболочки типа оболочки «Дружба» близки к показателям экономичной оболочки положительной гауссовой кривизны. Несущественное увеличение расхода материалов компенсируется значительными преимуществами составной оболочки по трудоемкости монтажа

(трудозатраты почти в 4 раза меньше) и объему сооружения (примерно в 1.5 раза меньше). Сравнение подтверждает положения об экономичности составных оболочек, прежде всего по показателям объема сооружений и трудозатратам на строительной площадке, что во многих случаях является решающим.

Дальнейшее улучшение технико-экономических показателей покрытий достигнуто при разработке

составной оболочки из унифицированных плит 3x6 м, примененной для Даниловского рынка. За счет использования плит более рациональной конструкции расход бетона по сравнению с оболочкой зала «Дружба» снизился в два раза. Уменьшились также объем подкупольного пространства и трудоемкость монтажа. Трудозатраты на возведение сократились за счет более рационального выбора размеров укрупненных складок и упрощения их соединений. Близкие к оболочке зала «Дружба» показатели по трудоемкости монтажа имеет складчатый решетчатый стальной купол, но при этом расход стали на его возведение почти в четыре раза превышает показатель, приведенный для составной оболочки.

Для сопоставления в качестве аналога оболочки зала «Дружба» (рис.7) принят складчатый решетчатый купол цирка на проспекте Вернадского в Москве (рис.8,9) по следующим причинам: обе конструкции представляют собой «многолепестковые» складчатые системы, поэтому их геометрические, а в значительной мере, и расчетные схемы одинаковы; также близки пролеты, форма плана и высоты обоих зданий; оба здания зрелищного назначения с одинаковой структурой плана в виде центрального объема и трибунами по периметру; оба здания осуществлены одной строительной-монтажной организацией (трестом «Стальмонтаж»), по ним имеется полный объем сметной документации.

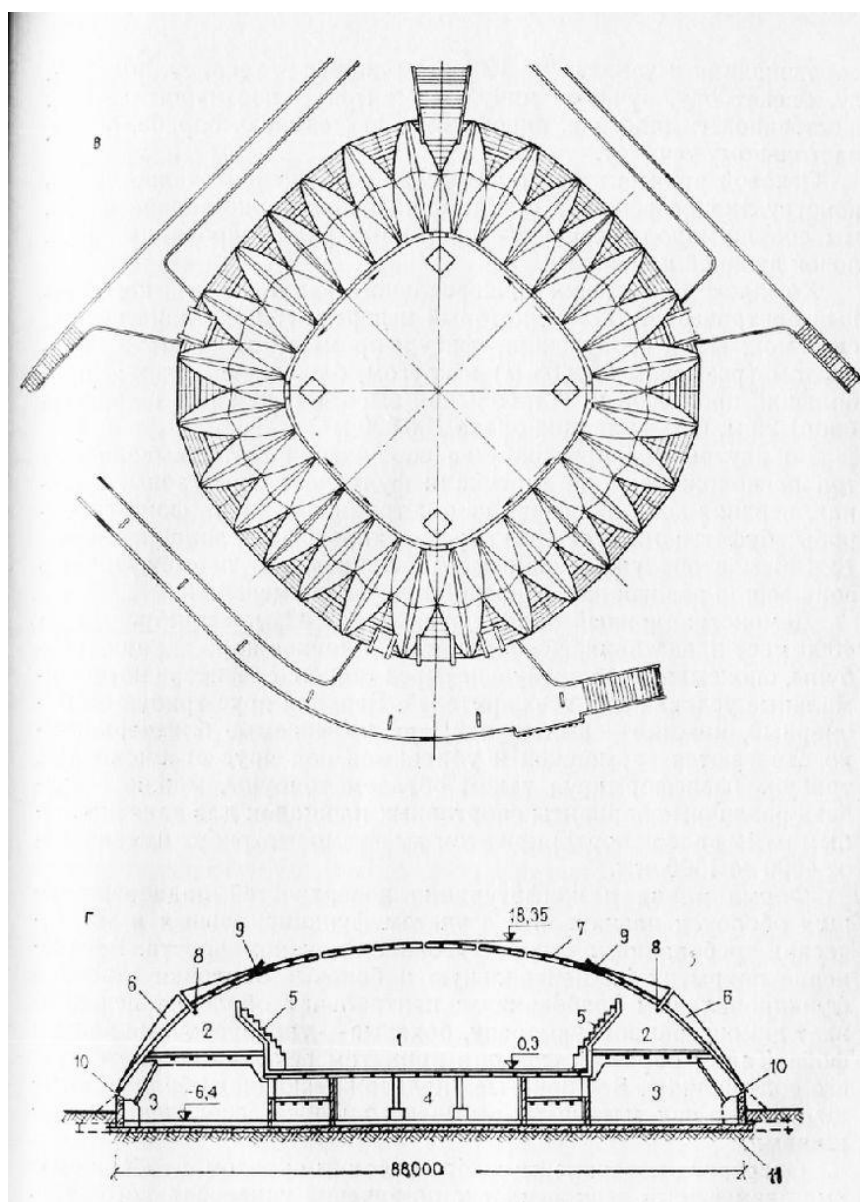


Рис. 7. Чертеж универсального спортивного зала «Дружба» в Лужниках (Москва)

Fig. 7. Drawing of the universal sports hall "Druzhba" in Luzhniki (Moscow)



Рис. 8. Цирк на проспекте Вернадского (Москва)

Fig. 8. Circus on Vernadsky Avenue (Moscow)

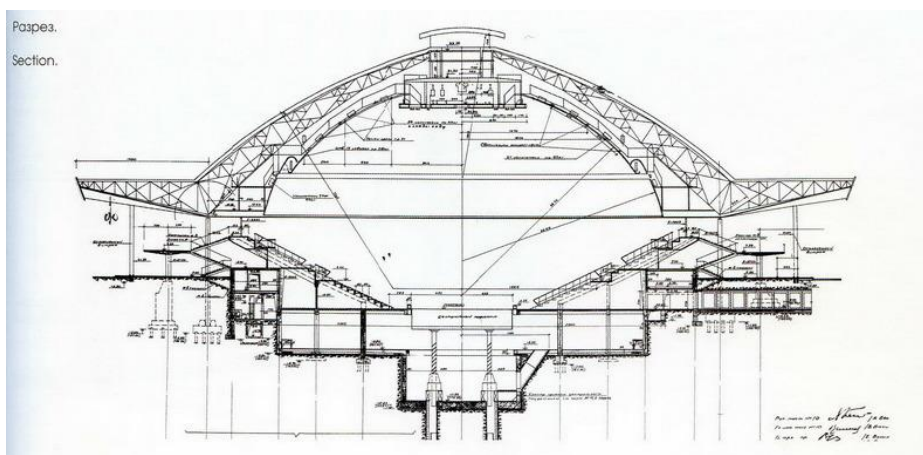


Рис. 9. Цирк на проспекте Вернадского (Москва). Разрез

Fig. 9. Circus on Vernadsky Avenue (Moscow). Cut

В соответствии с инструкцией по определению экономической эффективности в строительстве (СН 423-71) определение экономической эффективности производится по разнице годовых приведенных затрат:

$$П = C + E_n K + E_n K'$$

где $П$ – приведенные затраты; C – себестоимость строительно-монтажных работ; E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности, принимаемый в размере 0,12; K – капитальные вложения в основные производственные фонды и вложения в оборотные средства в сфере строительства; K' – удельные капитальные

вложения в производство строительных материалов и конструкций.

Себестоимость строительно-монтажных работ включает прямые затраты и накладные расходы. Накладные расходы определены на основе расчета по основным факторам, от которых зависят: сокращение продолжительности строительства, уменьшение затрат на основную заработную плату рабочих, снижение трудоемкости работ. Накладные расходы, зависящие от основной заработной платы, составляют 15% от ее суммы. Накладные расходы, зависящие от трудоемкости, составляют 0,6 руб. на один человеко-день.

Фондоемкость строительства определена на основании данных о машинах и механизмах,

примененных для строительно-монтажных работ, удельных нормативах машино-смен (по СНиПу), балансовой стоимости машин и годовых фондах времени работы каждой машины.

Оборотные фонды строительной организации определены раздельно по привозным и местным материалам. Норма переходного запаса для привозных материалов принята 50 дн, для местных – 21 дн.

Капитальные вложения в производство конструкций и материалов определены также в соответствии с «Инструкцией».

Технико-экономический анализ выполнен путем расчета удельных показателей и сопоставления их по вариантам. Для обеспечения уровня сопоставимости и получения объективных данных в расчетах учтены не только конструкции покрытия, но также смежные несущие конструктивные элементы здания (колонны, витражи и т.д.). Кроме того, учтены все подготовительные работы, включающие монтаж и демонтаж временных металлоконструкций, стенов для укрупнительной сборки и рельсовых путей для кранов.

В табл.3 приводятся экономические показатели П, С, К и К', входящие в выражение (1). Из сравнения этих величин получаем следующее: 1) приведенные затраты на составную оболочку зала «Дружба» равны 118,61 руб/м² площади покрытия, что на 25% меньше приведенных затрат по конструкции-аналогу; 2) себестоимость строительно-монтажных работ по составной оболочке на 23% меньше, чем себестоимость работ по аналогу; 3) капитальные вложения в основные фонды строительной организации по варианту оболочки составили 19,23 руб/м² площади покрытия, что на 122% превысило капиталовложения по конструкции-аналогу за счет применения более дорогого монтажного оборудования; 4) капитальные вложения в оборотные фонды по варианту с оболочкой на 49% меньше капиталовложений по второму варианту; 5) удельные капитальные вложения в производство конструкций материалов по варианту с оболочкой на 63% меньше, чем по конструкции-аналогу.

Таблица 3. Экономические показатели большепролетных конструкций

Table 3. Economic indicators of large-span structures

№ п/п	Показатели	Покрытие зала «Дружба»	Покрытие цирка
1	Приведенные затраты П, руб/м ²	118,61	158,12
2	Себестоимость строительно-монтажных работ С, руб/м ²	111,40	144,75
3	Капитальные вложения в основные фонда строительной организации К, руб/м ²	19,23	8,73
4	Удельные капитальные вложения в производство конструкций и материалов К', руб/м ²	33,06	90,85

Для монтажа оболочки зала «Дружба» с предварительной укрупнительной сборкой складчатых оболочек весом 80 т использовался кран СКР-1500, балансовая стоимость которого равна 445 руб/маш-смен в то время как этот же показатель для гусеничного крана СКГ-40, примененного для монтажа купола цирка, составляет 185.8 руб/маш-смен. Поэтому капитальные вложения в основные фонда в варианте с оболочкой в 2,2 раза превысили соответствующие капитальные вложения в варианте-аналоге.

Однако общий итог указывает на экономическую эффективность составной железобетонной оболочки. Годовая экономическая эффективность:

$$\mathcal{E} = (P_1 - P_2)A$$

где P_1 и P_2 - приведенные затраты по сравнительным вариантам; A – годовой объем внедрения, м².

Учитывая аналогичный тип покрытия стадиона в г. Пензе и возможность использования той же строительно-монтажной организацией монтажной оснастки оболочки зала «Дружба» в Лужниках, определенный экономический эффект по последнему сооружению распространен и на покрытие стадиона.

При общем объеме внедрения 15 000 м², общая годовая экономическая эффективность составит

$$\mathcal{E} = (111,40 - 158,42) * 15000 = 39,81 - 15000 = = 597,15 \text{ тыс. руб.}$$

Рассмотрим также экономическую эффективность составной полигональной оболочки по сравнению с оболочкой, перекрывающей тот же план, но очерченной по единой поверхности, по расходу материалов.

Для сопоставимости вариантов были приняты единые исходные условия: пролет – 16 м,

одинаковая форма плана, равные объемы сооружений, нагрузка – 1 кН/м², единый принцип членения на сборные элементы, однотипность плит, одинаковые методы монтажа. Статические расчеты выполнялись по программе «Протон» методом конечных элементов.

ВЫВОДЫ

Результаты анализа приведены в табл.4. Из сравнения данных таблицы следует, что составная оболочка экономичнее оболочки, очерченной по единой поверхности, особенно по расходу бетона.

Важно то, что экономия достигается в основном за счет значительного уменьшения расхода монолитного бетона (почти в 1,5 раза), в составной оболочке. Статический анализ показал, что существенного снижения расхода монолитного бетона, а следовательно, и трудозатрат на возведение получили в результате уменьшения зон действия главных растягивающих усилий и их величин в составной оболочке, а также большей устойчивости за счет образования линий перелома поверхностей.

Таблица 4. Показатели расхода материалов полигональных оболочек с многоугольным планом пролетом 116 м

Table 4. Indicators of consumption of materials of polygonal shells with a polygonal plan with a span of 116 m

№ п/п	Элементы	Составная оболочка		Оболочка с единой поверхностью	
		бетон, м ³	сталь, т	бетон, м ³	сталь, т
1	Плиты	840	73,9	920	75,7
2	Монолитный бетон (швы, набетонка)	269,8	14	406,1	32,8
3	Стальные арки	-	405,2	-	442
4	Затяжки	270	140,6	270,9	134,2
	Итого	1379,8	633,6	1597	684,7
	Расход материалов на 1 м ² площади покрытия (бетон в см приведенной толщины, сталь в кг)	17 см	77 кг	20 см	84,5 кг

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. М., 1985.
2. Жуковский Э.З., Шабля В.Ф. Оболочки двойной кривизны в гражданском строительстве Москвы. М., 1980.
3. Дыховичный Ю.А., Жуковский Э.З., Пространственные составные конструкции. М., 1989.
4. Демина А.В. Здания с большепролетными покрытиями. Тамбов, 2003.
5. Михайлов В.В., Сергеев М.С. Пространственные стержневые конструкции покрытий (структуры). Владимир, 2011.
6. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями № 1,2)
7. СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81* (с Изменениями №1)

8. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 (с Изменениями № 1,2,3)

REFERENCES

1. Baykov V.N., Sigalov E.E. Reinforced concrete structures. M., 1985.
2. Zhukovsky EZ, Shablya V.F. Shells of double curvature in the civil engineering of Moscow. M., 1980.
3. Dykhovichny Yu.A., Zhukovsky EZ, Spatial composite structures. M., 1989.
4. Demina A.V. Buildings with large spans. Tambov, 2003.
5. Mikhailov V.V., Sergeev M.S. Spatial core structures of the coating (structure). Vladimir, 2011.
6. SP 20.13330.2016 Load and impact. Updated edition of SNiP 2.01.07-85 * (with Changes No. 1,2)
7. SP 16.13330.2011 Steel structures. Updated edition of SNiP II-23-81 * (as amended by No. 1)
8. SP 63.13330.2012 Concrete and reinforced concrete structures. The main provisions. Updated edition of SNiP 52-01-2003 (as amended by No. 1,2,3)

ECONOMIC EFFECT AT APPLICATION OF COMPOSITE REINFORCED CONCRETE SHELLS
FROM UNIFIED ELEMENTS

Mikhaylichenko A.S.

Summary. The article sets the task of considering spatial composite structures from the point of view of optimizing their shaping, as well as the economic effect when using composite reinforced concrete shells from unified elements. Considerable attention is paid to methods of reducing material consumption and improving technical and economic indicators. After conducting the study and comparing the results, the main indicators were deduced that met the necessary requirements.

Subject: spatial composite structures, composite reinforced concrete shells of unified elements, the universal sports hall "Friendship", Danilovsky Covered Market.

Materials and methods: during this study, literary and scientific sources were studied; selection and analysis of theoretical works and practical examples developed by domestic and foreign authors. When analyzing the data obtained, methods of analysis, analogy, synthesis, and deduction were used.

Results: в результате исследования было выявлено, что составная железобетонная оболочка экономичнее оболочки, очерченной по единой поверхности, особенно по расходу бетона.

Conclusions: Based on the study, it was found that rational types of spatial composite structures with a polygonal plan are more economical than plane structures, as well as shells outlined on a single surface. This work may be interesting for students and faculty in the specialty 08.03.01 "Industrial and civil construction."

Key words: shells, Gaussian curvature, spatial reinforced concrete structures, contour, slabs, technical and economic indicators. Text, text, text, text.

УДК 711.4

БИОНИКА В АРХИТЕКТУРЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

Клияненко Е.С., Кашина И.В.

^{1,2} Донской государственный технический университет (ДГТУ),
344000, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пер. Журавлева,33, ih8cat@gmail.com, akbcf84@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается путь развития архитектурной бионики и ее применения в строительстве высотных зданий. Говорится о особенностях классификации по типу заимствования природных форм. Проводится оценка бионического подхода в современной архитектуре. На основании проведенной оценки, подводится итог эффективности применения бионических принципов.

Предмет исследования: Архитектурные сооружения, возведенные по принципам бионики.

Материалы и методы: Исследование было проведено с помощью эмпирических (наблюдение) и теоретических (анализ и синтез) методов познания.

Результаты: Теоретическая оценка бионических принципов в строительстве.

Выводы: Подведен итог текущего состояния развития архитектурной бионики и рассмотрены пути её дальнейшего развития.

Ключевые слова: бионика, принцип объединения сил, история архитектуры, разнообразие форм.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всей своей истории человек наблюдал за природой, внимательно изучал ее законы, чтобы создавать свой собственный мир, опираясь на полученные знания. Благодаря подобным наблюдениям в середине 20 века образовалась наука – бионика, существующая на грани с кибернетикой, электроникой, биологией и рядом новых наук. Раздел архитектурной бионики занимается исследованием законов формообразования живой природы и принципов построения живых структур с целью их использования в архитектурной практике.

Архитектурная бионика не копирует, не изображает, а исследует и применяет принципы и идеи построения природных форм, включая общие для природы фундаментальные принципы экономии материалов, энергии и обеспечения прочности, надежности и жизнеспособности.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Движение начало созревать в начале 21-го века, и, таким образом, в ранних проектах исследования были подчеркнуты из-за практичности. Одной из задач, поставленных перед первопроходцами движения, была разработка эстетических и экономических обоснований их подхода к архитектуре.

В современных крупных городах присутствует агрессивная визуальная среда, которую создают однотипные прямоугольные здания с гладкими поверхностями, с однообразными серыми оттенками. Архитектура бионических сооружений, напротив разнообразна, в ней отсутствуют прямые линии и углы, она является естественным продолжением самой природы[1].

Практический опыт в этом направлении открывает множество способов решения различных интересных архитектурных проблем с помощью активнов живой природы: возможность поиска

новых, функционально оправданных архитектурных форм, и создание новых рациональных конструкций с одновременным использованием строительного природного материала, и способы реализации единства искусственной и органической среды с использованием энергии солнца, ветра, воды и воздуха [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Здания бионической архитектуры можно классифицировать по типу заимствованных элементов природных форм и живых организмов:

- имитация формы живого организма;
- заимствование конструктивной основы природных форм;
- организация функционирования здания по принципу живого организма;
- заимствование внешней оболочки из живой природы

При проектировании бионического здания, выборе максимально эффективной формы и конструкции, должен быть проведен анализ места строительства, его колорита, а также необходимо изучить возможности участка, с целью его максимального использования. [3].

Но нельзя говорить о бионике, не упомянув человека, являющегося связывающим звеном этой науки с предыдущей историей архитектуры – Антонио Гауди. Гауди разработал методику стереостатического макетирования, позволяющую заменить отсутствующие тогда методы расчетов пространственных конструкций. Он интуитивно понял, что оптимальная форма несущей конструкции близка к параболоиду. Чтобы рассчитать все параболоиды в здании, он подвешивал грузики на верёвках или цепочках. Каждый грузик — это масса стены, масса конструкции на крыше и т.п. Потом он смотрел, как именно выгибаются арки будущего здания —

получался перевёрнутый макет. Затем он подкладывал зеркало и перерисовывал его[4].



Рис 1. Модель пространственной конструкции А.Гауди

Fig 1. Model of the spatial structure of A. Gaudi

Через 80 лет метод моделирования форм и процессов был признан главным звеном в научной методике бионики, в особенности архитектурной бионики. Но еще до появления этой науки эксперименты с двадцатиметровыми бетонными

пальмами продолжил в шестидесятые годы абсолютно не похожий на Гауди архитектор с противоположной по стилистике направленностью П. Л. Нерви[5].

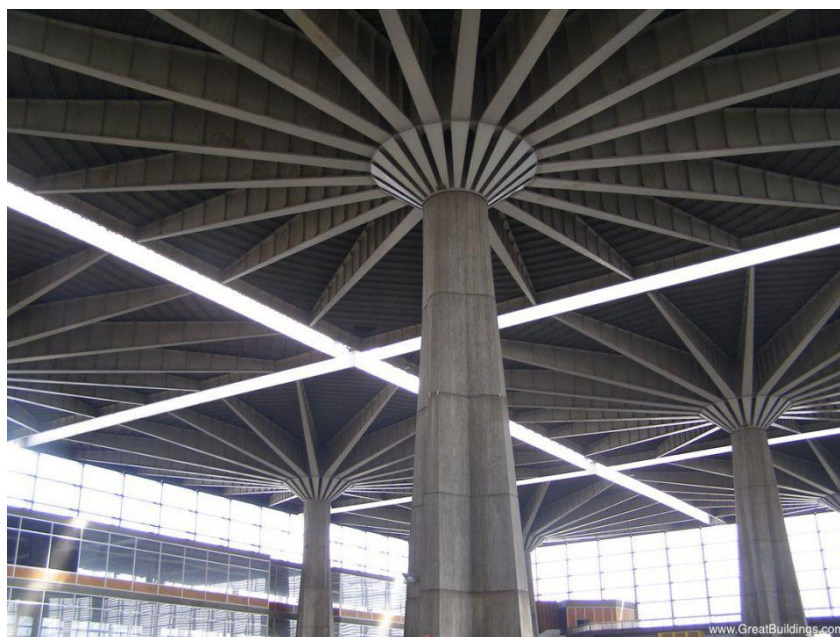


Рис2. Дом Труда, Турин, арх. П. Нерви, 1961 г.

Fig2. House of Labor, Turin, arch. P. Nervi, 1961

Этот проект открыл новую страницу в бионической архитектуре. Крупные древообразные

структуры, в тени кроны-крыши которых помещаются крупные городские центры, целые

площади и парки. Одними из первых таких мегасооружений стали Конференц-центр в Катаре Арата Исодзакэ (2009 г.) и самый амбициозный и дорогостоящий подобный проект в Европе «Метрополь Парасоль» в Севилье Юргена Майера (2011 г.).

Тема деревьев, цветов и грибов стала излюбленной темой инсталляций и временных

павильонов в ландшафтной архитектуре. Именно здесь находится сегодня главная площадка для проведения всевозможных экспериментов с бионическими формами в архитектуре, после которой эти формы и найденные принципы применяются уже в архитектуре капитальных зданий[6].



Рис3. Конференц-центр, Катар, арх. А. Исодзакэ, 2009 г.

Fig3. Conference Center, Qatar, arch. A. Isozaki, 2009

Отказавшись от ортогональной сетки (в пользу оксогональной), концепция биоморфных модулей покрытия дала возможность получить невиданную ранее степень слияния архитектуры и природы. В проекте пространства для массовых мероприятий в

ботаническом саду ORQUIDEORAMA в Колумбии 4000 кв. м площади покрыты сенью 14 дерево-стальных деревьев, выполняющих в первую очередь задачу по защите от палящего экваториального солнца[7].

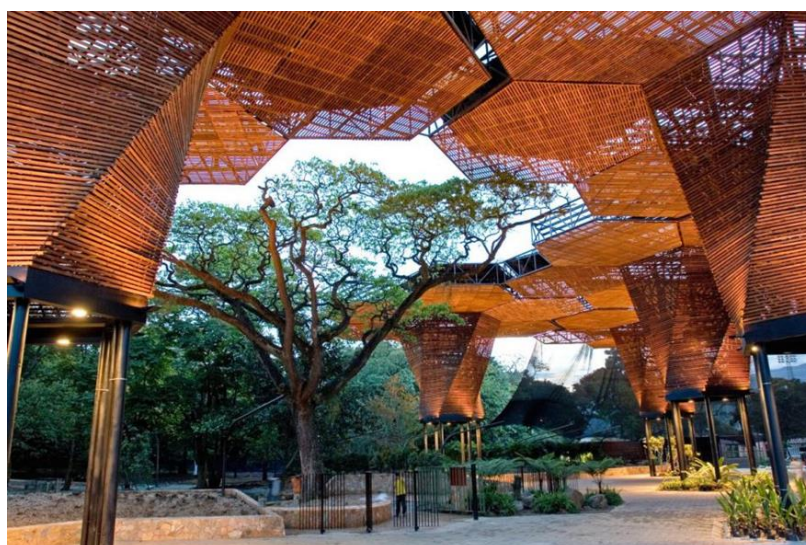


Рис4. Ботанический сад, Медельин, Колумбия, арх. Ф. Меса, 2005 г.

Fig 4. Botanical Garden, Medellin, Colombia, arch. F. Mesa, 2005

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Принцип объединения сил - данный принцип заключается в использовании источников возобновляемой энергии: энергии солнца, ветра, воды, земли. Эти приемы активно используются в «зеленом» строительстве и способствуют развитию

экологического сознания - интеграции архитектуры и природы[8].

Для устойчивого развития человечества необходимо полноценное использование заложенной самой природой в физиологию человека способности к интеграции методов рационального и образного мышления[9].

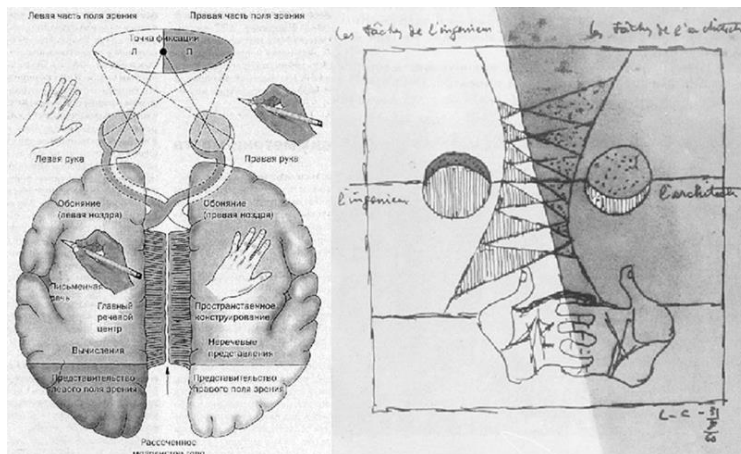


Рис5. Функциональная асимметрия мозга человека Эмблема объединения «Аскораль», Ле-Корбюзье

Fig.5. Functional asymmetry of the human brain. Emblem of the “Ascoral” Association, Le Corbusier

Принцип объединения сил предполагает взаимодополнение архитектурно-планировочных и архитектурно-художественных приемов всеми доступными техническими методами и средствами, что обещает синергетический эффект при интеграции природы и архитектуры.

Энергоэффективность здания – один из важнейших критериев оценки архитектурного проекта. Природные процессы связаны с энергоэффективностью напрямую, так как все природные системы подчинены процессу метаболизма – это обмен энергией, веществами и информацией. Все природные организмы

пользуются возобновляемыми источниками энергии – биогаз, энергия солнца, ветра. Энергоэффективные здания спроектированы по схожему принципу. Самым важным достижением природных организмов является их адаптация к постоянно изменяющимся внешним условиям.

Ярким примером реализации данного принципа является проект Винсента Каллебаута - бельгийского экологического архитектора. MANTA RAY – речной вокзал, располагающийся на реке Хан, города Сеула. Форма здания напоминает скатов из рода Манта.



Рис.6. MANTA RAY, речной вокзал, проект В. Каллебаута

Fig. 6 MANTA RAY, river station, project of V. Callebaut

Чтобы оптимизировать цикл и ресурсы, паромный терминал охватывает три уровня управления отходами: сокращение отходов, повторное использование ресурсов и переработка материалов. Таким образом, сотовая структура CLT(перекрестная ламинированная древесина) полностью создается из местных лесных

деревьев, где собранные деревья систематически заменяются в соответствии с циклами восстановления природы. Материалы, используемые для внутренних помещений и мебели, также производятся из биоресурсов, могут быть переработаны и восстановлены.

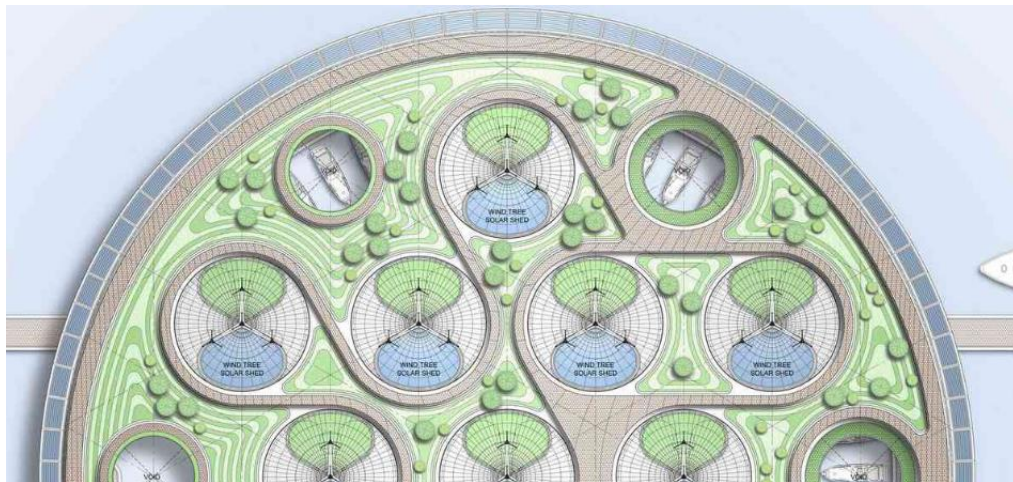


Рис.7 MANTA RAY, ветряные установки, вид сверху.

Fig. 7 MANTA RAY, wind turbines, top view.

Чтобы обеспечить 100% своих энергетических потребностей, плавучий терминал также включает следующие возобновляемые источники энергии:

1. Солнечная энергия: на крыше расположены 4 455 квадратных метров фасадов из многослойного стекла с герметичными фотоэлектрическими поликристаллическими элементами. Край крыши облицован 3500 квадратных метров) из непрозрачных фототермических панелей.

2. Ветер: Ветровые деревья на крыше образуют ферму из 52 ветрогенераторов.

3 Биомасса. Органические и биоразлагаемые отходы из парка Йоуидо снабжают биометановой установкой, обеспечивая энергией оборудование.

4. Вода: гидрокинетические турбины с колеблющейся фольгой (НАО) интегрированы и синхронизированы вдоль корпуса большого плавающего барьера, окружающего здание. Биомиметически вдохновленные хвостом ската или дельфина, они двигаются взад и вперед, наклоня свой профиль, превращая кинетическую энергию реки в электрическую энергию.

Эти возобновляемые источники энергии работают в симбиозе, позволяя четырем основным компонентам проекта делиться энергией, которую они производят, в режиме реального времени через интеллектуальную сеть[10].



Рис8. Древоподобные конструкции из CLT

Fig8. CLT tree structures

ВЫВОДЫ

Проанализировав информацию из статей, может сложиться впечатление, что весь мир или по крайней мере все выдающиеся архитекторы мира уже вступили на путь интеграции с природой. В действительности подавляющее большинство возводимых архитектурных объектов либо враждебны, либо абсолютно безразличны к природе, уничтожение которой средствами архитектуры, продолжается все более нарастающими темпами. Но необходимо помнить, что применения законов формообразования природы и возобновляемой энергии, помогут людям обрести гармоничное взаимодополнение с окружающей средой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабакова А.В., Денисенко Е.В. «Критерии формирования бионической архитектуры в XXI веке», 2016
2. Лебедев Ю.С. «Архитектурная бионика» (ред.). 1990
3. Денисенко Е.В. «Аналогии природных систем, природные и архитектурно-строительные принципы в отечественных и зарубежных исследованиях», 2015
4. Нонель Хуан Бассегода. Антонио Гауди. Москва: «Стройиздат», 1986.
5. Лурье А. «Об историческом развитии познавательных процессов». М., 1974.
6. Каталог выставки Сантьяго Калатрава «Здания и мосты» в Москве в 1994 году.

7. Самойленко А.А., Денисенко Е.В. «Аналоги живых структур в архитектурном пространстве», 2017

8. Логвинов В. «От «зеленого» строительства к природоинтегрированной архитектуре. Принцип регенерации». // Проект «Байкал». — 2016/

9. Корбюзье Ле. «Мысли о творчестве», 1959

10. Винсент Каллебаут. Архитектура. Париж. Электронный ресурс. URL: <http://vincent.callebaut.org>

REFERENCES

1. Babakova A.V., Denisenko E.V. "Criteria for the formation of bionic architecture in the XXI century", 2016

2. Lebedev Yu.S. "Architectural Bionics" (eds.). 1990

3. Denisenko EV "Analogies of natural systems, natural and architectural-construction principles in domestic and foreign studies", 2015

4. Nonel Juan Bussegoda. Antonio Gaudi. Moscow: Stroyizdat, 1986.

5. Lurie A. "On the historical development of cognitive processes." M., 1974.

6. Catalog of the exhibition Buildings and Bridges Santiago Calatrava in Moscow in 1994.

7. Samoilenko A.A. Denisenko E.V. "Analogues of living structures in the architectural space", 2017

8. Logvinov V. "From" green "construction to nature-integrated architecture. The principle of regeneration. "

9. Corbusier Le. Thoughts on Creativity, 1959

10. Vincent Callebaut. Architecture. Paris. Electronic resource. URL: <http://vincent.callebaut.org>

BIONICS IN THE ARCHITECTURE OF HIGH-RISE BUILDINGS

Kliianenko Y.

Summary: This article discusses the path of development of architectural bionics and its application in the construction of high-rise buildings. It discusses the features of classification according to the type of borrowing of natural forms. The bionic approach in modern architecture is evaluated. Based on the assessment, the effectiveness of the application of bionic principles is summarized.

The study subject: Architectural structures erected according to the principles of bionics.

Data and methods: The study was conducted using empirical (observation) and theoretical (analysis and synthesis) methods of cognition.

Results: Theoretical assessment of bionic principles in construction.

Conclusions: The result of the current state of development of architectural bionics is summed up and the ways of its further development are considered.

Key words: bionics, the principle of joining forces, the history of architecture, a variety of forms.

ДЕГРАДАЦИЯ АРХИТЕКТУРНОГО ОБЛИКА ГОРОДА РОСТОВ-НА-ДОНУ

Давыдов В.А., Кашина И.В.

^{1,2} Донской государственный технический университет (ДГТУ),
344000, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пер. Журавлева,33, ih8cat@gmail.com, akbcf84@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается исторический путь развития архитектуры города Ростова-на-Дону. Говорится о тонкостях процесса назначения архитектурным памятникам охранного статуса. Проводится оценка состояния городской застройки Ростова и её исторической значимости. На основании проведенной оценки, подводится итог качества обслуживания старых зданий.

Предмет исследования: Состояние памятников архитектуры города Ростов-на-Дону.

Материалы и методы: Исследование было проведено с помощью эмпирических (наблюдение) и теоретических (анализ и синтез) методов познания.

Результаты: Визуальная оценка состояния памятников архитектуры.

Выводы: Подведен итог текущего состояния исторической застройки города и рассмотрены пути её дальнейшего развития.

Ключевые слова: памятник архитектуры, исторический облик города, Ростов-на-Дону, старые здания.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день вопрос сохранения исторического архитектурного фонда городов стоит особенно остро, так как это ресурс конечный и с каждым годом может только уменьшаться. Все отношения в сфере недвижимого имущества, относящегося к объектам культурного наследия, регулируют специальные нормативно-правовые акты: Федеральный закон № 73-ФЗ «Об объектах культурного наследия Российской Федерации» от 25 июня 2002 г., постановления Правительства РФ, а также акты, принимаемые Минкультуры России[1].

На данный момент развитие Ростова-на-Дону направлено в первую очередь на развитие жилых комплексов. Связано это с дефицитом земельных ресурсов с параллельным ростом населения города[2]. Вместе с тем ухудшается общее техническое состояние старых зданий города. Ростов является одним из рекордсменов по количеству зданий, построенных до революции 1905 года. Однако, отсутствие надлежащего ухода за этими зданиями приводит к обезличиванию города, потере его истории.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Одной из главных проблем является вопрос о том, какие здания с точки зрения правового регулирования попадают под охрану объектов культурного наследия. Возраст не считается ключевой характеристикой. Охранный статус присваивается только тем зданиям, которые являются объектами культурного наследия[2].

При этом статус культурного здания возможно обойти. Это может быть выполнено при помощи присвоения зданию нового адреса, либо решения

вопроса статуса здания через суд, без привлечения экспертов. Необходимость снятия со здания статуса памятника архитектуры связана в основном с личными целями владельцев для получения легального разрешения на снос постройки. Из-за этого составить целостную картину состояния исторической застройки практически невозможно. Очень метко комментирует сложившееся положение вещей государственный эксперт по историко-культурной экспертизе, старший научный сотрудник ЮНЦ РАН Ирина Толочко: «...Ростов - это торговый город. Все стараются подешевле купить, подороже продать. Это и неплохо, но скрупулёзное, неспешное восстановление памятников никак не вписывается в схему торговли»[3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Город Ростов-на-Дону – административный центр Южного федерального округа и Ростовской области. Неофициально именуется воротами Кавказа.

На сегодняшний день город представляет собой архитектурный музей, объединивший в себе такие стили как: русский классицизм, эклектика, неоклассицизм, конструктивизм, функционализм и модернизм современной эпохи[4]. Основной причиной такого разнообразия архитектурных стилей послужило расположение города вблизи устья реки Темерник. Основанная в 1749 году Темерницкая таможня, на протяжении всего XVIII века была единственным пунктом внешних торговых отношений России с портами Чёрного, Азовского и Средиземного морей[5]. Естественно, такой мощный экономический толчок, в

совокупности с культурным разнообразием населения, не мог не повлиять на развитие города.

Уникальным этапом в развитии города стало вхождение Нахичевани в состав Ростова в 1928 году. Активное развитие Ростова в XIX века, связанное с ростом населения, контрастирует со

спокойным течением жизни в Нахичевани, жители которого старались сохранить город тихим и спокойным. Таким образом в Ростове сейчас сразу два разных сформировавшихся исторических центра, что по праву можно считать исключительным случаем



Рис 1. Типичные для Нахичевание малоэтажные здания

а) Сохранившийся особняк Нахичевани-на-Дону; б) Академический молодежный театр

Великая Отечественная война не прошла бесследно, оставив большой урон архитектурному облику Ростова. В ходе боев, город был превращен в груды развалин.



Рис2. Доходный дом Рецкера и Хосудовского. Самое высокое здание Ростова-на-Дону в период с 1916 по 1943 года. Разрушен в ходе Великой Отечественной войны.

Уцелело всего 6 из 274 заводов. Послевоенное восстановление города можно разделить на два этапа с 14 февраля 1943 года по 1946 год и с 1946 по 1956 год. До 1946 года восстановительные работы имели локальный характер ремонта и отделки малоэтажного строительства и квартир. Только в конце 1946 года начался процесс реконструкции крупных объектов. До 1956 года было отремонтировано около одного миллиона

квадратных метров поврежденной жилой площади, и восстановлено более 600 тысяч квадратных метров полностью разрушенных зданий. Основным принцип работы по восстановлению зданий заключался в том, что если поврежденное здания могло выдержать дополнительную нагрузку, к нему надстраивали один-два новых этажа. Таким образом восстанавливали доходный дом Л. Ф. Волкенштейна.



Рис3. Доходный дом Л. Ф. Волкенштейна, ул. Станиславского № 104/25 с его геральдическим щитом.

Если от зданий ничего не оставалось кроме фундаментов - строили новое здание. Нехватка жилья в послевоенное время побудило в июле 1955 года ЦК КПСС и Советом Министров СССР принять постановление «О развитии жилищного строительства в СССР». С этого момента начинается массовое возведение типового строительства[6].

В 1990—2000-е годы в городе проводилась точечная застройка, преимуществом которой выделяют отсутствие необходимости в формировании инфраструктуры для новых строений.

2018 год для Ростова оказался противоречивым. Участвуя в организации ЧМ-2018 Донская столица заняла третье место по объемам инвестиций. В панораму города вошел новый стадион Ростов Арена, а Аэропорт Платов стал достойным преемником старого аэропорта на проспекте Шолохова. Параллельно с подготовкой новых зданий к эксплуатации, чиновниками было принято спорное решение завесить фасады реставрируемых зданий баннерами. Одним из таких домов стал многострадальный объект защиты активистов - Дом Врангеля, расположенный на переулке Газетный, 8[8].



Рис4. Дом Врангеля. а) До ЧМ-2018; б) после ЧМ-2018

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Всего в настоящее время в Ростове официально зарегистрировано 543 памятника архитектуры, 57 памятников археологии, 16 - монументального искусства.[7]

Многие из них находятся в неудовлетворительном состоянии, особенно объекты, используемые в качестве жилого фонда,

учреждениями здравоохранения и образования. К сожалению, отношение властей к старым зданиям, как к обузе уже вошло в закономерность.

Одним из примеров такого отношения является здание 19 века - Доходный дом на Станиславского 36. Исполненный в неоклассическом стиле, здание принадлежало О. С. Павленковой. Выдвигающийся отрезок стены подчеркивает симметрию фасада здания, акцентируясь на парадном входе[9].



Рис5. Доходный дом Павленковой.

Из-за пожара 2015 года, дома на данный момент пустует. Сейчас территория под объектом

выставлена на торги. От дома остался только фасад. Крайне велика вероятность обрушения здания.



Рис6. Доходный дом О.С. Павленковой, улица Станиславского, 36

Другой Доходный дом, расположенный уже на Станиславского 75 отличился оригинальным подходом строителей к реставрации.

Восстановление осыпавшихся розеток было решено выполнить с помощью цементного раствора и доньшек от пластиковых бутылок.



Рис.7 Доходный дом М.Р.Гоц, Станиславского 75

Тяжелую судьбу имеет Доходный дом В. Кисина. Возведенный в 1899 году, дом был частично уничтожен во времена Великой Отечественной войны. Однако, на внешнем фасаде дома до сих пор сохранились искусно выполненные барельефы.

В 2000х первые этажи дома опустели, что привело к появлению риска обрушения несущих стен здания. В 2015 году городские власти внесли предложение снести дом под предлогом того, что здание заброшено.



Рис8. Доходный дом В. Кисина и И. Фроймовича, улица Московская, 72



Рис9. Фрагменты фасада дома Доходного дома В. Кисина

Помочь дому смогли только после ЧМ-2018. Объединившись, жители Ростова заступились за здание, выступив с протестом и собрав несколько тысяч подписей под петициями. Власти Ростова отреагировали на возмущения горожан

предложением преобразовать аварийный дом в городской музей[10].

В качестве заключительного примера безразличия властей города можно привести здание редакции газеты «Приазовский край».



Рис10. Здание редакции газеты «Приазовский край», пересечение улицы Большой Садовой и переулка Братского

Возведенное в конце 1880-х годов, здание располагало в себе редакцию газеты «Приазовский край», в которой в свое время работали такие писатели, как Свирский и Серафимович [11].

Официальный износ здания составляет 86 процентов. Работы по ремонту здания были отложены, из-за недоработки архитектурного проекта.



Рис11. Обвалившийся участок крыши здания. 18 января 2019 год.

ВЫВОДЫ

Ростов-на—Дону обладатель уникальной истории, ход которой отслеживается в деталях города. Остается загадкой, почему большей части населения города эта история безразлична. Визуальный анализ рассмотренных выше зданий вызывает серьезные опасения о будущем лица города. В отсутствие поддержки от государства памятники архитектуры Ростова, дома, находящиеся в аварийном состоянии, могут рассчитывать только на добропорядочных владельцев и небезразличных горожан.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 25.06.2002 № 73-ФЗ (ред. От 13.07.2015) «Об объектах культурного наследия народов Российской Федерации»
2. Генеральный план Ростова-на-Дону от 24.04.2007 №251
3. Еженедельник «Аргументы и Факты» №23 «АиФ на Дону» 05/06/2019
4. Есаулов Г. В., Черницына В. А. Архитектурная летопись Ростова-на-Дону, 2002
5. Золотов В. А., Хлебный экспорт России через порты Чёрного и Азовского морей в 60—90-е годы XIX в., 1966
6. Семёнов В. Н. О генеральном плане Ростова-на-Дону. — В кн.: Проблемы советского градостроительства, 1949
7. Перечень выявленных объектов культурного наследия г. Ростова-на-Дону
8. ПОСТАНОВЛЕНИЕ от 30.05.2018 № 352 Об утверждении отчета о реализации Программы подготовки к проведению в 2018 году чемпионата мира по футболу за 2017 год

9. Токарев А.Г. Архитектура Юга России эпохи Авангарда, 2016

10. Время срывать баннеры: ростовские общественники продолжают борьбу за дом Кисина 24.07.18 <https://161.ru/>

11. Шулепова Э. А. Материалы свода памятников истории и культуры РСФСР, 1990

REFERENCES

1. Federal Law of June 25, 2002 No. 73-FZ (as amended on July 13, 2015) “On Objects of the Cultural Heritage of the Peoples of the Russian Federation”
2. The general plan of Rostov-on-Don dated 04.24.2007 No. 251
3. The week "Arguments and Facts" No. 23 "AIF on the Don" 05/06/2019
4. Esaulov G.V., Chernitsyna V.A. Architectural annals of Rostov-on-Don, 2002
5. Zolotov V. A., Bread export of Russia through the ports of the Black and Azov Seas in the 60–90s of the XIX century, 1966
6. Semenov V. N. About the general plan of Rostov-on-Don. - In the book: Problems of Soviet Urban Planning, 1949
7. The list of identified objects of cultural heritage of the city of Rostov-on-Don
8. DECISION of May 30, 2018 No. 352 On approval of the report on the implementation of the Preparation Program for the 2018 World Cup for 2017
9. Tokarev A.G. Architecture of the South of Russia of the Vanguard era, 2016
10. Time to tear down banners: Rostov social activists continue the struggle for Kisin’s house 07/24/18 <https://161.ru/>
11. Shulepova E. A. Materials of the set of historical and cultural monuments of the RSFSR, 1990

THE DETERIORATION OF THE ARCHITECTURAL APPEARANCE OF ROSTOV-ON-DON

V.A. Davydov

Summary: This article observes the historical path of architectural development in the city of Rostov-on-Don, describes the process of appointing special protective status to architectural monuments and evaluates the current state of urban development of Rostov and its historical value. Based on this evaluation the conclusions are made as to how well old buildings of Rostov are taken care of.

The study subject: The state of architectural monuments of Rostov-on-Don.

Data and methods: The study was concluded with the help of empirical (observation) and theoretical (analysis and synthesis) methods.

Results: Visual assessment of the state of architectural monuments.

Conclusions: Evaluation of the current urban state and possible ways of its further development.

Key words: architectural monument, historical appearance of the city, Rostov-on-Don, old buildings.

УДК 692

ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОГО РЕШЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ АКВАПАРКОВ

Бадашев Д.В.¹, Кашина И.В.², Нестерова А.Н.³^{1,2} Донской государственный технический университет, 344000: г. Ростов-на-Дону, ул.Социалистическая 162, nastya-rd@mail.ru³ Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, Lisa.858@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается отечественный и зарубежный опыт проектирования и строительства аквацентров. Анализируются решения по благоустройству территории аквапарков. Рассматриваются оптимальные объемные и архитектурно-планировочные решения для строительства аквацентра. На основании проведенного анализа подводятся итог наиболее актуального и рационального выбора архитектурного решения аквацентра.

Предмет исследования: Рациональные архитектурные решения при проектировании аквапарков.

Материалы и методы: Исследование было проведено с помощью эмпирических (наблюдение) и теоретических (анализ и синтез) методов познания.

Результаты: Возможные варианты архитектурных решений в разных условиях строительства.

Выводы: Подведен итог наиболее рационального выбора архитектурного решения аквапарка в зависимости от современных условий потребностей общества и возможностей строительства.

Ключевые слова: Аквапарк, парк развлечений, архитектурные решения, особенности водных объектов.

ВВЕДЕНИЕ

Отдых является неотъемлемой частью в жизни общества, и как один из вариантов таких решений представляют из себя водные развлекательные сооружения, оборудованные всевозможными развлекательными зонами с аттракционами и прочими слугами. В настоящее время аквапарки могут быть усовершенствованы и оснащены автоматизированными устройствами для искусственного нагнетания волн в бассейнах, либо же для создания приближенной обстановки к естественной для занятия разными видами сёрфинга.

Большее количество аквапарков устроены по типу открытых т.е. на открытом воздухе, обычно такое решение принимается в курортных зонах городов, но несмотря на это, количество комплексов закрытых аквапарков не проигрывает открытым.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Изменения в жизни общества стали своего рода создателями новых видов и форм физкультурно-оздоровительных и досуговых занятий. Наметилось четко отслеживаемое внедрение культурных и спортивных видов деятельности с увеличением роли активного досуга. Прогресс в технической части и научной области и связанное с данным явлением изменение подхода к пониманию и исполнению труда привело к изменению подхода к отдыху.

Отдыхающие начинают отдавать приоритет активному отдыху и данный выбор способствует развитию разнообразия видов отдыха. Только в современное время обычные бассейны для плавания

уже не вызывают какого-либо удивления у посетителя. Под большой интерес попадают комплексы развлечения и отдыха, которые рассчитаны на приобщение как можно большего количества членов семьи. Такие комплексы могут оказывать своеобразными оазисами здорового образа жизни. С данным термином очень схоже по своим основным характеристикам такие комплексы отдыха и развлечений, как аквапарк. В нынешнее время по всему миру можно насчитать более тысячи комплексных сооружений именующих себя термином аквапарк. Несмотря на то, что в арсенале таких комплексных сооружений действительно многообразный и широкий диапазон выбора аква аттракционов, доступных посетителям, также располагают развитой инфраструктурой. Ввиду продвижения и укрепления такой тенденции, как нужда человека в сфере отдыха и досуга, крайне необходимо строить, либо улучшать существующие комплексы аквапарков для индивидуального, группового и семейного посещения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Индустрия мирового уровня по отдыху, сосредоточенному на водной среде, особенно в современности, развивается быстрыми темпами. В Европе аквапарки уже давно занимают позицию, как необходимая часть здоровой жизни. В России, несмотря на малое запоздание, также начинает развиваться по своему уникальная культура аквапарков. На сегодняшний день город Ростов-на-Дону, благодаря развитию аква комплексов, входит в состав крупных аквапарковых зон страны, а именно юг России. В современном мире находятся

десятки тысяч комплексных сооружений аквапарков. Принимая во внимание, что большинство таких комплексов имеет впечатляющее многообразие аттракционов, в большей части водного типа, и, несмотря на это, обладает вполне развитой инфраструктурой, все же

в списках таких комплексов почти некого отметить, как успешный проект. Печальная история о закрытии аквапарков только на старте своего написания, и во многом это происходит благодаря научному прогрессу, развитию более сложных потребностей общества.



Рис. 1. Lake Dolores Waterpark, США (закрыт в 2004г.).

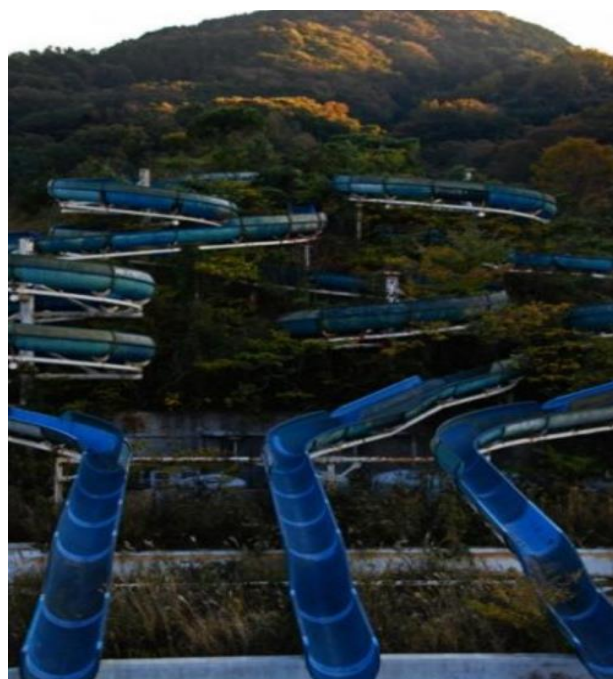


Рис. 2. Shizuoka, Япония (закрыт в 2010г.).

Из-за сочетания разных видов активного отдыха и привлекательности видов спорта непосредственно связанных с водой – аквапарки любимы и востребованы людьми всех категорий возрастов. Отличным решением для наших климатических условий будет посещение аквапарков закрытого типа с хорошим сервисом, на фоне поездки к

естественным водоемам и базам отдыха. Ежевременное и безостановочное повышение и усложнение appetites общественности к уровню услуг развлечения и отдыха, спрос на которые не исчезнет никогда, заинтересованность людей в приображении аквапарка в место подобное райскому островку, лишь в очередной раз

подчеркивает актуальность научных разработок в сфере архитектурно-конструктивных решений аквапарков. Серьезной основой для развития стрессовых ситуаций у человечества, усугубляющих моральное и физическое состояние человека помимо каждодневной загруженности информацией является и любого рода политические и экономические трудности общества. Для восстановления сил люди начинают возвращаться к изначальным элементам естественного оздоровления – вода, воздух, земля, благодаря которым человек переживает положительные и светлые эмоции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Аквапарк – особый вид как спортивных, развлекательных, так и комплексов отдыха, где определяющей компонентой является активное времяпрепровождение досуга, который не может обойтись без сбалансированной связи визуальной и функциональной составляющей природного окружения, архитектурно специализированный как «объект в среде». Термин складывается из компонентов, определяющих уровень связи с внешним пространством и объединенный в единую согласованную систему. Таким образом, основополагающим фактором проектирования и строительства данных комплексов, в первую очередь, является соотношение внешнего образа комплекса с функциональным наполнением и наполнения окружающей природы, составляя так называемую «акцентированную архитектуру в среде». Изначально понятно, что определенному типу здания предсказан по тем или иным причинам и характеристикам определенный внешний облик. Именно эти составляющие определения внешнего вида здания в большей степени формируются под

действием природно-климатического. Создание развлекательных аквапарков, применимых абсолютно в любой точке планеты, нецелесообразно с точки зрения социальной, конструктивной и архитектурной сторон. Таким образом, исходя из данной проблематики, первоочередная задача архитектора состоит в полном учете местных климатических условий, насколько это максимально возможно, для принятия наиболее рациональных архитектурно-пространственных решений. Для устройства и проектирования аквапарка основную роль выполняют рельеф, состав почвы и наличие грунтовых вод. Одной из «изюминок» может являться неровный, бугристый с перепадами рельеф, что позволит более виртуозно спроектировать первый этаж комплекса, в котором сосредотачиваются важные и символичные конструкции – чаши ванн бассейнов. Немаловажную и определяющую роль для выбора и установки чаш бассейнов представляют грунты данной местности, а именно их состав и свойства, так как полагаясь на их происхождение выбор фундамента, что может создавать ограничения, при принятии архитектурно-планировочных решений развлекательной зоны комплекса.

В ходе анализа отечественного и зарубежного проектирования объемных и планировочных решений аквапарков крытого типа, в зависимости расположения второстепенных комнат или помещений относительно зоны акватории, можно разделить на семь архитектурных вариантов исполнения:

Одним из таковых вариантов является торцевой, основной отличительной чертой которого является расположение вспомогательных помещений и функциональных зон в торцевой части зального объема аквапарка. (рис.3).



Рис. 3. Аквапарк «Ocean Dome» (Япония).

Можно заметить, что выбирая данный вариант, будет нерациональным решением для

расположения в аквапарке дополнительных комплексов тренировочных и спортивных

бассейнов с отдельным сектором обслуживания. Для решения данной проблемы пристраивают отдельный спортивно-оздоровительный сектор, что в свою очередь нарушает эстетический вид и целостность образа основного комплекса. Самое рациональное решение данной задачи – устройство таких секторов на одной территории с аквазоной,

разделяя зоны с помощью материалов декорирования.

Линейных вариант архитектурного выбора отличим тем, что вся композиция комплекса сосредотачивается вдоль одной условно обозначенной в пространстве прямой линии (рис. 4).



Рис. 4. Аквапарк «Джунгли» в Хабаровске.

Третий вариант – атриумный. Данный тип основан на размещении разнообразных функциональных сегментов комплекса вокруг внутренней территории открытых или закрытых бассейнов согласно круговой схеме (рис. 5).



Рис. 5. Аквапарк «Акваполис» (Испания).

Атриумный вариант архитектурного решения особого применения не нашел, за исключением случая, когда необходима защита аквазоны от

сильных ветров, предопределенных климатической зоной.

Четвертый вариант архитектурного исполнения – периметральный. Выполняется по типу

исполнения атриумного, с тем отличием, что в данном варианте дополнительные помещения располагаются по две или три стороны от основного объема аквапарка (рис. 6). Территория отдыха и

водных аттракционов всегда абсолютно закрыта и освещение осуществляется за счет кровельных фонарей.



Рис. 6. Аквапарк «Лимпопо» в Екатеринбурге.

Главная отрицательная черта таких решений – длинные коридоры, соединяющие гардеробные с основным залом, организовать естественное освещение которых очень затруднительно.

Пятый вариант – павильонный, тот случай когда аква комплекс составляется из отдельных залов и

территорий, сообщение которых между собой напрямую не организовано (рис. 7). Связывание блоков комплекса между собой организуется с помощью переходов и навесных дорожек. В связи с этим, данный вариант архитектурного решения популярен для открытых аквапарков..



Рис. 7. Аквапарк «Дельфин» (Туапсе).

«Минус» в этом решении зачастую определяется в нерациональном расчете территории аквапарка, вследствие чего страдает полезная площадь аквапарка предназначенная для аттракционов, бассейнов и зон прочих услуг.

Однако же достоинство данного решения очевидно, и хорошо отслеживается в комплексах аквапарка закрытого типа, а именно благодаря секторной разбивке территории создаются тематические зоны, разделяющие посетителей по интересам и возрасту.

Шестой вариант исполнения архитектурного образа – блочный. При данном решении ванны, территории предназначенные для аттракционов,

плавания, отдыха и т.п. выносятся как индивидуальные объемы, при этом которые находятся «плечом к плечу» – примыкают всей площадью торцевой стены друг к другу (рис. 8). Обслуживающие помещения в данном случае являются связующим межблочным звеном, либо же вообще ядром композиции. Положительная сторона варианта – свободное сочетание блоков как различных масштабов так и высот. Данная возможность решения – основа для неординарных архитектурных и конструктивных сочетаний. Можно отметить немаловажную особенность, и состоит она в том, что строительство такого комплекса можно осуществлять поэтапно.

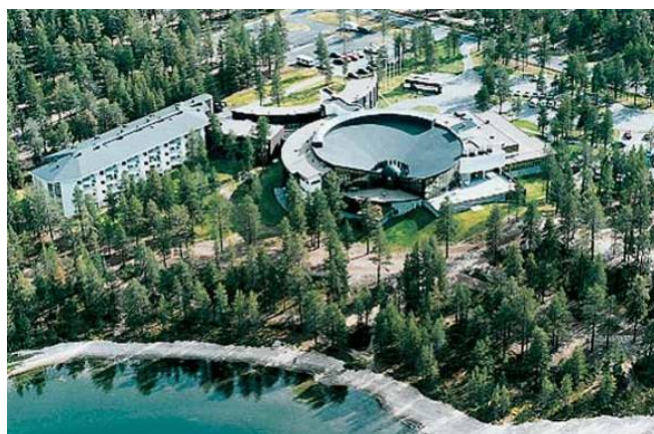


Рис. 8. Аквапарк «Holyday Club» (Финляндия)

Седьмой вариант – комбинированный. По своей сути это тип неповторимой формы или свободной планировочной структуры, которая несет в себе необычно новое явление относительно

стандартизированной застройки (рис. 9). Данный вариант аквапарка основан на сочетании в себе двух или более вариантов архитектурных решений перечисленных ранее.



Рис. 9. Аквапарк «Ривьера» в Казани (Пример линейно-блочного типа).

ВЫВОДЫ

В заключение анализа представленных архитектурных вариантов исполнения и проектирования аквапарков, можно прийти к основному заключению: определяющим элементом для принятия архитектурного решения, независимо от объема и сложности архитектурных решений проектируемого аквапарка является площадь территории и уникальность ее рельефа. Согласно универсальной схеме по модернизации планировочной структуры аквапарка, принцип которой основан на сопряжении основного объема аквапарка с многоуровневыми блоками обслуживания. Такой вариант позволяет выполнять устройство компактного здания, как одно- так и разноуровневого с полным набором помещений для рабочего персонала и посетителей. Однако несмотря на преимущественную направленность на создание компактных комплексов, в проектных предложениях должны оставаться пути и способы для задания тенденции увеличению числа ванн бассейнов и модернизации объема комплекса. Таким образом, полный учёт всех деталей и специфики климата местности, рельефа территории и принятие, на основе этой информации, наиболее рациональных архитектурных и конструктивных решений позволит создать понастоящему неповторимый и выразительный проект аквапарка

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 118.13330.2012 «СНиП 31-06-2009 Общественные здания и сооружения»
2. Аквапарки в мире и в РФ Текст. : информ.-аналит. Журнал INTERGRITY CONSULTING & MARKETING SERVICES. 2006
3. Архитектурное проектирование общественных зданий и сооружений Текст. : учеб. пособие / В. В. Адамович, Б. Г. Бархин, В. А. Варезкин [и др.] ; под ред. И. Е. Рожина и А. И. Урбаха. М.: Стройиздат, 1984. Архитектура, строительство, дизайн Текст. : учебник для студентов высших архитектурно-строительных учебных заведений / Под общ. ред. А. Г. Лазарева. Изд. 2-е. - Ростов-н/Д: Феникс, 2006.
4. Аквапарк это реально Электронный ресурс. : общеинформационное издание. - М., 2005. - Условия доступа: <http://www/aquapark.coast.ru/>
5. В. К. Лицкевич, Л. И. Макриенко, И. В. Мигалина и др.; под ред. Н. В. Оболенского. М.: «Архитектура - С», 2005.
6. Бакшеева Е. Е. Цвет и свет в архитектуре аквапарка Текст. / Е. Е. Бакшеева // Архитектура и время. 2009.
7. Бакшеева Е. Е., Янковская Ю. С. Аквапарки для Севера Текст. / Е. Е. Бакшеева, Ю. С. Янковская // Архитектура Строительство Дизайн. 2007.
8. Бакшеева Е. Е., Янковская Ю. С. Рекреационно-оздоровительный компонент в структуре жилого комплекса Текст. / Е. Е. Бакшеева, Янковская Ю.

9. Василенко Н. А. Пространственная структура современных городских рекреационных комплексов Текст. / Н. А. Василенко

10. Иконников А. В. Художественный язык архитектуры Текст. / А. В. Иконников. -М.: Искусство, 1985.

11. Иовлев В. И. Архитектурно-композиционное формообразование Текст. : учеб. пособие / Под ред. В. И. Иовлева. Екатеринбург: Архитектон, 2000.

12. Князева А., Седов. С. Развитие аквабизнеса на Урале Текст. : консалтинговая группа КГ ЭР / А. Князева, С. Седов. Капитал. Логистика и управление. - 2006. - №12

REFERENCES

1. Rule book 118.13330.2012 «Building codes 31-06-2009 Public buildings and structures»
2. Water parks in the world and in Russia text. : inform.- analyte. Integrity CONSULTING & MARKETING SERVICES. 2006
3. Architectural design of public buildings and structures Text. : studies'. the manual / V. V. Adamovich, B. G. Barkhin, V. A. Barikin [et al.] ; under the editorship of I. E. Rozhin, and A. I. Urbach. Moscow: Stroizdat, 1984. Architecture, construction, design text. : textbook for students of higher architectural and construction educational institutions / Under the General ed. Ed. 2nd - Rostov-n/A: Phoenix, 2006
4. Water Park is really an Electronic resource. by : osseintegration^AG^^ edition. - М., 2005. - Access conditions: <http://www/aquapark.coast.ru/>
5. В. К. Litskevich, L. I. Makrinenko, I. V. Migalina, etc.; edited By N. V. Obolensky. Moscow: "Architecture-S", 2005.
6. Baksheeva E. E. Color and light in the architecture of the water Park Text. / E. E. baksheeva // Architecture and time. 2009.
7. Baksheeva E. E., Yankovskaya Y. S. water Parks for the North Text. / E. E. Baksheeva, Yu. S. Yankovskaya / / Architecture Construction Design. 2007.
8. Baksheeva E. E., Yankovskaya Yu. S. Recreational and health component in the structure of the residential complex Text. / E. E. Baksheeva, Yankovskaya Yu.
9. Vasilenko N. A. Spatial structure of modern urban recreational complexes Text. / N. A. Vasilenko
10. Ikonnikov A.V. Artistic language of architecture Text. / A. V. Ikonnikov. - Moscow: Art, 1985.
11. Iovlev V. I. Architectural and compositional shaping Text. : studies'. the allowance / Under the editorship of V. I. Iovleva. Yekaterinburg: Architecton, 2000.
12. Knyazeva A., Sedov. C. development of aquabusiness in the Urals Text. : consulting group KGER / A. Knyazeva, S. Sedov. Capital. Logistics and management. - 2006. - No. 12

FEATURES OF THE ARCHITECTURAL SOLUTION OF THE RECREATIONAL ZONE OF WATER PARKS

Badashev D. V.¹, Kashina I. V.², Nesterova A. N.³

^{1,2} Don State Technical University (DSTU),
344000, Southern Federal District, Rostov Region, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1, nastya-rd@mail.ru

³Moscow state university of civil engineering (national research university),
129337, Moscow, Yaroslavskoye shosse, 26, Lisa.858@yandex.ru

Summary: This article represents the observation of the local and international experiences in designing and building of aquatic facilities, the analysis of ways to provide all necessary amenities on the territory of such facilities. It lists the most effective massive, architectural and planning concepts for building of an aquatic facility. Based on the analysis the conclusion is made on what can be considered the most rational and relevant choice of architectural concept for building an aquatic facility.

The study subject: Rational architectural solutions in the design of water parks.

Data and methods: The study was concluded with the help of empirical (observation) and theoretical (analysis and synthesis) methods.

Results: Possible variants of architectural solutions in different construction conditions.

Conclusions: The result of the most rational choice of the architectural solution of the water Park depending on the current conditions of the needs of society and construction opportunities is summed up.

Key words: water park, amusement park, architectural solution, features of water bodies.

УДК 69.001.5

АРХИТЕКТУРНЫЙ ОБРАЗ ЗДАНИЙ В КОНСТРУКЦИЯХ КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ВЕТРОГЕНЕРАТОРЫ

Юрченко В.Ю., Кашина И.В., Нестерова А.Н.

Донской государственный технический университет (ДГТУ),
344000, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пер. Журавлева,33, ih8cat@gmail.com

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
129337, Центральный федеральный округ, г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, Lisa.858@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассматривается концепция многоэтажных зданий в конструкциях которых присутствуют альтернативные источники энергии, а именно - ветрогенераторы. Ставится задача рассмотреть несколько зданий и проанализировать работу таких конструкций в проектах многоэтажных зданий. На основе анализа делаются выводы об перспективах проектирования зданий с альтернативными источниками энергии

Предмет исследования: Внешний вид и характерные особенности зданий, в конструкции которых внедрены ветрогенераторы.

Материалы и методы: Исследование было проведено с помощью эмпирических (наблюдение) и теоретических (анализ и синтез) методов познания.

Результаты: Теоретическая оценка проектов многофункциональных зданий с ветрогенераторами.

Выводы: Обобщён опыт проектирования зданий с альтернативными источниками энергии и рассмотрена дальнейшая перспектива таких проектов.

Ключевые слова: экология, зеленая архитектура, альтернативные источники энергии, ветрогенераторы.

ВВЕДЕНИЕ

Впервые предложения об использовании альтернативных источников энергии для обеспечения жизненного цикла крупных зданий были озвучены на международной энергетической конференции ООН в 1980 году. В ходе этой конференции было выявлено, что наибольший потенциал имеют солнечные и ветровые генераторы. С этого момента интерес к архитектуре в комплексе с возобновляемыми источниками энергии возрос. В течение многих лет архитекторы и конструкторы всего мира трудились над такими проектами, проводили множество исследований, в ходе которых специалисты решили, что ветроэнергетика эффективней.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В настоящее время во всем мире происходит изменение отношения к процессу проектирования. Новые концепции, внедряемые сегодня во многих странах, предполагают в процессе проектирования решения ряда научной проблемы. Это означает, что архитектурные образы зданий и сооружений подстраивают под наиболее выгодные для специалистов формы. Таким образом все чаще появляются необычные проекты несущие в себе не только эстетические, но и практические функции. Прделанная работа позволит нам проследить полную идентификацию зданий, отразит его хронологические этапы, определит формальные разнообразия, подчеркнет его развитие согласно времени, выявит недостатки и позволит

проанализировать общий обзор формы, материала, используемого для строительства зданий с интегрированными ветрогенераторами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Решение вопросов, связанных с энергетикой, экологией и охраной окружающей среды, привело к изменению формы и роли небоскребов. Смена некоторых проектных условий, регулирующих строительство небоскребов XXI века, была проанализирована архитектором Эмили Меррилл и доктором Ли Грей, чьи исследования в изменении парадигмы в типологии небоскребов были представлены на конференции 2012 Asia Ascending в Совете по высотным зданиям и городской среде обитания (СТВУН). [2].

Важную роль при проектировании небоскребов, с интегрированными ветрогенераторами, играют ветряные потоки. Они влияют на ряд показателей, в том числе и устойчивость. Изучение поведения здания в реальных условиях можно проводить двумя способами - на физической и на цифровой модели. В первом случае с помощью аэротрубы создаются условия для миниатюрного макета с которыми конструкция столкнется при возведении и эксплуатации. [7]. При создании цифровой модели – макетирование происходит на компьютере и все расчеты происходят автоматически. Это позволяет не только предупредить возможные чрезвычайные ситуации, но и поднять основополагающие показатели (шумоизоляцию и ветропоглощение) в наиболее подверженных участках.

При формировании математической модели необходимо учитывать: близлежащую городскую застройку, наличие лесных посадок, рельеф

местности – наличие возвышенностей или впадин, водоемов, и климатические показатели (силу ветра).



Рис1. Физическая модель здания.

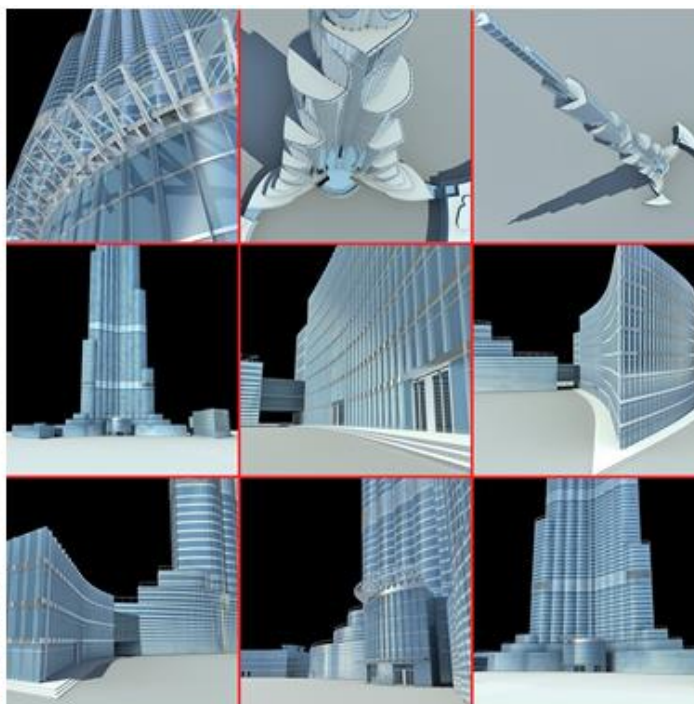


Рис2. Цифровая модель здания

Основные параметры, снижающие ветровую нагрузку:

1. Обтекаемая форма, при проектировании рекомендуется избегать резких углов.
2. Для беспрепятственного прохождения потоков ветра необходимо предусмотреть дополнительные проемы.
3. «Ступенчатая» конфигурация зданий – от большой площади у основания к малой.

Проведя много опытов специалисты выявили ряд проблем, с которыми столкнулись при проектировании и возведении зданий с интегрированными ветровыми турбинами:

1. Проектируемые турбины ветрогенераторов, которые внедрены в конструкцию здания, не могут быть большими. Потому что их размер влияет на конструктивне стороны объекта. Поэтому мощность таких ветроэлектростанций нередко получается очень маленькой.
2. Ветровые турбины, как правило, создают значительное шумовое загрязнение и являются причинами вибрации. Это вполне приемлемо, когда турбина находится на приличном удалении, а вот при установке на здание ВЭС может стать реальной

проблемой, особенно для коммерческих строений со стальным каркасом. В данном случае шум и вибрации турбины передаются всей конструкции.

3. Устройство ветрогенераторов на зданиях много увеличивают затраты на строительство. Требуются специальные крепления, а также хорошая система хранения и распределения электроэнергии, чтобы передавать сгенерированное электричество на все этажи здания и, возможно, за его пределы.

4. Анализ проектов показал, что использование ветрогенераторов в высотных зданиях не всегда целесообразно из-за турбулентности. Ветрогенераторы теряют эффективность под воздействием этого фактора, потому что могут справиться с ровным потоком ветра.

5. Необходимо позаботиться о дополнительной звукоизоляции и теплоизоляции. Так как из-за ветровой нагрузки вокруг здания появляется свист, а на верхних этажах постоянно получается сквозняк.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

1. Strata Tower

Одним из первых построенных небоскребов с ветровыми турбинами является Strata Tower в Лондоне.



Рис3. Strata Tower.

Архитектурные решения первого в мире небоскреба с ветряными турбинами, интегрированными непосредственно в его строительную ткань на первый взгляд стандартны. Прозванный бритвой, черно-серебряный небоскреб имеет высоту 147 метров (485 футов), что делает его самым высоким жилым зданием в центре Лондона. Разработанный компанией BFSL (ранее известной как Hamiltons), Strata-это 43-этажное архитектурное

чудо: 1 этаж- коммерческая недвижимость, этажи со 2 по 10-это доступные квартиры для населения, остальные квартиры-это роскошные апартаменты вплоть до пентхауса. Панорамное остекление каждой квартиры, дневное освещение, естественная вентиляция, интегрированные ветрогенераторы, программа доступного жилья и великолепный вид - архитекторы сделали все возможное для для получения идеального зеленого здания.



Рис4. Конструкция ветрогенераторов Strata Tower.

Три ветротурбины, интегрированные в конструкцию башни, обеспечивают 8% потребностей здания в энергии. Этого достаточно для обеспечения электрических и механических услуг здания, в том числе трех экспресс-лифтов и автоматизированных установок для очистки окон. Турбины спроектированы так, что они не слишком шумные для жителей, а их размер и специальные крепления позволяют избежать конструкцию от вибрация. Несмотря на множество

наград, которые получила Strata Tower- это не самый успешный опыт реализации такого проекта.

2. Bahrain World Trade Centre

Наиболее удачны реализованный проект-Бахрейнский Всемирный торговый центр в Манаме. Он был введен в эксплуатацию в 2006 году. Комплекс состоит из двух небоскребов высотой в 240 метров. Два 50-ти этажных здания соединены

три огромными ветровыми турбинами, которые способны удовлетворять 15% всех потребностей торгового центра в электроэнергии. Конструкция устроена следующим образом: клиновидные башни направляют ветер между собой, создавая отрицательную зону давления позади здания, которая тянет больше воздуха между ними, всасывающий эффект увеличивает скорость ветра до 30 процентов. [8] Это необходимо для того чтобы максимизировать производительную мощность здания. Также для оптимальной выработки

электричества направленные потоки ветра попадают в ветрогенераторы под перпендикулярным углом 45 градусов от центра.

Наличие интегрированных ветровых турбин позволяет снизить углеродный след объекта. Иногда мощные ветровые турбины устанавливаются внутри самого здания: как правило, на технических этажах. Но если турбины расположить между зданиями, то можно минимизировать негативное воздействие от турбулентности и избежать ряда других проблем.



Рис5. Bahrain World Trade Centre.

При правильном подходе к проектированию возможно уменьшить ветровую нагрузку на многоэтажные здания. Также ветрогенераторы

позволят контролировать уровень охлаждения здания, тем самым предотвращая перегрев в жаркий период.



Рис6. Ветрогенераторы Bahrain World Trade Centre.

В течение трех лет проект разрабатывали несколько компаний: Atkins, Ramboll, Norgwin, Elsam Engineering. Строительством и проектированием ветрогенераторов занимались - Nass Murray&Roberts. Основатели проекта предполагают, что здание всемирного торгового центра даст старт для создания аналогичных зданий

и сооружений, в конструкциях которых будут использоваться возобновляемые источники энергии.

3. COR building.

Идеальный проект по мнению специалистов - COR building в Майами. Здание спроектировано архитекторами из «OPPENheim architecture +

design». В своем «арсенале» небоскреб имеет полный набор функций, для получения статуса «зеленого здания».



Рис7. COR building.

По архитектурному облику, даже среди подобных зданий и сооружений COR building выглядит необычно. В соответствии с концепцией было решено расположить в сквозных верхних этажах ветряные турбины и разместить по всему фасаду фотоэлементы, которые полностью должны

обеспечить здание электроэнергией, а также создать резервный запас электричества. Часть полученной энергии пойдет на потребности в электроснабжении, а часть на отопление «COR building». [3].



Рис8. COR building. Ветряные турбины.

Стены башни имеют радиальные отверстия, расположенные в шахматном порядке, благодаря которым происходит вентиляция фасада и не лишает жителей естественного освещения. На первых этажах планируют расположить помещения под коммерческую недвижимость, затем будут идти офисные этажи и жилые апартаменты с пентхаусами. Всего по проекту здание имеет 25 этажей и высоту 116 м. На данный момент реализация проекта приостановлена. Но с каждым

днем экологический проблемы становятся все актуальней, и есть повод задуматься возобновить работу над этими и другими проектами «зеленой архитектуры».

ВЫВОДЫ

Опыт интеграция ветряных турбин в многофункциональные здания уникален. Сегодня разработано много проектов, однако реализация

большой части из них отложена. Одна из причин – это финансовые проблемы, с которыми столкнулись конструктора при возведении зданий с интегрированными ветровыми турбинами. Как показывает практика реализацию таких масштабных проектов осуществляют чаще всего страны с устойчивой экономикой. Но сегодня мир на пути к глобальной экологической катастрофе и ближайшем будущем необходимо провести множество исследований для успешного решения хотя бы малой части этой проблемы, а именно строительство зеленых многофункциональных зданий с альтернативными источниками энергии.

Если есть потенциал помочь планете в сфере строительства, то останавливаться на уже существующих достижениях нельзя. Наша главная задача, как архитекторов, проектировщиков и дизайнеров, в том, чтобы продолжить собственное техническое и творческое развитие для совместной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капустин П.В. Интуиция и модель. Мышление архитектора от ремесла к профессии // Вопросы теории архитектуры: Архитектура в диалоге с человеком / Сост., отв. ред. И.А. Добрицына. – М.: ЛЕНАНД, 2013. – С. 305 – 314.
2. Капустин П.В. 3.Утопия в эволюции архитектурного проектирования. Часть III. Изображая утопию [Электронный ресурс] / П.В. Капустин // Архитектон: известия вузов. – 2012. – №1(37). – Режим доступа: http://archvuz.ru/2012_1/1
3. Логвинов В. «От «зеленого» строительства к природоинтегрированной архитектуре. Принцип регенерации». // Проект «Байкал». — 2016/
4. Гольдсамт Э.А. Уильям Моррис и социальные истоки современной архитектуры. М., 1973.
5. В.С.Кривцов, А.М.Олейников, А.И.Яковлев. «Неисчерпаемая энергия. Книга Ветроэлектрогенераторы».
6. Т. Г. Маклакова Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования.
7. В. А. Харитонов Проектирование, строительство и эксплуатация высотных зданий.
8. Нойферт, Э. Строительное проектирование / Э. Нойферт. — М.: Строй-издат, 1991, 391 с.: ил.

9. Авдоткин, Л.Н. Градостроительное проектирование: учеб, для вузов / Л.Н. Авдоткин, И.Г. Лежава, И.М. Смоляр. — М.: Стройиздат, 1989. — 432 с.: ил.
10. Гельфонд, А.Л. Архитектурная типология общественных зданий и сооружений: учеб, пособие. Рекомендовано УМО по образованию в области архитектуры Министерства образования РФ /А.Л. Гельфонд. — Н. Новгород: Изд-во ННГАСУ, 2010. — 213 с.: ил.

REFERENCES

1. Kapustin V. P. the Intuition and the model. Thinking of an architect from craft to profession // Questions of the theory of architecture: Architecture in a dialogue with a person / Comp., OTV. ed. - Moscow: LENAND, 2013. - Pp. 305-314.
2. Kapustin P. V. 3.Utopia in the evolution of architectural design. part III. Depicting utopia [Electronic resource] / P. V. Kapustin // Architecton: proceedings of higher education. - 2012. - No. 1(37). – Mode of access: http://archvuz.ru/2012_1/1
3. Logvinov V. "From" green " construction to natural integrated architecture. The principle of regeneration." // Project "Baikal". - 2016/
4. Goldsamt E. A. William Morris and the social origins of modern architecture. M., 1973.
5. V. S. Krivtsov, A. M. Oleynikov, A. I. Yakovlev. «Inexhaustible energy. Book Wind Power Generators».
6. T. G. Maklakova high-Rise buildings. Urban planning and architectural design problems of design.
7. V. A. Kharitonov Design, construction and operation of high-rise buildings.
8. Neufert, E. Construction design / E. Neufert. - Moscow: Stroy-Izdat, 1991, 391 p.: Il.
9. Avdotyino, L. N. Urban design: textbook for universities / L. N. Avdotyino, I. G. Lezhava, I. M. Smolyar. - Moscow: Stroizdat, 1989. — 432 p.: Il.
10. Gelfond, A. L. Architectural typology of public buildings and structures: studies, manual. Recommended by UMO for education in the field of architecture of the Ministry of education of the Russian Federation /A. L. Gelfond. - N. Novgorod: NNGASU Publishing house, 2010. — 213 p.: Il.

THE ARCHITECTURAL STYLE OF THE BUILDINGS IN DESIGNS THAT USE WIND
TURBINES.

Yurchenko V.Y., Kashina I. V, Nesterova A. N.

Summary: This article discusses the concept of multi-storey buildings in the designs of which there are alternative energy sources, namely-wind turbines. The task is to consider several buildings and analyze the work of such structures in multi-storey construction. Based on the analysis, conclusions are drawn about the prospects of designing buildings with alternative energy sources.

The study subject: Appearance and characteristic features of buildings, in the design of which wind turbines are implemented.

Data and methods: The study was concluded with the help of empirical (observation) and theoretical (analysis and synthesis) methods.

Results: Theoretical evaluation of projects of multifunctional buildings with wind turbines.

Conclusions: The experience of designing buildings with alternative energy sources is Summarized and the future prospects of such projects are considered.

Key words: ecology, green architecture, alternative energy sources, wind generators.

УДК

АНАЛИЗ КУПОЛЬНЫХ СИСТЕМ ЮГА РОССИИ

Лисовенко А.В., Кашина И.В.

Донской государственной технической университет (ДГТУ),
344000, ЮФО, Ростовская область, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, rgsu-gsh@mail.ru

Аннотация. В данной статье показано развитие одного из величайших соборов России. На примере Вознесенского Войскового Кафедрального Собора в городе Новочеркасске была проведена оценка историко-культурной, градостроительной и архитектурной ценности собора. Статья содержит исторические фотографии, которые подтверждают данную значимость, а также показывают на колоссальные затраты в связи с реставрациями, но тем не менее она необходимая часть для собора, так как он является культурным наследием нашей страны.

Предмет исследования: Вознесенский Войсковой Кафедральный собор в городе Новочеркасске.

Материалы и метод: Метод исследования и оценки состояния Вознесенского Войскового Кафедрального Собора.

Результат: Оценка стоимости исследования собора.

Вывод: Выполнение и анализ оценки состояния Вознесенского Войскового Кафедрального Собора.

Ключевые слова: Вознесенский Войсковой Кафедральный собор, оценка состояния, памятник архитектуры.

ВВЕДЕНИЕ

В данный момент тема по реставрации и сохранении памятников архитектурного наследия является весьма актуальной, так как внешний вид и износостойкость зданий с каждым годом ухудшается, эта тема не обошла стороной и Вознесенский Кафедральный Собор.

Кафедральный храм в городе Новочеркасске был воздвигнут и освящен в день основания Новочеркасска 18 (30) мая 1805 года, в этот же день был праздник Вознесения Господня. Изначально собор был деревянный, к постройке каменного соборного храма приступили лишь только в октябре 1811 года.

Основным направлением, требующего внимания является сохранение, реставрация, а также улучшение технического обслуживания и поддержание всех видов ремонта и объекта в исправном состоянии.

На основе Вознесенского Кафедрального Собора будет произведена оценка стоимости исследования собора, а также произведен анализ необходимости реставрации. Собор пережил уникальную историю – закладка собора производилась 3 раза и все разы производилось обрушение данного собора.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

По желанию известного донского атамана М.И. Платова 1-ый план по воздвижению Вознесенского собора был сделан архитектором Алоизием Руска из Петербурга. Родной брат известного архитектора Алоизия – Иероним возглавил работы по строительству храма. В войне России с Наполеоном были отданы основные силы казаков в 1812 г. и походам 1813 - 1814 годов, строительство собора стало вестись в 1816 и 1817 году. В дальнейшие 2 года святилище не строился абсолютно по причине недостатка строй материалов. И только в 1820 г. работы по созданию собора возобновились.

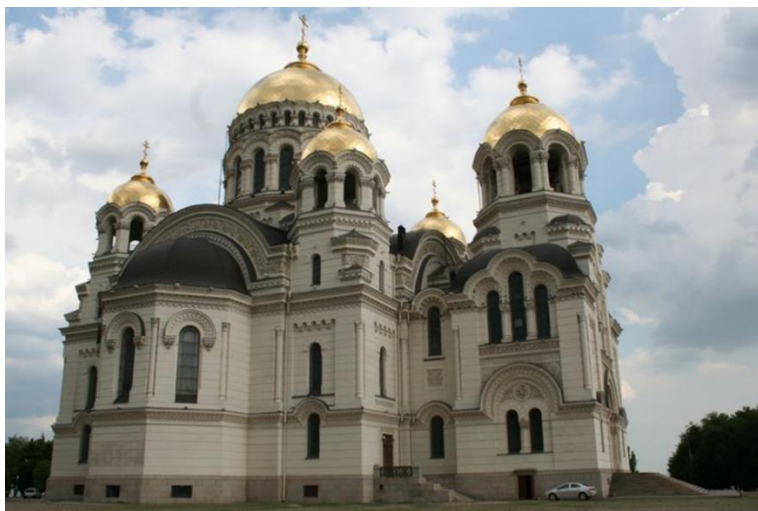


Рис. 1. Вознесенский Войсковой Кафедральный собор

Впоследствии увольнения И. Российско помещение собора было освидетельствовано комиссией, в итоге чего было принято заключение об укреплении строения, за собственно что принялся конструктор К. С. Амвросимов. В 1822 г. работы вновь были прекращены вплоть до 1844 года, т.е. на целых 22 года. Помещение собора к данному времени построили на высоту в 7 сажень из 26 запланированных (около 15 м. из больше 50 м.).

В 1844 г. архитектором собора состоял И.О. Вальпред. Как-то в 9 часов вечера 29 августа 1846 г. случилось падение строения собора, на тот момент оставалось достроить лишь своды куполов. На иной день об этом было сказано Наказному Атаману Войска Донского генералу от кавалерии М.Г.Власову, а уже 31 августа он отрапортовал об этом императору. Государь велел составить ныне же свежий план в византийском вкусе, поручив это конструктору К. А. Тону – создателю плана храма Христа Спасателя в Столице. План был утвержден, но смета на его строительство оказалась «не по силам» Войску Донскому. В следствии этого 16 апреля 1850 года был утвержден иной план и смета архитектора И.О. Вальпреда. При Правители – наследнике Цесаревича был основан 2-ой вариант храма.

Работы начались в 1852 году, хотя смета была составлена еще в 1851 году. На 2 года строительство было прекращено из-за некачественных материалов. Ночью 10 июля 1863 года обрушился главный купол храма, строительство к тому времени считалось практически законченным. Была окончена попытка постройки 2-го варианта Войскового собора в Новочеркасске.

В 1880 г. Военнослужащий получил новый план от архитектора А.А.Яценко, который оценивался в 624 тыс. руб. В связи с этим было принято решение:

- 1) Разрушить обрушившийся каменный собор в Новочеркасске;
- 2) Для этого на два года была выделена сумма, на 1880 и 1881.

Данное решение было утверждено 17 мая 1880г.

Каменный собор был разрушен в октябре 1882 г. Третий план собора был поручен архитектору

А.А.Яценко, работы по укладке фундамента стали происходить в августе 1891 г. стартовали работы по устройству фундамента: обсудили ветхий фундамент и углубили котлован под свежий.

В 1893г. в связи со смертью А. А. Яценко его место в строительстве Вознесенского собора занял Илья Петрович Злобин.

17 октября 1893 г. спроектирован новый вариант собора.

23 июля 1900 г. на собор подняли 9 колоколов. Старые колокола было решено снять с храма и повесить в новый. Чуть позже было принято решение поднимать их через святилище. Всего было поднято 5 колоколов. Купола позолотили, а в Богемии был отлит самый большой крест, весом в 1.280 кг и высотой в 4,9 м. В его составе присутствует монолит из хрусталя. В данное время были установлены все колокола и остеклены все окна.

В 1901 г. были завершены все отделочные работы. Также в данном году отделали с западной стороны три гранитных крыльца. Около 16 ступеней из гранита были сделаны при входе.

В 1902 г. было завершено изготовление плит из мрамора для ступенек. Белый мрамор для собора переправляли из Италии, а разноцветный доставляли из Парижа.

В 1902 г. изготовили и повесили часы диаметром примерно около 2-х метров.

В 1902 г., во главе Генерал-лейтенанта Веденяпина приехала комиссия на окончание строительства храма. Комиссия заключила акт о рабочем состоянии храма и одобрила работы. В 1903 году стали монтировать иконостас, который отличался отличным узорчатым рисунком. А.В. Пряхов взял на себя все работы по данному делу.

Всего художники выполнили на 100 тыс. руб. работ.

В 1904 г. велись столярные работы. В этом году вдоль храма и прилегающей территории производилось облагораживание. В 1904 г. все мраморное производство было закончено. Ворота и двери были сделаны из отличной бронзы. Все здание было посеребрено и позолочено.

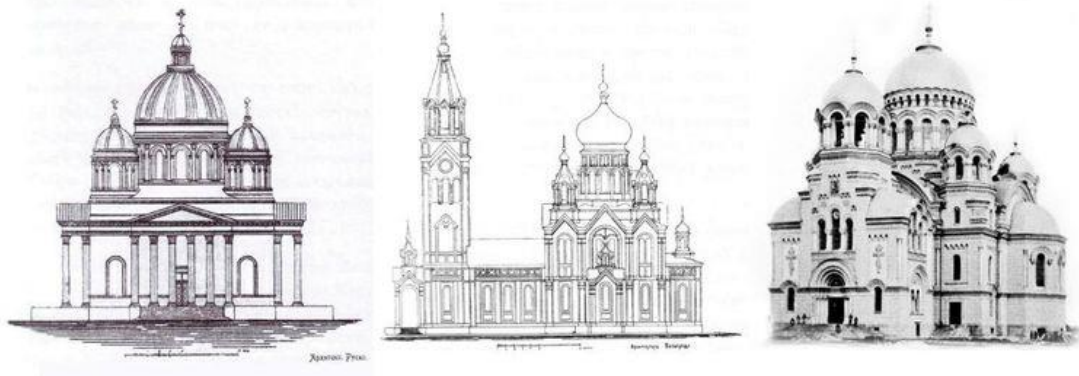


Рис.2. Проект Вознесенского войскового кафедрального собора

Вознесенский кафедральный храм по итогу помещал всего до 5 тыс. чел, что говорит о том, что он является 3 по числу вместимых соборов в России.

Основные характеристики собора:
 основная высота храма - 51,2 м.,
 основная высота с крестом - 74,7 м.,

длина в здании - 72,5 м.,
длина спереди - 76,8 м.,
ширина изнутри - 57,6 м.,
ширина снаружи - 62 м.,
диаметр внутри купола - 18 м.,
диаметр снаружи - 21,5 м.

В храме находится два подвала, общей вместимостью 15 м. Подвалы были изготовлены для хранения масла, свечей и др. Недалеко от храма была возведена Покровская часовня.

9 мая 1904 года состоялось освящение церкви. 8 мая в новой церкви отслужили всенощное бдение и создали необходимое приготовление к освящению храма.

6 мая 1905 г., по прошествии около столетия произошло открытие, а затем и освящение данного храма.

В 1-ые годы советской власти внешне все оставалось по-прежнему. Собор работал, совершались богослужения, верующие посещали храм, но посещение храма было под запретом, на людей, посещавших церковь, смотрели «косо». Со временем прихожане стали приходить все реже, содержание собора требовало все больших усилий. Собор стал подвергаться глобальным хищениям, в следствии чего был разгромлен. Почти все священнослужители в связи со своей деятельностью были сосланы в Сибирь.

В 1934 г. с крыши собора сняли листы золотой меди, так и не заменив их на стальные.

При закрытии храма, его стали эксплуатировать в качестве кладовой для хранения круп для промышленных предприятий.

В 1942 году собор вновь стал эксплуатироваться в связи с военным положением.

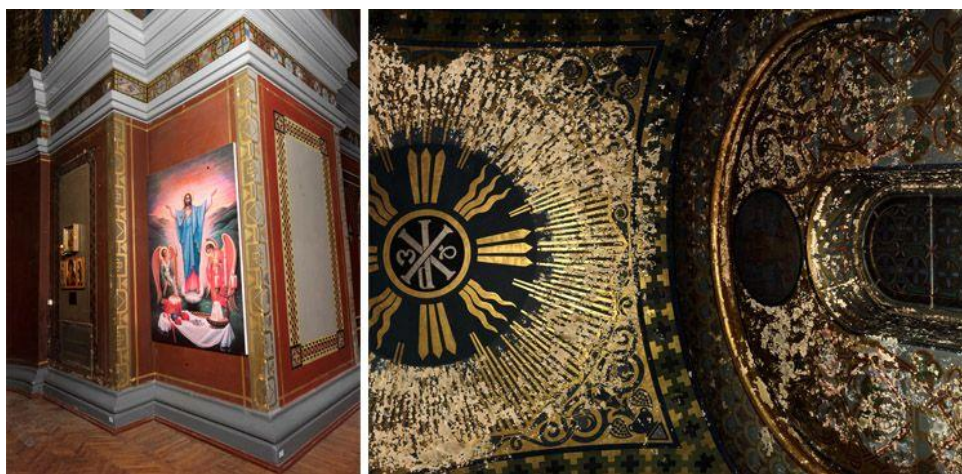


Рис. 3. Роспись стенхрама

После войны собор продолжал функционировать в качестве погреба и складского помещения. Внизу хранили зерно, а наверху проводили молитвы.

Позже, в 50-е годы были произведены реставрационные работы картин с помощью именитых художников. В связи с нехваткой денег на золочение, были выполнены более дешевые работы.

В конце 70-х годов была оштукатурена торцевая часть храма. Из-за большой нехватки денег

пришлось прибегнуть к дешевым и ярким красителям, и закрасить малую часть нормы.

Осенью 1990 года полностью сделали и отремонтировали подвал храма. 15 мая 1993 г. в Вознесенском соборе прошел церемониал торжественного перезахоронения останков великих людей Дона.

В 2001 году был сделан вывод, что собору было полностью возвращено и восстановлено его главное состояние.



Рис. 4. Оштукатуривание собора

В 2005 году собор был полностью достроен, он представлял собой здание с лучшей современной подсветкой и иллюминацией.

В 2010—2011 году собор вновь обрел облик из золота.

Фотограмметрическая фиксация живописи Вознесенского собора выполнена специалистами ООО «НПП «ФОТОГРАММЕТРИЯ» в период с ноября 2010 г. по апрель 2011 г. с целью подготовки научно-проектной документации к плану его реставрации.

Для фиксации состояния живописи в храме применялась разработка создания ортофотопланов высочайшего разрешения (разработка «НПП Фотограмметрия»).

Применялись данные трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки. Сканирование производилось лазерной сканирующей системой IMAGER 5006 (Z+F, Германия). Фотограмметрическая съемка производилась на фотокамеру Hasselblad H3DII-39 (Швеция) со штатива. При этом для каждого кадра

выставлялось освещение с поддержкой профоснащения компании Broncolor (Швейцария). Всего было создано около 1400 снимков. Впоследствии калибровки снимков и предварительной обработки результатов сканирования были изготовлены цветные ортофотопланы стен. Разрешение полученного материала находится в границах от 1.0 до 2.2 мм/рпх. Всего изготовлено 111 ортофотопланов высочайшего разрешения.

Итоги произведенных работ в соответствии с техническим заданием выдаются в следующем виде:

1. Детальные цветные ортофотопланы стен и плафонов в электронном виде в форматах SPO (трехмерные данные), BMP (двухмерные данные).

2. Уменьшенные графические копии ортофотопланов на фотобумаге в масштабах 1:5 – 1:25.

3. Пояснительная записка

Документация дается Заказчику в 5 экземплярах на бумажном варианте и в электронном.



Рис. 5. Результат лазерного сканирования: черно-белая трехмерная точечная модель собора

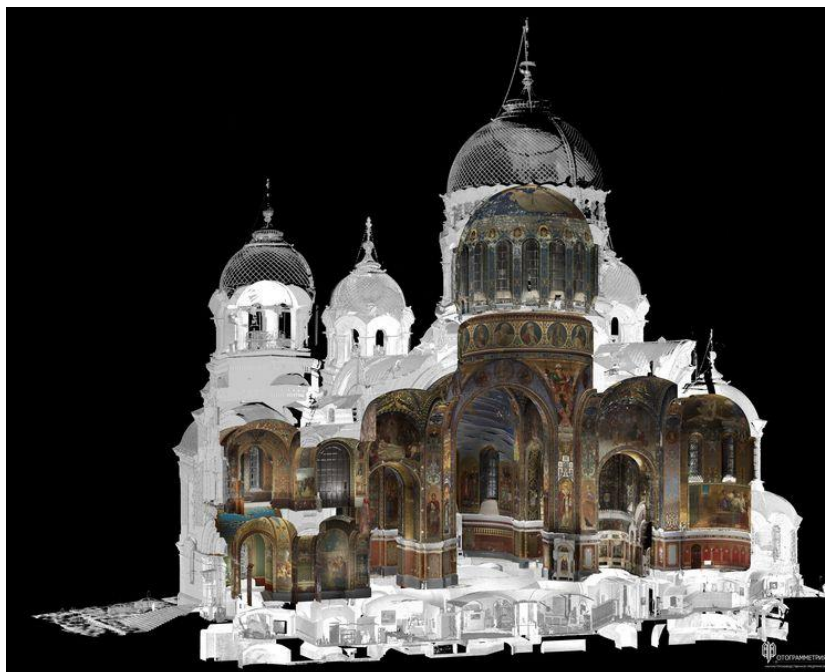


Рис. 6. Результат трехмерного лазерного сканирования и цифровой фотограмметрической съемки- цветной ортофотоплан фасада собора

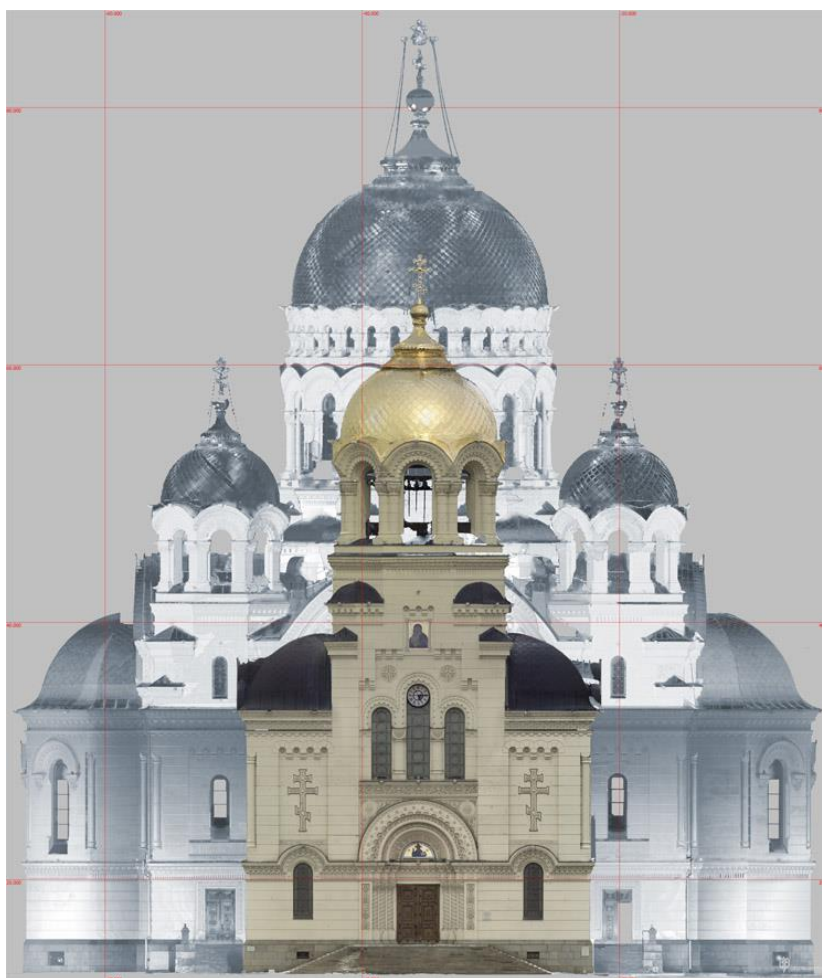


Рис. 7 Конечный результат лазерного сканирования

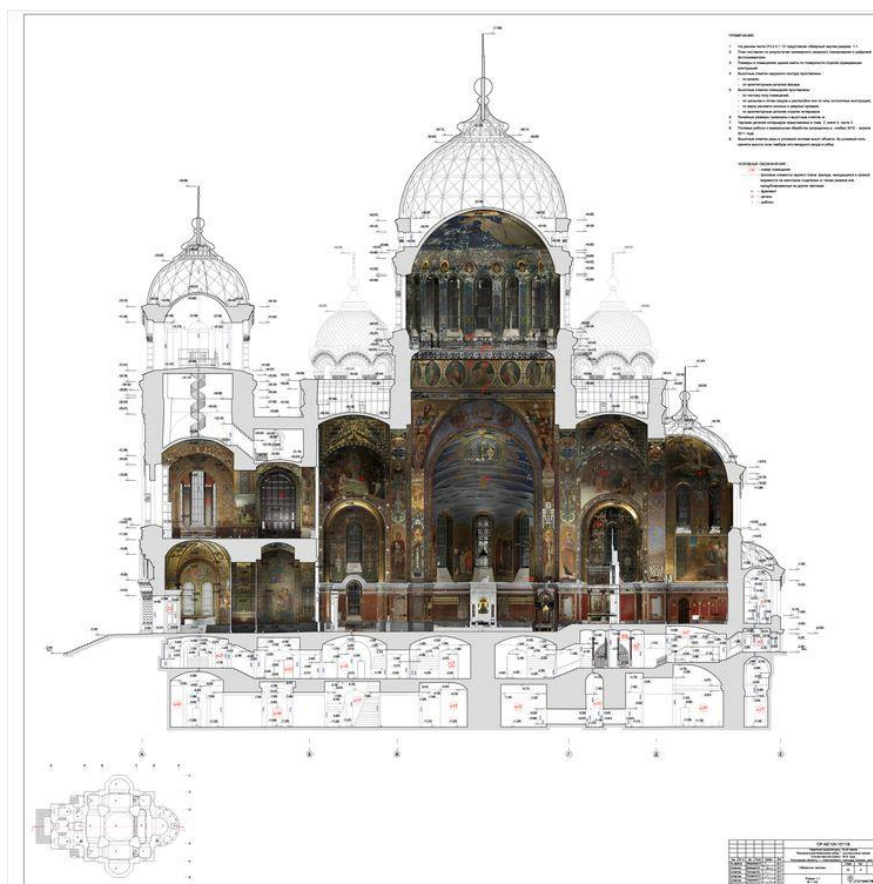


Рис. 8. Конечный результат лазерного сканирования – чертеж

ВЫВОДЫ

В данной статье произведена последовательная хронология Новочеркасского собора, это ярко показывает, что без прошлого нет и будущего. Чувственная, живая связь поколений со временем истончается и неминуемо исчезает, если не остаётся подлинных, физических свидетелей той, давно ушедшей эпохи или конкретного исторического события. Архитектура - это летопись нашей истории, фиксирующая в камне и монументальной живописи её важнейшие страницы, реконструирующая пространство отдельной эпохи. Комиссия установила, что для проведения первоочередных мероприятий по укреплению Вознесенского собора, начинающего крениться с южной стороны (уже на 9 см.), требуется около 80 млрд. руб., а для полного объема реставрационных работ, в т.ч. живописных и золочения — около 500 млрд. руб.

Проблема сохранения историко-культурного наследия в современных условиях приобрела особую актуальность. История — это история людей, и каждый человек — соучастник бытия прошлого, настоящего и будущего; корни человека — в истории и традициях семьи, своего народа. Ощущая свою причастность к истории, мы заботимся о сохранении всего того, что дорого памяти народной.

Историческая преемственность развития культуры, воплощенная в памятниках, церквях,

зданиях, и осознание живой их связи с современностью, являются главными побудительными мотивами общественного движения в защиту культурного наследия. Памятники истории и культуры являются носителями определенного исторического смысла, свидетелями народной судьбы, а значит, служат воспитанию поколений, пресекая национальное беспамятство и обезличивание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Дворец донских атаманов. Прошлое и будущее». Чибисова Светлана Павловна. 2003;
2. История православных храмов Новочеркасска. Чибисова Светлана Павловна;
3. Вознесенский кафедральный войсковой собор: [Ростов-на-Дону, [2002];
4. Кириллов А. А. Новочеркасский Вознесенский Кафедральный Собор;
5. Кириллов А. А. Г. Новочеркасск (1805-1905 г.): Основание Областного Войска Донского города и первоначальная история его;
6. <https://proreligiu.club/hramy/rossiya/voznemenskij-sobor-v-novoчеркасске.html>

REFERENCES

1. "The Palace of the don atamans. The past and the future". Chibisova Svetlana Pavlovna. Two thousand three;

2. History of Orthodox churches in Novocherkassk. Chibisova Svetlana Pavlovna;
3. Voznesensky Cathedral military Cathedral: [Rostov-on-don, [2002];
4. Kirillov A. A. Novocherkassk Ascension Cathedral;

5. Kirillov A. A. G. Novocherkassk (1805-1905): the Foundation of the Regional Army of the don city and its original history;
6. <https://proreligiu.club/hramy/rossiya/voznnesenski-j-sobor-v-novoherkasske.html>

ANALYSIS OF DOME SYSTEMS IN THE SOUTH OF RUSSIA

Lisovenko A.V., Kashina I. V.

Summary. This article shows the development of one of the greatest cathedrals in Russia. On the example of the Voznesensky Military Cathedral in the city of Novocherkassk, an assessment of the historical, cultural, town-planning and architectural value of the Cathedral was carried out. The article contains historical photographs that confirm this significance, as well as show the enormous costs associated with the restoration, but nevertheless it is a necessary part for the Cathedral, since it is the cultural heritage of our country.

Subject of research: Voznesensky Military Cathedral in Novocherkassk.

Materials and method: Method of research and assessment of the state of the Voznesensky Military Cathedral.

Result: estimation of the cost of the Cathedral research.

Conclusion: Implementation and analysis of the assessment of the state of the Voznesensky Military Cathedral.

Key words: Voznesensky Military Cathedral, state assessment, architectural monument.

УДК 624.21

РОЛЬ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПЕШЕХОДНЫХ МОСТОВ В СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКЕ

Сторож А. С., Кашина И.В.

Донской государственный технический университет, 344000: г. Ростов-на-Дону, ул.Социалистическая 162, anastaska_rus@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы, связанные с проектированием и строительством многофункциональных пешеходных мостов. Архитектура мостовых сооружений за время своего развития прошла значительный путь и накопила достаточно много опыта, требующего анализа и обобщения.

Пешеходный многофункциональный мост - это инженерное сооружение, нуждающееся в тщательной проработке концептуального и архитектурно-планировочного решения для обеспечения эргономичности и функционального комфорта, а также органического взаимодействия с окружающей городской застройкой.

Данная статья выявляет причины возникновения многофункциональных пешеходных мостов через призму времени, рассматривает их как составную часть крупного мегаполиса и яркого архитектурного элемента в современной городской застройке. Все выше перечисленное требует внимательного изучения научных исследований по данной теме.

Предмет исследования: многофункциональные пешеходные мосты, как неотъемлемая часть городской среды.

Материалы и методы: при проведении данного исследования были изучены литературные и научные источники. Анализируя полученные данные, были использованы методы аналогии и синтеза.

Результаты: выявлены основные причины и этапы развития многофункционального мостостроения, а также предложена интеграция пешеходного многофункционального моста в план городской застройки Ростова-на-Дону.

Выводы: появившиеся в средневековье пешеходные мосты, наделенные различным функциональным назначением с течением времени, становятся все более актуальными сооружениями, и в условиях современного города являются его неотъемлемой частью.

Ключевые слова: мостостроение, многофункциональный пешеходный мост, архитектура моста.

ВВЕДЕНИЕ

Нарастающая урбанизация городов влечет за собой множество неоднозначных последствий, таких как увеличение плотности застройки и дорожно-транспортных сетей, сокращение рекреационных зон, разрушение концептуальных планировочных городских пространств, исчезновение озелененных территорий и пешеходных аллей. В результате наблюдается стремительный упадок качества окружающей городской среды. Развитие городов в сторону насыщения и уплотнения – необратимый процесс. В данной статье рассматриваются примеры моделей урбанизации и увеличения городской концентрации не только без ущерба качества городской среды, но и с развитием общего уровня благоприятной жизнедеятельности населения.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Мировой опыт проектирования и строительства показывает, что в настоящее время строительство пешеходных мостов с дополнительными функциями различного назначения весьма актуально. Отечественный и зарубежный опыт многофункционального мостостроения

подтверждает рациональность использования пешеходных мостов в качестве дополнительных общественных, торгово-развлекательных и рекреационных зон.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При написании статьи использовались методы научного исследования. Анализ и результаты были сделаны на основе теоретических и практических материалов, касающихся многофункциональных пешеходных мостов, а также перспектив и особенностей их функционального использования, и интеграции подобных уникальных сооружений в современную градостроительную среду. При работе над исследованием применены методы теоретического анализа и синтеза, метод аналогии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Жизнедеятельность человека крайне неотделима и связана со средой, в которой он обитает. В течении многих сотен лет эта среда постоянно изменяется, модифицируется и функционально трансформируется. В современном мире благодаря появлению новых технологий и строительных производств безоговорочно намечаются и

развиваются исключительные методы приспособления и внедрения городской инфраструктуры, а также усовершенствованного использования пространства города.

Понятие «городская среда» подразумевает под собой определенные параметры взаимодействия человека и природы, отсюда следует качество жизни людей. Поддержание высокого уровня благоприятной городской среды является одной из актуальных проблем современности.

Облик современного города и качество его жизнедеятельности в высокой мере имеет зависимость с формированием его инфраструктуры. Комплексный и многофокусный процесс урбанизации приводит не только к увеличению масштабов и концентрации городской застройки, и дорожных путей, но и к истощению озелененных пространств, пешеходных и рекреационных зон. Результатом этих процессов являются глобальные проблемы как для городов, так и для их жителей, а именно: экономические, социальные, градостроительные, транспортные, экологические и многие другие. Вследствие чего качество городской среды оставляет желать лучшего.

Так как процесс урбанизации остановить не возможно, остро встает вопрос о рациональных методах решения данной проблемы. Одним из направлений решения данного вопроса является использование в градостроительном проектировании новейших методов, объединение инновационных технологий и материалов, формирование специально концентрированных территорий в структуре мегаполиса, а именно создание многофункциональных пешеходных мостов. Наличие на больших урбанизированных территориях сооружений, включающих в себя различные функциональные зоны, такие как: пешеходная, велосипедная, общественно-деловая, рекреационная и т.д. позволяет повысить планку комфорта и пространственной устойчивости города, а также решить проблему любого современного города: организации транспортного движения.

В отличие от обычного транспортного моста, выполняющего стандартную давно всем известную функцию преодоления естественных или искусственных препятствий (реки, железные дороги или автострады), многофункциональный

пешеходный мост в свою очередь служит органически связанным пространством между двумя городскими территориями, соединяет их друг с другом за счет формирования общественных зданий и сооружений, расположенных на полотне моста для развития различных социально-экономических отношений. Многофункциональный мост обеспечивает непрерывность в пределах городской структуры, которая одновременно является и социально-экономической, и культурной, и эмоционально – символической.

Архитектурная концепция моста зависит от ряда факторов, таких как, планировочное решение пространства, функциональное зонирование, окружающая застройка, а также место его территориального расположения в плане города.

В различные исторические периоды к определению места расположения мостов подходили совершенно по-разному.

В Средневековье главным параметром расположения моста являлось удобство при обороне, следовательно, мосты устраивали в хорошо защищенном и труднодоступном для врагов месте. Их отличительной особенностью являлся преднамеренно затрудненный въезд: узкая проезжая часть, проходившая между сторожевыми башнями или в воротах крепостной стены, резкие подъемы и повороты в плане и несимметричные планировочные решения.

Так как речные пути имели большое значение в образе жизни и деятельности общества, преобладающее число городов располагалось по берегам рек, в следствии чего вода являлась своеобразным барьером в самом центре населенной территории. Учитывая, что в эпоху средневековья города для обеспечения безопасности были застроены крепостными стенами, земли для застройки нового строительства в значительной степени не хватало. Вследствие этого, с развитием города плотность населения увеличивалась и давление на землю становилось все более насыщенным. Политическая и социально-экономическая ситуация в городах приводила к необходимости эксплуатации земли в центральной части городской территории. Данная ситуация вывела на новое направление в использовании городской застройки, в частности мостов. (рис. 1)

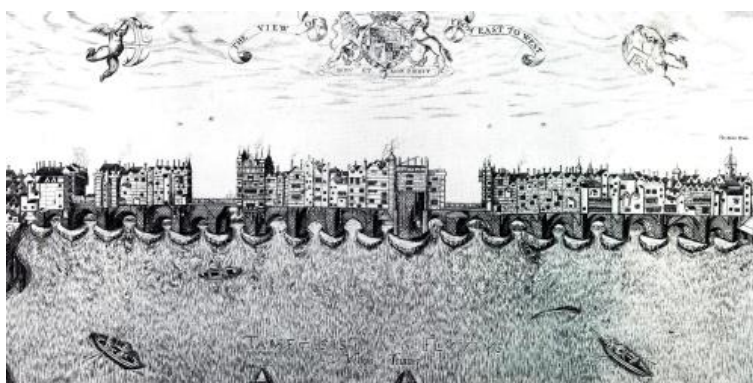


Рис. 1. London Bridge (гравюра, John Norden, 1594 г.)

Являясь единственными местами связи между двумя частями разделенного рекой города, на мостах организовывали главные торговые площади. Таким образом, увеличение плотности населения города приводило к урбанизации городских мостов.

Также в это время и в Европе возникла идея создания многофункционального моста. В Италии архитекторы спроектировали речные переправы, на которых уже начали располагать жилые дома и торговые лавки, а также небольшие производства, такие как мельницы, использовавшие мощность речного потока под ними.

Однако долгое время стопором в развитии мостостроения были ограниченные возможности строительной техники, вследствие чего выбор места для возведения моста был весьма ограничен и в основном зависел от естественных условий территории. В итоге в большинстве случаев окружающее пространство приспособлялось к мосту, таким образом формировалась городская застройка.

Развитие технологий и строительной техники в Европе XVII- XIX вв. заметно оказало влияние на

градостроительное проектирование: расположение мостов выполнялось не только с учетом транспортных путей, но и общего городского ансамбля.

К этому времени было построено уже более ста многофункциональных мостов (из которых на сегодняшний день существует около десяти), и с течением временем эта тенденция продолжала стремительно развиваться.

Стоит заметить, что главным фактором развития большинства многофункциональных мостов того времени была, в основном, коммерция. Зачастую терпели поражение небольшие магазинчики, которым приходилось уступать место все более престижным заведениям, что конкретно показывает случай с Ponte Vecchio во Флоренции (Рис. 2), где мясные лавки были вынуждены отдать территории ювелирным магазинам. Еще подобным примером служит Франция, где королевский приказ 1141 года обязал все операции по обмену денег в Париже сконцентрировать на мосту Pont au Change. (Рис. 3)

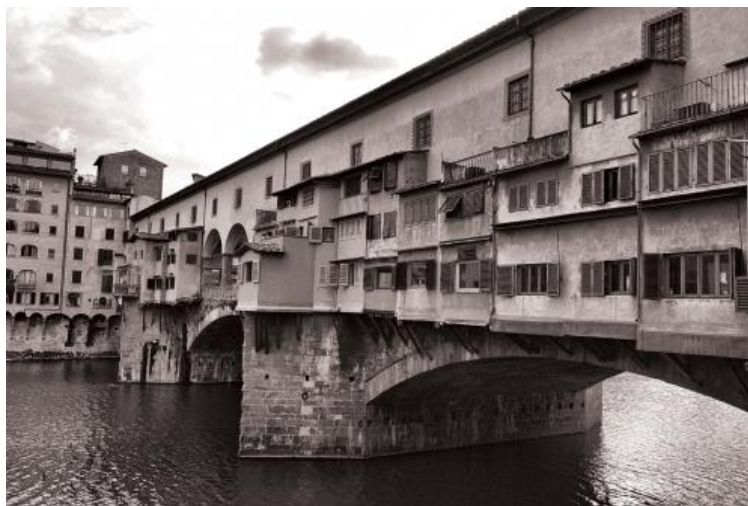


Рис.2. Ponte Vecchio, Флоренция



Рис.3. «Рыцарский поединок лодочников между мостами Pont Notre-Dame и Pont au Change» (Nicolas and Jean – Baptiste Ragueneau, Париж, 1756 г.)

Необходимость постоянно следить за своими товарами побудила торговцев размещать свое жилье рядом с магазинами. Следствием этого являются квартиры, расположенные на втором и третьем этажах над торговыми лавками. К концу XV в. многофункциональные мосты в Европе могли иметь застройку в четыре или пять этажей, напоминая настоящие улицы.

Позже в Венеции и Флоренции наряду с жилыми квартирами на мостах стали организовывать смотровые площадки. Многофункциональные мосты постепенно видоизменялись, становясь все более престижным местом, которое имело помимо коммерческих, промышленных, военных функций общественно-культурное назначение. (Рис. 4)



Рис.4. Jules Saulnier. Шоколадная фабрика на реке Марне (1869-1888 гг.)

Многофункциональные мосты, впервые появившись в средневековой Европе, прекратили свое существование в XIX веке. Причины исчезновения таких мостов различны: города выходили за оборонительные стены, активно начало развиваться судоходство благодаря открытию новых путей в Америку и Индию. Мостовые пролеты необходимо было увеличивать, чтобы многопарусные корабли и баржи могли проходить под ними. Этот этап характеризуется активным поиском новых форм и материалов. С 1779 года в мостостроении стали применять металлические конструкции, а к завершению XVIII века ими уже начали перекрывать пролеты до 60 метров. С развитием железнодорожного и автомобильного движения началось новое направление в мостостроении. Главный акцент при строительстве делался на прочности моста, так как было необходимо выдержать вес груженого поезда или вес проезжающего автотранспорта. Пешеходная функция мостов того времени стала второстепенной и необязательной. Многофункциональные мосты на некоторое время потеряли свою актуальность.

Однако, архитекторы и градостроители не переставали создавать проекты новых и уникальных мостов такого типа.

В Лондоне на мосту Ватерлоо предлагали построить музей с открытым зимним садом и выставкой картин. В маленьком городке Франции Лионе была выдвинута идея построить два моста, расположенных рядом параллельно друг другу и объединить их насыпным островом, на котором бы располагались здания и сооружения общественного назначения.

Наш соотечественник К. Мельников предлагал осуществить восьмипарусный "гаражный" мост через

Сену в Париже, а идеей французского архитектора Ле Карбюзье было воплощение в жизнь огромных мостов-городов для Алжира и Рио-де-Жанейро. На этих мостах предлагалось размещение множества кафе и ресторанов, деловых и торговых центров, выделялась территория для университета, национальной библиотеки и парламента.

Некоторые проекты обрели фантастические масштабы, например, "мега-мост" через Ла-Манш в тридцать этажей или висячий мостов над заливом Сан-Франциско и рекой Гудзон, опорами которому послужили бы небоскребы.

В конце XX - начале XXI вв. с развитием технологий и строительной техники осуществление проектов таких уникальных и неповторимых сооружений, как многофункциональные мосты, стало реальным.

Исходя из опыта зарубежных и отечественных архитекторов и градостроителей, изучения истории возникновения и анализа развития многофункционального мостостроения рассмотрим возможные территориальные участки расположения сооружения данного типа в городе Ростов-на-Дону.

Согласно концепции градостроительного развития в соответствии с общими архитектурно-планировочными решениями проектом внесения изменений в Генеральный план города Ростов-на-Дону предлагаются следующие направления развития системы озеленения города:

- продолжение существующей прогулочной набережной вдоль правого берега реки Дон;
- обустройство парковой территории «Зеленый остров»;
- оборудование спортивно-рекреационной зоны в Левобережном планировочном районе;

В результате развития территории вдоль реки Дон, целесообразным будет размещение многофункционального пешеходного моста между Левобережной зоной и парковой территорией «Зеленый остров». Изучив вышеизложенные территории и перспективы их развития, следует предположить, что данная местность является наиболее благоприятной для размещения многофункционального пешеходного моста, так как дает возможность объединения двух частей города посредством зеленой рекреационной зоны, с благоустроенной общественной территорией, парками, пешеходными и велосипедными дорожками; вертикальными садами, культурно-развлекательными объектами и т.д.

Такое современное архитектурно-градостроительное сооружение гармонично вольется в городскую среду и станет одной из его достопримечательностей, воплощая в себе инновационные и концептуальные идеи дизайна среды и архитектуры.

ВЫВОДЫ

В данной статье были рассмотрены основные факторы, влияющие на развитие многофункционального мостостроения:

- экономический фактор. Объединение пешеходного моста с торгово-развлекательными центрами способствует развитию крупных мегаполисов.

- экономия территории. В условиях нарастающего и неизбежного увеличения плотности населения, и как следствие, застройки территорий, строительство многоуровневых композиций позволяет создать дополнительную площадь для жизнедеятельности населения, повышает индекс компактности городского строительства.

- расширение рекреационных зон. Интеграция многофункционального мостостроения в городскую структуру обеспечивает возможность дополнительного озеленения территорий, что ведет к эффективному повышению качества жизнедеятельности.

А также, был сделан анализ территории в городе Ростов-на-Дону, подходящей для строительства многофункционального пешеходного моста и его интеграции в общую городскую концепцию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Караханян А.Б. Пешеходные мосты современности: тенденции проектирования. Часть 1. Использование бионического подхода // Интернет-журнал 10.

«НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/81TVN215.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/81TVN215

2. Темнов В.Г. Конструктивные системы в природе и строительной технике. Л.: Стройиздат, 1987. 256 с.

3. Bonser R H C. Patented biologically-inspired technological innovations a twenty year view. Journal of Bionic Engineering, 2006, 3, 39–41.

4. Knippers J, Speck T. Design and construction principles in nature and architecture. BioinspirBiomim, 2012, 7, 1–10.

5. Щусев, П.В. Мосты и их архитектура / П.В. Щусев. – Москва: Гос. изд-во лит.по стр-ву и архитектуре, 1952. – 360 с.

6. Болдаков Е.В. Мостовые переходы, М., 1939.

7. Бабуров В.В., Гольденберг П.И., Залеская Л.С. Планировка и застройка городов, М., 1956.

8. Владимиров В.В. Инженерная подготовка территорий поселений / В. В. Владимиров, Г.Н. Давидянц, О.С. Расторгуев, В.Л. Шафран. - М.: Архитектура-С, 2004. -240 с.

9. Кудряшов Н. Люди обживают мосты / Н. Кудряшов. - М: Наука и жизнь. 1998, № 6.

REFERENCES

1. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Karakhanyan A.B. Peshekhodnye mosty sovremennosti: tendentsii proektirovaniya. Chast' 1. Ispol'zovanie bionicheskogo podkhoda // Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE» Tom 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/81TVN215.pdf> (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus., angl. DOI: 10.15862/81TVN215

2. Temnov V.G. Konstruktivnye sistemy v prirode i stroitel'noy tekhnike. L.: Stroyizdat, 1987. 256 s.

3. Bonser R H C. Patented biologically-inspired technological innovations a twenty year view. Journal of Bionic Engineering, 2006, 3, 39–41.

4. Knippers J, Speck T. Design and construction principles in nature and architecture. BioinspirBiomim, 2012, 7, 1–10.

5. Shchusev, P.V. Mosty i ikh arkhitektura / P.V. Shchusev. – Moskva: Gos. izd-vo lit.po str-vu i arkhitekture, 1952. – 360 s.

6. Boldakov E.V. Mostovye perehody, M., 1939.

7. Baburov V.V., Gol'denberg P.I., Zaleskaja L.S. Planirovka i zastrojka gorodov, M., 1956.

8. Vladimirov, V. V. et al. (2004) Engineer preparation of settling territories. Moscow: Arkhitektura-C (In Russian).

9. Kudryashiv, N. (1998) People make the bridges habitable. Science and life. 6 (In Russian).

THE ROLE OF MULTIFUNCTIONAL PEDESTRIAN BRIDGES IN MODERN URBAN DEVELOPMENT

Storozh A.S., Kashina I. V.

Don State Technical University (DSTU),

344000, Southern Federal District, Rostov Region, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1, anastaska_rus@mail.ru

Abstract. The article addresses issues related to the design and construction of multifunctional pedestrian bridges. The architecture of bridge structures has gone a long way during its development and has gained quite a lot of experience that requires analysis and generalization.

A pedestrian multifunctional bridge is an engineering structure that needs careful development of a conceptual and architectural-planning solution to ensure ergonomics and functional comfort, as well as organic interaction with the surrounding urban development.

This article identifies the reasons for the emergence of multifunctional pedestrian bridges through the prism of time, considers them as part of a large metropolis and a bright architectural element in urban development. All of the above requires careful study of scientific research on this topic.

Subject: multifunctional pedestrian bridges, as an integral part of the urban environment.

Materials and methods: literary and scientific sources were studied during this study. By analyzing the obtained data, analogy and synthesis methods were used.

Results: the main reasons and stages of development of multifunctional bridge structure are identified, as well as the integration of pedestrian multifunctional bridge into the plan of urban development of Rostov-on-Don is proposed.

Conclusions: pedestrian bridges, which appeared in the Middle Ages, with different functional purposes become more and more relevant structures over time, and in the conditions of the modern city are an integral part of it.

Key words: bridge building, multipurpose pedestrian bridge, architecture of the bridge.

УДК

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭТИЛЕН-ТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА (ЭТФЭ) В ПОКРЫТИЯХ БОЛЬШЕПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Кашина И.В., Киселев И.М., Евлахова Е.Ю.

Донской государственный технический университет (ДГТУ),
344000, ЮФО, Ростовская область, г.Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1
E-mail: igorek_kiselev@list.ru

Аннотация: Статья носит информационный характер. Рассматривается новый полимерный материал этилен-тетрафторэтилен (ЭТФЭ). Описываются все свойства этого материала. Обращается особое внимание на свойства, полезные для строительства, а именно для покрытий большепролетных сооружений. Поднимается проблема применения этого материала в Российской Федерации. Детально анализируются конструкции легких покрытий, в которых возможно использование исследуемого материала. Изучается опыт современного отечественного и зарубежного строительства зданий и сооружений с использованием ЭТФЭ. Обосновывается эстетическая, экологическая и экономическая целесообразность применения изучаемого материала на примере сравнения с использованием для этих же целей стекла. Рассматриваются функциональные назначения зданий и сооружений с применением легких конструкций, покрытых ЭТФЭ. Сделан вывод о необходимости внедрения в широкую практику строительства как в Российской Федерации, так и за рубежом изучаемого материала и конструкций для его применения. Предложены новые варианты использования материала.

Предмет исследования: Покрытия большепролетных зданий и сооружений, этилен-тетрафторэтилен. Проблема использования в Российской Федерации – климат в большей ее части, поскольку недостатком ЭТФЭ является трудность монтажа в холодное время года.

Материалы и методы: При проведении данного исследования были изучены публикации зарубежных авторов, литературные и научные источники, а также нормативная база Российской Федерации, некоторые Европейские нормативные документы. Используются методы анализа и синтеза, дедукции и сравнения.

Результаты: Изучены свойства нового полимера ЭТФЭ, рассмотрены варианты его применения в строительстве, предложены новые варианты его применения. Выполнено сравнение с другими материалами, применяемыми в конструкциях легких покрытий, в частности стекло, сделан вывод об эстетической, экономической и экологической эффективности применения ЭТФЭ.

Выводы: Данная статья может быть полезна для преподавателей и учащихся по направлению 08.04.01 «Строительство», практикующих проектировщиков, архитекторов и инженерам по экологической безопасности

Ключевые слова: Легкое покрытие, уникальный, этилен-тетрафторэтилен (ЭТФЭ), подушка, светопропускаемость, медиа-фасад.

ВВЕДЕНИЕ

Двадцатый век – век новых технологий, новых материалов. Обустраивается быт, наука стремится улучшить условия жизнедеятельности человека. В то же время человечество начинает осознавать масштабы изменений, вносимых в природу, и последствия, к которым ведут эти изменения. Как результат всего этого возникают новые требования к зданиям и сооружениям, например, экологичность. Поскольку экологически чистые природные материалы не удовлетворяют современных архитекторов, так как они не в «моде», не соответствуют «зеленым» стандартам и внешний вид зданий получается традиционный, ученым приходится ежедневно работать над получением

новых искусственных материалов, которые удовлетворяли бы всем требованиям проектировщиков, экологов, экономистов и архитекторов.

Сегодня человечеству требуются материалы, выдерживающих большие перепады температур не теряя при этом изолирующие способности и прочности. А архитекторы настаивают на том, чтобы солнечный свет максимально проникал здание или сооружение. Ведь витамин D так необходимый для костей человека вырабатывается только при ультрафиолете. Или как помочь людям в городе, где почти круглый год зима, а они тоже хотят позагорать, погреться на солнышке?

Именно этим вопросам и посвящена статья.

Цель исследования: изучить применение материала ЭТФЭ в покрытиях большепролетных

зданий и сооружений, предложить доступные методы применения данного материала при строительстве более простых объектов.

Задачи исследования: во-первых, показать примеры применения материала ЭТФЭ в конструкциях покрытий, во-вторых, рассмотреть проблемы, связанные с применением материала, в-третьих, сравнить эстетическую, экологическую и экономическую эффективность применения ЭТФЭ.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

При поиске публикаций по теме исследований, выяснилось, что таких публикаций крайне мало. Все что известно – это результаты испытаний компании производителя, описание свойств материала в европейском стандарте ISO. Сегодня основные исследования направлены на изучения тех свойств, которые материал теряет при монтаже в холодное время года. Основной вопрос – каким методом выполнять монтаж конструкций, чтобы эти свойства не терялись.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Прорыв в области полимерных материалов произошел в 1972 году, благодаря американской химической компании «DuPont». Как часть военной промышленности США, компания получала огромное финансирование от государства. Основной задачей было искать и изучать новые материалы. И вот в 1972 году ученые компании получили сополимер этилена и тетрафторэтилена – этилен-тетрафторэтилен (ЭТФЭ). На первый взгляд это была обычная пленка ни чем не отличающаяся от пищевой полиэтиленовой. Но исследования показали, что материал обладает уникальной комбинацией свойств, которые он получил от своих «прародителей» этилена и тефлона. ЭТФЭ сразу же нашел применение в авиастроении и космонавтике.

В 1996 году архитектор Николас Гримшоу (Nicholas Grimshaw) предложил воплотить в жизнь идею Ричарда Фуллера о строительстве геодезического купола, под которым будет организован специальный микроклимат. Это был ботанический сад «Eden Project» в графстве Корнуолл, Великобритания. Для превращения идеи в жизнь нужен был новый материал, который мог бы пропускать солнечную радиацию, так как традиционное стекло ее не пропускает. А ультрафиолет так необходим для жизнедеятельности растений, в частности для фотосинтеза. На помощь пришли ученые компании «DuPont», как оказалось полученный ими материал ЭТФЭ как раз подходит для этого проекта. Такой интеграции материала в строительство послужили личные качества архитектора: его нетрадиционный подход к архитектуре позволил ему рисковать, использовать то, что раньше никто не использовал. Здания и сооружения, построенные Гримшоу поражают своей экстравагантностью. Большинство из них выполнены с использованием ЭТФЭ [1]. К слову, в 2019 году архитектор номинирован на получение золотой медали RIBA [2].

В строительстве материал применяется в виде многослойных подушек в которые под давлением подается воздух. Этим достигается красивый внешний вид, теплоизоляция, а также возможность регулировать светопропускание.

Свойства материала ЭТФЭ, полезные для строительства:

Во-первых, малый вес. 1 квадратный метр трехслойной подушки из ЭТФЭ весит 2 – 3 кг, то есть, примерно, в 100 раз меньше, чем 1 квадратный метр эквивалентного структурного остекления. Это дает возможность уменьшить количество несущих элементов, уменьшить громоздкость сооружения, придав ему «легкость» и эстетичность архитектурных форм. А так же облегчает монтаж, повышая его скорость и безопасность.



Рис. 1. Пример легкости и эстетики архитектурных форм: фасад и покрытие перехода на вокзале

Fig. 1. An example of the lightness and aesthetics of architectural forms: the facade and the cover of the transition at the station

Во-вторых, пожаробезопасность. Пленка ЭТФЭ относится к группе горючести Г1, не распространяет горение и не образует капель расплава. При пожаре в мембране образуются большие отверстия, через которые продукты горения улетучиваются, а температура в зоне горения резко уменьшается, что не позволяет огню распространиться дальше. Иногда в больших конструкциях (атриумах, куполах и т.п.) специально под пленкой прокладываются электрические греющие провода, которые в случае пожара или при срабатывании специальной сигнализации нагреваются и разрезают мембрану для пожаротушения.

В-третьих, материал хорошо работает в широком диапазоне температур. Мембранные системы из ЭТФЭ успешно эксплуатируются как в условиях экстремально жаркого климата пустыни, так и в условиях экстремально холодного климата Арктики и Антарктиды. Пленка сохраняет эластичность от -100 до +200 градусов по Цельсию. Конечно, скорость восстановления в первоначальный вид замедляется с понижением температуры, но все-таки это свойство очень полезно в строительстве. [3]

В-четвертых, пленка долговечна. Календарный срок эксплуатации – более 50 лет. Долговечность достигается тем, что пленка всегда напряжена, растянута воздухом, а также эластичным соединением пленок между собой. Для сравнения, срок эксплуатации уплотненного оконного

стеклопакета на резиновых прокладках ограничен 10 – 15 годами.

В-пятых, материал обладает стойкостью к химической коррозии, к воздействию ультрафиолета. Пленка ЭТФЭ инертна к кислотным, щелочным и другим агрессивным средам, в том числе к кислотным осадкам. Это позволяет использовать материал как в городских условиях, так и в промышленных зонах. Опять же, благодаря инертности, полимер не разрушается в ультрафиолетовом диапазоне волн, несмотря на толщину пленки 50 – 300 мк.

В-шестых, пленка само очищается. Это свойство пришло из тефлона, к которому ничего не прилипает. Материал ЭТФЭ не имеет микропор, что увеличивает гладкость поверхности и снижает адгезионные свойства. Временно осаждающиеся частицы смываются дождем или сдуваются ветром. [4]

И последнее свойство, на которое стоит обратить внимание, это – широкий спектр архитектурных и инженерных решений для современных зданий и сооружений. Обеспечивается неограниченными возможностями моделирования и комбинирования криволинейных форм эластичной оболочки — пленки ЭТФЭ. Форма может быть выпуклой, вогнутой, асимметричной, в том числе — составной криволинейной поверхностью, может иметь либо не иметь вспомогательные силовые элементы (балочные, арочные, стержневые, ферменные, тросовые, сеточные и т. п.).



Рис. 2. Пекинский национальный плавательный комплекс «Водяной куб», Китай.

Fig. 2. Beijing national swimming complex "Water cube", China.

Все эти свойства дали материалу широкое применение в строительстве. Особенно в области строительства высотных и большепролетных зданий и сооружений.

Варианты строительных конструкций

Использование ЭТФЭ в строительных конструкциях дает возможность архитекторам и

дизайнерам придумать необычные и, что очень важно, эффектные сооружения. Конструкции могут быть однослойными и многослойными. Различные кровли, навесы, козырьки, зонтики и другие оригинальные сооружения организуются с помощью однослойных конструкций



Рис. 3. Навес из ЭТФЭ

Fig. 3. The canopy of ETFE

Существует и многослойный вариант конструкций. В этом случае система выполняется из мембран-подушек, обрамленных металлическим профилем, чаще всего алюминиевым, и закрепляемых на легкой несущей конструкции покрытия или фасада. Каждая подушка подключается к компрессору, который поддерживает определенное давление воздуха в ней. Воздух внутри подушки обеспечивает необходимую теплоизоляцию, а также внешний вид покрытия. В районах с повышенной сейсмической активностью, с высокими ветровыми и снеговыми нагрузками как нельзя лучше подходит технология многослойной мембраны. Поскольку материал очень деформативен – степень деформации 200-300%, а воздух между слоями пленки, сжимаясь, перераспределяет кратковременные нагрузки в более равномерные, что уменьшает суммарную нагрузку на несущие элементы покрытия и всего здания. Это дает возможность проектировать, например, большепролетные сооружения, в которых, по всем канонам современного строительства, большинство элементов покрытия находятся в растянутом состоянии, геодезические купола, открывающиеся вентиляционные проемы без перерасхода материалов на запас прочности. Конструкции получаются экономически выгодными, а риск деформации и обрушения несущих элементов отсутствует. При этом внешний вид сооружений вызывает восхищение своей экстравагантностью, легкостью и эстетичностью.

Этилен-тетрафторэтилен, в отличие от стекла, абсолютно пропускает ультрафиолетовое излучение солнца, что позволяет использовать материал в конструкциях оранжерей, ботанических и зимних садов, аквапарков и других подобных объектов. На слои подушки возможно нанесение затемняющего или солнцезащитного принта. Например, при пректировании кровли штаб-квартиры компании «FESTO» использовали технологию интеллектуальной системы полезного использования солнечной энергии. Кровля выполнена из трехслойных подушек ЭТФЭ. На внешний и средний слои пневмолинзы были нанесены затемняющие принты со сдвигом в пол периода. Компрессор подключен к компьютеру и к датчикам освещенности. С помощью изменения давления в камерах подушки средний слой перемещается относительно внешнего, приближаясь к нему, либо удаляясь от него. Этим самым достигается эффект «жалюзи». При положении среднего слоя максимально близко к верхнему – помещение наиболее затемнено, а если максимально далеко от него, то – наиболее освещено.

На верхний слой пленки возможно напыление фотогальванических элементов, позволяющих получить из солнечной радиации электрическую энергию. Такая возможность изучена и применена в системе «Texlon Solar». Таким образом покрытие может обеспечить само себя электроэнергией, что очень удобно, например, если конструкция запроектирована как медиа фасад.

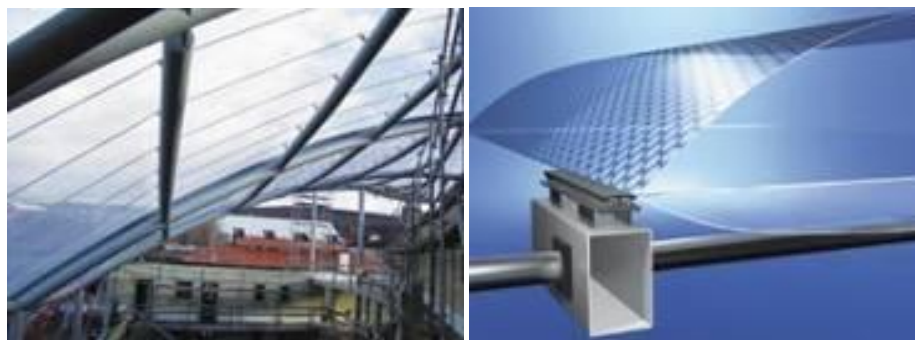


Рис. 4. Конструкция навеса из ЭТФЭ: а) металлический каркас; б) крепление подушки ЭТФЭ к каркасу

Fig. 4. ETFE canopy design: a) metal frame; b) fixing the ETFE cushion to the frame

Подушки ЭТФЭ – акустически мягкий материал, поглощающий шумы и снижающий реверберацию. Такое свойство дает преимущество пневмолинзам перед акустически твердыми материалами. Особенно в конструкциях зданий и сооружений в форме купола, конуса и т.п.

Возможностей применения многослойных подушек огромное количество. Ограничения лишь в фантазии дизайнера и профессионализме проектировщика. Однако в силу большого количества задач, требующих решения при проектировании, производстве и монтаже пневмолинз сегодня проектированием и строительством зданий с применением мембранных конструкций занимаются всего несколько огромных компаний. Поэтому их чаще всего используют в уникальных зданиях, где нужно показать возможности заказчика, его современность и оригинальность. В силу этих причин, каждое здание или сооружение, попадающее под понятие уникальное, в процессе проектирования и строительства подвергается натурным испытаниям, чтобы соответствовать требованиям прочности, жесткости, устойчивости и другим. [5]

Примеры объектов

«Альянс Арена». Мюнхен, Германия.

Один из самых известных футбольных стадионов в континентальной Европе – «Альянс Арена» в Мюнхене. Сооружение было сдано в эксплуатацию в 2005 г. Необычный фасад стадиона напоминает летающую тарелку НЛО. Такое сходство было продумано и запроектировано архитекторами Херцогом (Herzog) и Мауроном (de Meuron). Основным материалом фасада и его визитной карточкой стали 2760 ромбовидных пневмолинз из ЭТФЭ. Площадь покрытия составила 66 тысяч квадратных метров. Подушки освещены люминесцентными трубками, размещенными за «линзами». Цвет подсветки может быть красным, белым или голубым. Насыщенность источников света дает возможность с огромного расстояния увидеть стадион (до 75 км) и получить эстетическое удовольствие. Гениальность заключается в том, что фасад днем «заряжается» светом от солнца и это позволяет экономить на электричестве.

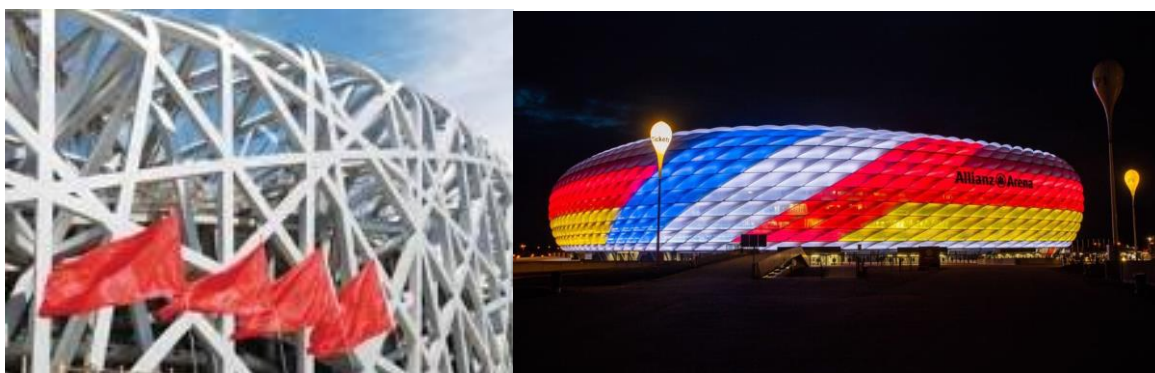


Рис. 5. «Альянс Арена» Мюнхен, Германия: а) конструкция фасада; б) вид готового фасада

Fig. 5. Allianz Arena Munich, Germany: a) facade design; b) view of the finished facade

Водяной куб». Пекин, Китай.

В Китае в целях проведения олимпиады в 2008 году построили множество олимпийских объектов. Один из них – Национальный плавательный центр в Пекине получил название «Водяной куб» за свой внешний вид. Своим обликом сооружение обязано ЭТФЭ. Фасад «куба» состоит из 3000 голубых «пузырей» самых разных размеров и причудливых форм. Длина фасада 170 метров, высота – 30 метров. Площадь поверхности подушек различна, но самые большие из них достигают 70 квадратных метров. Архитекторы Австралийской компании PTW совместили естественную беспорядочность кипящих пузырьков и математическую точность с надежностью каждой пневмолинзы. Оболочка «Водяного куба» очень практична – она поглощает и перерабатывает до 90% солнечной тепловой и ультрафиолетовой радиации, используя ее для отплевания, подогрева воды в бассейнах и других нужд здания. (См. рис. 2.) [6]

«Хан шатыр». Нур-Султан, Казахстан.

Самый большой шатер в мире находится в столице Казахстана Нур-Султане. Несмотря на задержки по срокам, построен достаточно быстро и открыт 6 июля 2010.

Задержки были обусловлены климатическими условиями Казахстана и расположением города вдали от транспортных магистралей.

Общая площадь сооружения – 127 тысяч квадратных метров. В помещении находятся различные рознично-торговые и развлекательные комплексы. Среди них супермаркеты, семейный парк, кафе и рестораны, кинотеатры, спортивные залы, аквапарк с искусственным пляжем и бассейны с эффектом волн, служебные и офисные помещения, паркинг на 700 мест и многое другое. Но туристов туда привлекает пляжный курорт с тропическим климатом, растениями и температурой +35 градусов

круглый год, расположенный на самом верхнем этаже. Такое стало возможным, благодаря свойству ЭТФЭ пропускать ультрафиолетовое излучение, то есть на пляже можно получить естественный загар, а воздух в подушках сохраняет тепло.

Идея и проект сооружения принадлежит архитектору Норману Фостеру.

Здание представляет собой гигантский шатер высотой 150 м (шпиль), сконструированный из сети стальных вант, на которых закреплено прозрачное полимерное покрытие ЭТФЭ. Именно шпиль вызвал некоторые задержки в строительстве, поскольку предполагалось собирать его в проектном положении, однако это было невозможно из-за отсутствия необходимого крана. Поэтому было предложено собрать шпиль на земле, а потом с помощью тросовых домкратов и шарнирного механизма поднять его в проектное положение. Установка несущих тросов покрытия и монтаж подушек ЭТФЭ также вызвали задержку. До этого никто и никогда не монтировал их в зимнее время. А при температуре ниже нуля градусов, эластичность подушек снижается, а время монтажа увеличивается с 10 минут до 2-3 часов, а также существует риск, что материал потрескается или порвется. Именно на этом объекте рискнули и смонтировали покрытие несмотря на погоду, установив на практике было установлено, что материал сохраняет целостность и свойства, а только увеличивается время и трудоемкость установки подушек в проектное положение. Благодаря особому химическому составу, этилен-тетрафторэтилен защищает внутреннее пространство комплекса от резких температурных перепадов и создает комфортный микроклимат внутри комплекса. Причем этот микроклимат можно регулировать и контролировать, достигая при этом любого климата – от экваториального до умеренно-континентального и даже арктического, если необходимо.



Рис. 6. «Хан Шатыр» Нур-Султан, Казахстан. Медиа подсветка

Fig. 6. "Khan Shatyr" Nur-Sultan, Kazakhstan. Media backlight

ВЫВОДЫ

Значительное продвижение мембранных технологий привело к тому, что мембраны стали хлебом строительства наравне с такими материалами как камень, дерево, бетон и стекло. Сегодня основные силы строителей-проектировщиков направлены на создание мембранных покрытий, которые могли бы в течение длительного времени обладать полноценными тепло- и звукоизоляционными свойствами. Мембрана должна быть многослойной и аккумулировать солнечную энергию в энергию, полезную для здания или сооружения. Изучаемый материал – пленка из этилен-тетрафторэтилена соответствует требованиям экологов, экономистов, архитекторов, дизайнеров и проектировщиков, что позволяет с полной уверенностью заявить о большом будущем этого полимера.

Материал ЭТФЭ позволяет эффективно и достаточно недорого решить многие проблемы, связанные с проектированием и строительством современных зданий и сооружений. Стоимость многослойных мембранных конструкций колеблется в пределах от 400 до 3800 евро за 1 метр квадратный.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет источник: <https://www.transcoolpolymers.ru/fluoropolymers/etfe> TRANSCOOL специальные полимеры. Дата обращения: 01.12.2019.
2. O. Wainwright. Architect Nicholas Grimshaw wins RIBA gold medal. The Guardian, 2018, № от 28 сентября // O. Wainwright

3. Интернет источник: https://nomitech.ru/articles-and-blog/svoystva_etfe Свойства ЭТФЭ. Дата обращения: 10.12.2019.

4. ISO 20568-1:2017 Plastics - Fluoropolymer dispersions and moulding and extrusion materials - Part 1: Designation system and basis for specifications

5. Мороз А.А. Преимущества новейшего полимерного материала — пленки ЭТФЭ. Евростройпрофи, 2015 г., № от 28 мая, с. 2-4 // А. А. Мороз.

6. Мороз А.А. Мягкая сила. Мембранные технологии в архитектуре и строительстве. Современная архитектура, 2015 г., № от 8 июня, с. 130-139// А.А. Мороз

REFERENCES

1. Internet source: <https://www.transcoolpolymers.ru/fluoropolymers/etfe> TRANSCOOL special polymers. Date of appeal: 12/01/2019. (In Russian)

2. O. Wainwright. Architect Nicholas Grimshaw wins RIBA gold medal. The Guardian, 2018, No. 28 of September // O. Wainwright

3. Internet source: https://nomitech.ru/articles-and-blog/svoystva_etfe Properties of ETFE. Date of appeal: 12/10/2019. (In Russian)

4. ISO 20568-1:2017 Plastics - Fluoropolymer dispersions and moulding and extrusion materials - Part 1: Designation system and basis for specifications

5. Moroz A.A. Advantages of the latest polymer material - ETFE films. Eurostroprofi, 2015, No. 28 of May, p. 2-4 // A.A. Moroz. (In Russian)

6. Moroz A.A. Soft power. Membrane technologies in architecture and construction. Modern architecture, 2015, No. 8 of June, p. 130-139 // A.A. Moroz. (In Russian)

USE OF ETHYLENE-TETRAFLUOROETHYLENE (ETFE) IN COVERINGS OF LARGE-SPAN BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

I.V. Kashina, I.M. Kiselev, E.Y. Yevlakhova

Summary: The article is for informational purposes. A new polymer material, ethylene-tetrafluoroethylene (ETFE), is being considered. All the properties of this material are described. Particular attention is paid to properties useful for construction, namely, for coatings of large-span structures. The problem of using this material in the Russian Federation is being raised. The structures of light coatings in which the use of the test material is possible are analyzed in detail. The experience of modern domestic and foreign construction of buildings and structures using ETFE is studied. The aesthetic, environmental and economic feasibility of using the studied material is substantiated by the example of comparison using glass for the same purposes. The functional purposes of buildings and structures using light structures covered with ETFE are considered. It is concluded that it is necessary to introduce the studied material and structures for its use into the wide practice of construction both in the Russian Federation and abroad. New options for using the material are proposed.

Subject: Covers of large-span buildings and structures, ethylene-tetrafluoroethylene. The problem of use in the Russian Federation is the climate in most of it, since the disadvantage of ETFE is the difficulty of installation in the cold season.

Materials and methods: During this study, publications of foreign authors, literary and scientific sources, as well as the regulatory framework of the Russian Federation, and some European regulatory documents were studied. The methods of analysis and synthesis, deduction and comparison are used.

Results: The properties of the new ETFE polymer were studied, options for its use in construction were considered, new options for its application were proposed. A comparison is made with other materials used in the construction of light coatings, in particular glass, a conclusion is drawn on the aesthetic, economic and environmental efficiency of using ETFE.

Conclusions: This article may be useful for teachers and students in the direction 04/08/01 "Construction", practicing designers, architects and environmental safety engineers.

Key words: Lightweight coating, unique, ethylene tetrafluoroethylene (ETFE), pillow, light transparency, media facade.

Раздел 2. Строительство

УДК 69.003.12

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭРГОНОМИЧНОСТИ УСТРОЙСТВА КАМЕННОГО ЗАПОЛНЕНИЯ КАРКАСОВ ИЗ МЕЛКИХ БЛОКОВ НА КЛЕЮ

Леоненко К.А., Шаленный В.Т.

^{1,2} Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение), Симферополь, ул. Киевская, 184, 295050, Россия

Аннотация. В статье рассмотрены доступные решения по устройству заполнения каркаса из мелких стеновых блоков. Проведена апробация при устройстве стен на конкретном объекте - усадебном жилом доме в с. Пионерское Республики Крым. При этом были запроектированы и реализовались на практике четыре решения по заполнению каркасов: из кирпичей на цементно-песчаном растворе, из известняковых блоков (ракушечника) на растворе, из газобетонных блоков на растворе и таких же блоков на клей-пене. Порядок выполнения строительных операций был выстроен с учетом критерия Сеченова. Проведен сравнительный анализ с учетом критерия эргономических показателей. На его основании предложена более рациональная, с точки зрения тяжести труда рабочих-строителей, технология. В результате удалось установить зависимости конкурентных показателей строителей от тяжести труда, что в итоге привело к повышению их работоспособности и снижению уровня производственного травматизма. Такой результат получен путем обработки данных киносъёмки, хронометража, а также физиологического состояния рабочих-строителей, что подтверждает целесообразность использования клей-пены, как наиболее эргономичного решения для обеспечения монолитности в рядах кладки из мелких блоков.

Предмет исследования: предметом исследования являются взаимосвязи между тяжестью труда рабочих-строителей и классическими показателями эффективности строительства: трудоёмкостью и себестоимостью. В основе работы лежит гипотеза, что, снижая первое, получится добиться повышения эффективности последних.

Материалы и методы: проанализировав литературные источники и научно-производственный опыт их использования, мы пришли к выводу, что самой полноценной для оценки тяжести труда рабочих-строителей будет интегральная балльная оценка тяжести труда (эргономическая), а вспомогательной к ней будет выступать опирающаяся на фактическую ЧСС (частоту сердечных сокращений) и конвертируемая в тяжесть труда по формуле профессора Травина.

Результаты: лучшими оказались работы по тонкошовной кладке из газобетона, где интегральный показатель тяжести (4,93) и показатель тяжести, вычисленный по методике учёта энергозатрат на основе частоты сердечных сокращений рабочих (152,88 ккал/час.), а работы в целом уже следует отнести к работам средней тяжести. Другими, сопутствующими положительными факторами следует признать при этом снижение постройной трудоёмкости, повышение производительности труда и снижение уровня производственного травматизма на 44%. При этом наиболее экономически эффективной оказалась технология заполнения из местного материала: известняковых блоков, стоимость которых значительно ниже ячеистобетонных.

Выводы: выбраны и адаптированы под строительную отрасль наиболее рациональные способы оценки тяжести труда рабочих-строителей на основании количественной оценки наиболее актуальных технологий производства работ по заполнению каркасов. Установлена взаимосвязь между тяжестью труда, сроками возведения объекта и себестоимостью строительства объекта, а в результате снижения первой удалось добиться снижения последних.

Ключевые слова: энергоэффективность; тяжесть труда; методы оценки энергозатрат и тяжести труда; эргономика; кирпич; газобетон; заполнение каркасов.

ВВЕДЕНИЕ

На территории Республики Крым, по причине высокой сейсмичности района строительства, наибольшее распространение получили монолитные железобетонные каркасные конструктивные системы за счёт своей повышенной жёсткости и простоте производства железобетонных работ в разборно-переставных индустриальных опалубочных системах [1] непосредственно на строительной площадке. При этом наиболее экономически эффективным для наружных конструкций каркасных зданий выступает заполнение пространства каркасов мелкими стеновыми блоками. Наибольшее распространение в Крыму получили известняковые блоки за счёт своей низкой стоимости и

газобетонное заполнение за счёт своей высокой производительности [2].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее приоритетным в сфере кладки из газобетонных блоков выступает направление развития клеевых смесей, по причине расширения возможностей по «тонкошовной кладке», что повышает как теплоизоляционные, так и прочностные характеристики [3, 4]. Многие исследования показывают, что клей-пена Makroflex хорошо себя зарекомендовала и является одним из лидеров в этой области. Makroflex пена – это однокомпонентная полиуретановая монтажная пена в аэрозольных баллонах для крепления строительных материалов [5].

Применение подобных технологий, по сравнению с наиболее распространёнными технологиями с использованием цементно-песчаного раствора, ведёт как к снижению построечной трудоёмкости, так и тяжести труда рабочих-строителей, как эргономического показателя современных строительных процессов [6]. Выдвинув такую **рабочую гипотезу**, в настоящей научно-прикладной работе поставлены **задачи** и произведена сравнительная оценка тяжести труда рабочих-строителей для обоснования целесообразности выбора и совершенствования технологии устройства заполнения каркасов из мелких стеновых блоков **целью** повышения эффективности эргономического показателя.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Объект исследования

Проанализировав литературные источники и научно-производственный опыт их использования, мы пришли к выводу, что самой полноценной для оценки тяжести труда рабочих-строителей будет интегральная балльная оценка тяжести труда (эргономическая), а вспомогательной к ней будет выступать опирающаяся на фактическую ЧСС (частоту сердечных сокращений) и конвертируемая в тяжесть труда по формуле профессора Травина методика [7]. Такие методы исследований мы решили применить в том числе для сравнительной оценки тяжести труда строительства при устройстве заполнения из мелких блоков на конкретном объекте - усадебном жилом доме в с. Пионерское Республики Крым. При этом были запроектированы и реализовались на практике четыре различные системы устройства наружных ограждающих конструкций:

- 1) из кирпичей на цементно-песчаном растворе;
- 2) из блоков известняковых (ракушечник) на цементно-песчаном растворе;
- 3) из ячеистого бетона (газобетона) на цементно-песчаном растворе;
- 4) из ячеистого бетона (газобетона) на полиуретановом клее (клей-пене).

1.2 Методы исследования

Методы исследования описаны в статье «Justification of Energy-Saving Technology of Prefabricated Monolithic Slabs of Limestone Blocks» [8] и в расширенном виде представлены в статье «Разработка технологии устройства сборно-монолитных железобетонных перекрытий из Крымского ракушечника на основе оценки тяжести труда рабочих-строителей» [9]. Результат использования приведенных там методом применительно к заполнению каркасов представлен в этой статье.

Технологический порядок операций был выстроен с учетом критерия Сеченова, признаком которого является то, что при смене вида деятельности к состоянию возбуждения приходят другие нервные клетки, а у тех, кто участвовали в операции, возбуждение сменяется торможением, что обеспечивает эффект активного отдыха [10], с учетом динамики работоспособности рабочих-строителей [11].

1.3 Аппаратурное обеспечение производственного эксперимента

Для получения количественной информации для расчётов по представленным методикам производилась видеосъемка двумя камерами: одна из камер, Sony Handycam CX625, устанавливалась на штатив и фиксировала общий технологический процесс, на основании ее данных были вычислены значения общей динамической нагрузки, времени перемещения рабочих и прочие аналогичные; вторая камера, GoPro Hero 7, крепились непосредственно к грудной клетке рабочего, выполняющего технологические операции и, на основании ее данных, были вычислены значения региональных динамических нагрузок, монотонности операций и прочие аналогичные. Частота сердечных сокращений работников фиксировалась при помощи датчика на запястье (Garmin Vivomove HR) и датчика на грудь (Garmin HRM Run) с передачей, регистрацией и обработкой данных на персональном компьютере. Кроме того, технологический процесс делился на операции хронометрически: отрезки фиксировались секундомером. Для получения статистических данных эксперимента использовалась выборка из 5 рабочих-строителей различной квалификации, возрастных и физических параметров:

- 1) рабочий 2 разряда возрастом 25 лет, ростом 183 см, весом 78 кг;
- 2) рабочий 4 разряда возрастом 32 года, ростом 176 см, весом 75 кг;
- 3) рабочий 4 разряда возрастом 46 лет, ростом 174 см, весом 63 кг;
- 4) производитель работ возрастом 42 года, ростом 185 см, весом 88 кг;
- 5) начальник участка возрастом 56 лет, ростом 179 см, весом 70 кг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Обработка полученной информации из видеозаписей и физиологического состояния рабочих, работавших на объекте строительства, позволили составить усредненные графики изменения их пульса во времени (Рис. 1), а также временные и силовые параметры выполняемых при этом этапов работ. Они стали основой для составления протоколов тяжести производства отдельных видов работ (таблицы 1 и 2), максимально объективно характеризующих изучаемые технологии.

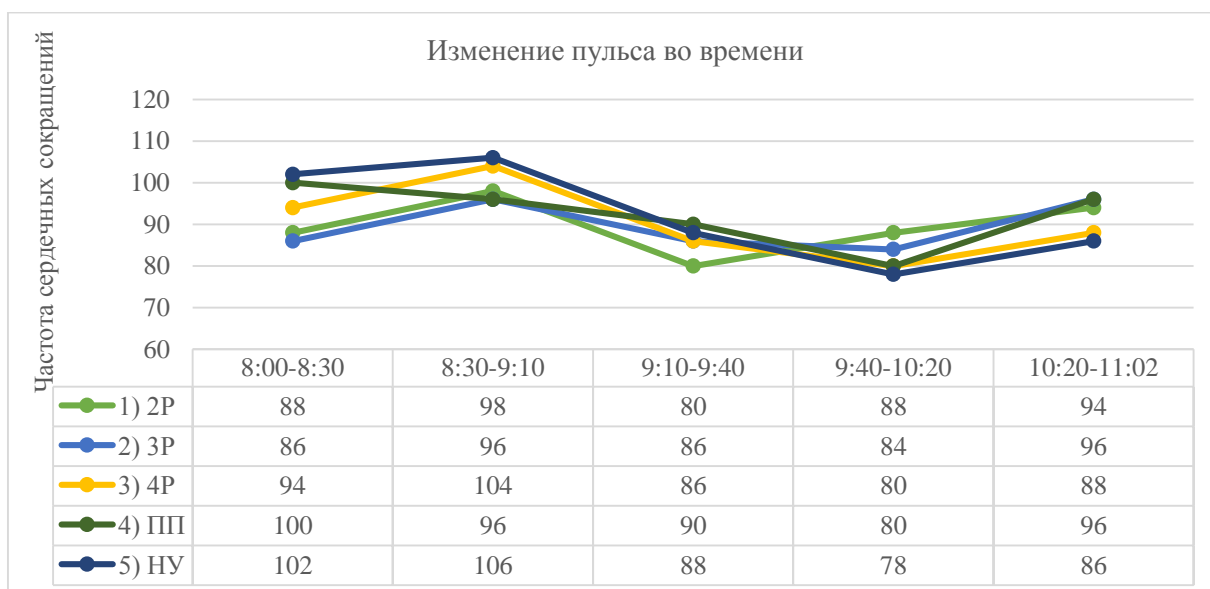


Рис. 1. Пример изменения пульса во времени для каждого из пяти испытуемых во время кладки заполнения из кирпича
Fig. 1. An example of a change in heart rate over time for each of the five subjects during masonry filling of bricks

После получения данных на каждую технологию от каждого работника формируются усредненные графики, которые ложатся в основу расчета:

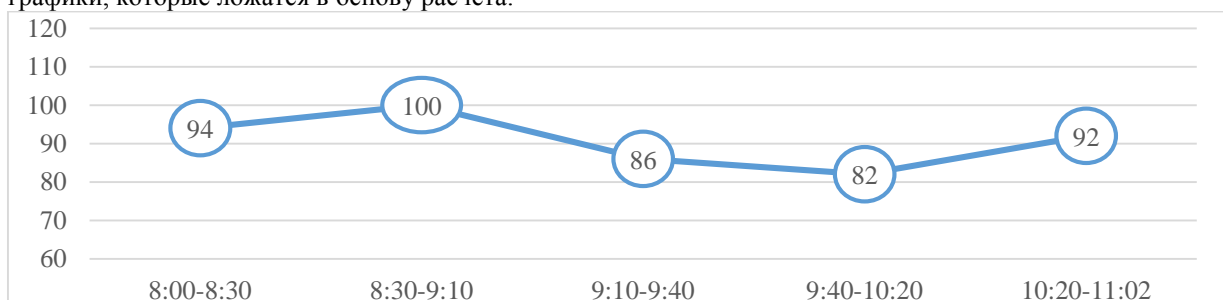


Рис. 2. Пример усреднённого графика изменения частоты сердечных сокращений во время кладки заполнения из известняковых блоков
Fig. 2. An example of an average graph of changes in heart rate during masonry filling of limestone blocks

При этом в реальном времени фиксируется также и видеоряд с разных ракурсов для дальнейшего составления протокола тяжести труда:



Рис. 3. Пример зафиксированного видеоряда при кладке из известняковых блоков на цементно-песчаном растворе
Fig. 3. An example of a fixed footage when laying from limestone blocks on a cement-sand mortar

Из анализа данных хронометражных наблюдений и технологических карт на заполнение каркасов следует, что минимальная категория тяжести труда составляет 4-5 по причине

приготовления цементно-песчаного раствора, во время которой рабочий находится в несвободной позе, более 50% времени рабочей смены в наклонном положении, осуществляя при этом до

300 наклонов за смену до 60 градусов. Кроме того, необходимо перемещать существенные объемы массивных строительных материалов в пространстве. Таким образом, нагрузка на поясницу будет сверх нормативной. Минимальный интегральный балльный показатель тяжести труда в таком случае 5, а фактический будет около 5,3, что находится на стыке 4 и 5 категорий тяжести труда из

6. Таким образом, с точки зрения эргономики, работы по заполнения каркасов из стеновых блоков относятся к категории тяжелых. Поэтому приведем пример оценки тяжести труда рабочих при устройстве заполнения из ячеистобетонных блоков на клей-пене, как предположительно более эргономичного варианта и сравним его с кладкой из кирпичей (табл. 1).

Таблица 1. Протокол оценки тяжести труда рабочих при устройстве заполнения из ячеистобетонных блоков (газобетон)

Table 1. Protocol for assessing the severity of labor of workers when filling device from cellular concrete blocks (aerated concrete)

№ п/п	Факторы рабочей среды	Величина показателя	Балл фактора	Прод-ть фактора, мин.	Удельный вес в смене	Оценка удельной тяж.
1	Физическая динамическая нагрузка, Дж: общая *10 ⁵	12,66	3	440	0,92	2,76
2	Физ/ динамическая нагрузка, Дж: региональная *10 ⁵	7,34	4	440	0,92	3,68
3	Физ/ статическая нагрузка, Дж: на две руки *10 ⁴	122,50	3	40	0,08	0,24
4	Рабочее место (РМ), поза и перемещение в пространстве	поза несвобод., до 25% врем. в наклон. полож. до 30град.	3	480	1,00	3,00
5	Сменность	Утренняя смена	2	480	1,00	2,00
6	Прод-ть непрерывной работы в течение суток, ч	менее 8 часов	2	480	1,00	2,00
7	Монотонность: число приемов в операции	5 операций	3	440	1,00	3,00
8	Монотонность: длительность повторяющихся, секунд	30,00	3	440	0,92	2,76
9	Режим труда и отдыха	Обоснованный без включения музыки и гимнастики	2	480	1,00	2,00
10	Нервно-эмоциональная нагрузка	Сложные действия по зад. плану с возм. коррекции	3	480	1,00	3,00
11	Темп (число движений в час): Крупных (руки)	450	2	440	0,92	1,84
12	Длительность сосредоточ. наблюдения, % от смены	20% от смены	2	480	1,00	2,00

Пять одинаковых по значению в исследуемых условиях факторов эмоциональной нагрузки, освещенности и т.п. с показателем 1 в таблицу не

вносилось для компактности, но учтены при расчёте.

Таким образом, работы по устройству заполнения из известняковых блоков

характеризуются нижеследующим интегральным показателем тяжести труда:

$$U_T = \left[X_{max} + \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n-1} \cdot \frac{6 - X_{max}}{6} \right] \cdot 10$$

$$= \left[4 + \frac{33,28}{17-1} \cdot \frac{6-4}{6} - 1 \right] \cdot 10$$

$$= 46,93$$

Полученные результаты соответствуют 4 категории тяжести труда (4 из 6). Аналогичный расчет для кирпичной кладки показал результат $U_T = 54,11$, что соответствует 5 категории тяжести труда (5 из 6). В таком случае, показатель усталости:

$$Y = \frac{U_T - 15,6}{0,64} = \frac{46,93 - 15,6}{0,64} = 48,96.$$

Тогда работоспособность составит:

$$R = 100 - Y = 100 - 48,96 = 51,04.$$

Повышение производительности труда за счет модернизации технологии производства работ для кладки из газобетона относительно кладки из кирпича:

$$P_{пт} = \left(\frac{R_2}{R_1} - 1 \right) \cdot 100 \cdot 0,2 = \left(\frac{54,11}{46,93} - 1 \right) \cdot 100 \cdot 0,2$$

$$= 3,06\%.$$

А прогнозируемый уровень производственного травматизма составит для кладки из газобетонных блоков:

$$K = \frac{1}{1,3 - 0,0185 \cdot U_T} = \frac{1}{1,3 - 0,0185 \cdot 46,93}$$

$$= 2,32 \text{ раза в год.}$$

В то время прогнозируемый уровень производственного травматизма составит для кирпичей:

$$K = \frac{1}{1,3 - 0,0185 \cdot U_T} = \frac{1}{1,3 - 0,0185 \cdot 54,11}$$

$$= 3,34 \text{ раза в год.}$$

Таким образом, используя технологию кладки на клей-пене, можно добиться снижения уровня производственного травматизма на 44%.

Энергозатраты работников при устройстве заполнения каркаса из ячеистобетонных блоков на клей-пене, вычисленные по формуле профессора Травина:

$$E = 0,014 \cdot G \cdot t \cdot (0,12 \cdot f - 7)$$

$$= 0,014 \cdot 70 \cdot 84 \cdot (0,12 \cdot 80 - 7)$$

$$= 214,03 \text{ (ккал).}$$

Или, в среднем, 152,88 ккал/час. На основании пункта 12 приложения 1 к ГОСТ 12.1.005-88 [12] категория тяжести труда: 2а (средней тяжести I категории) (3 из 5).

При этом, аналогичный расчет при кладке из кирпича:

$$E = 0,014 \cdot G \cdot t \cdot (0,12 \cdot f - 7)$$

$$= 0,014 \cdot 150 \cdot 84 \cdot (0,12 \cdot 91 - 7)$$

$$= 691,49 \text{ (ккал).}$$

Или, в среднем, 276,60 ккал/час. На основании пункта 12 приложения 1 к ГОСТ 12.1.005-88 [12] категория тяжести труда: 2б (средней тяжести II категории) (4 из 5).

Проанализируем проектную сметную стоимость исследуемых технологий устройства заполнения каркасов. Расчеты будем вести ресурсным методом с использованием государственных элементных сметных нормативов, утвержденных приказом Министерства строительства РФ №1038/пр и сборника средних сметных цен Республики Крым по состоянию на 2 квартал 2019 года (табл. 2, 3).

Таблица 2. Сметный расчет стоимости кладки 1м3 кладки из ячеистобетонных блоков на полиуретановом клею

Table 2. Estimated calculation of the cost of masonry 1 m3 of masonry from cellular concrete blocks on polyurethane adhesive

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Кол-во	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	ГЭСН08-03-004-01	Кладка стен из газобетонных блоков на клею без облицовки толщиной: 400 мм при высоте этажа до 4 м (м3)	1	699,52	699,52
2	Конъюнктура рынка с учетом логистики	Пена-цемент строительный Макрофлекс для укладки блоков и плит из ячеистых бетонов (баллон)	1	340	340
3	05.2.02.10-0002	Блоки газобетонные, марка D 300 (м3)	1,01	3919,95	3 959,15
Накладные расходы					671,51
Сметная прибыль					440,34
Итого кладка газобетонных блоков на клей-пену (без НДС)					6 110,52
Итого кладка газобетонных блоков на клей-пену (с НДС)					7 332,62

Таблица 3. Сметный расчет стоимости кладки 1м3 кладки из известняковых блоков на цементно-песчаном растворе.

Table 3. Estimated calculation of the cost of masonry 1m3 of masonry from limestone blocks in a cement-sand mortar.

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Кол-во	Стоимость единицы, руб.	Общая стоимость, руб.
1	ГЭСН08-03-003-01	Кладка стен из известняка: обычная при высоте этажа до 4 м (м3)	1	1448,35	1 448,35
2	Конъюнктура рынка с учетом логистики	Камни стеновые известняковые, тип I, размер 390x190x188 мм, марка 125-250 (м3)	0,9	1360	1 224,00
Накладные расходы					697,64
Сметная прибыль					457,47
Итого кладка из известняковых блоков (без НДС)					3 827,46
Итого кладка из известняковых блоков (с НДС)					4 592,95

Таким образом, в результате обработки данных наблюдений и комплекса сметных расчетов имеем следующую картину (Рис. 4-7):

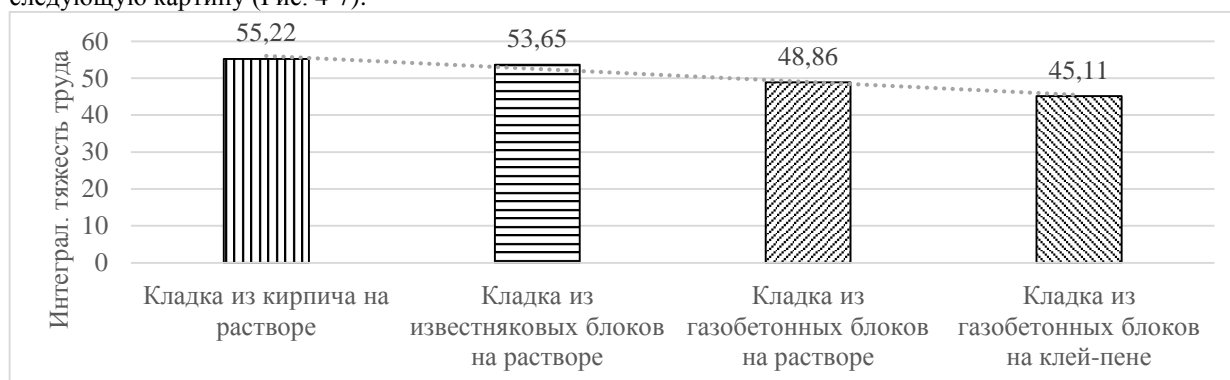


Рис. 4. Гистограмма интегральных показателей оценки тяжести труда рабочих в смену
Fig. 4. Histogram of integrated indicators for assessing the severity of workers' work per shift

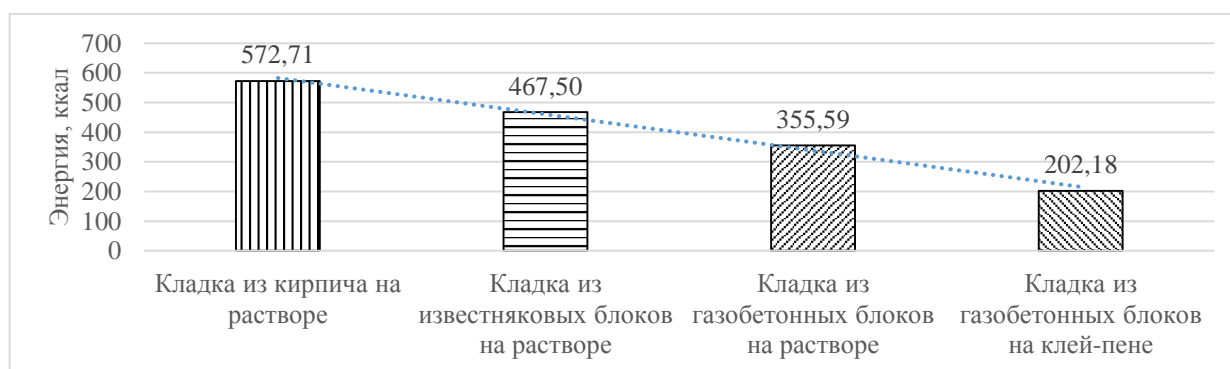


Рис. 5. Гистограмма затраченной энергии на 1 м3 кладки по исследованным конструктивно-технологическим решениям заполнения каркасов, ккал
Fig. 5. A histogram of the energy spent per 1 m3 of masonry according to the investigated structural and technological solutions for filling the frames, kcal

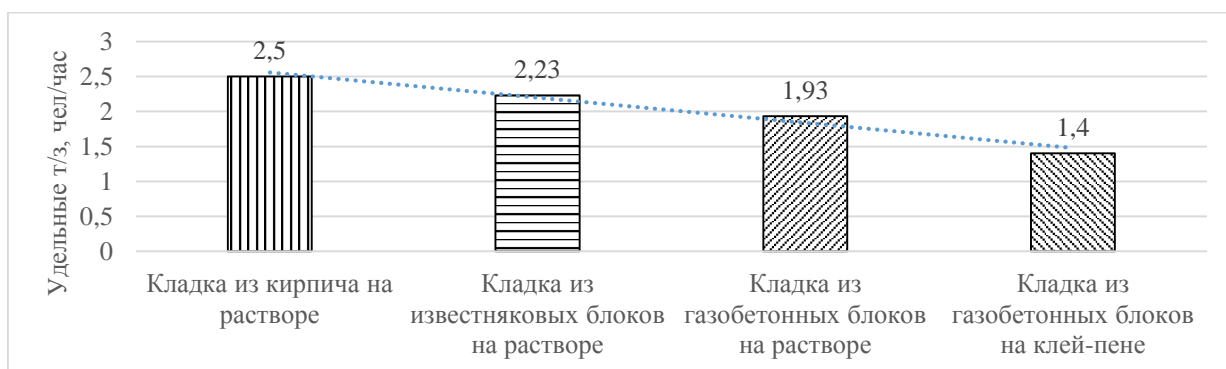


Рис. 6. Гистограмма трудозатрат рабочих на 1 м³ кладки, чел/час
Fig. 6. Histogram of labor costs of workers per 1 m³ of masonry, people / hour

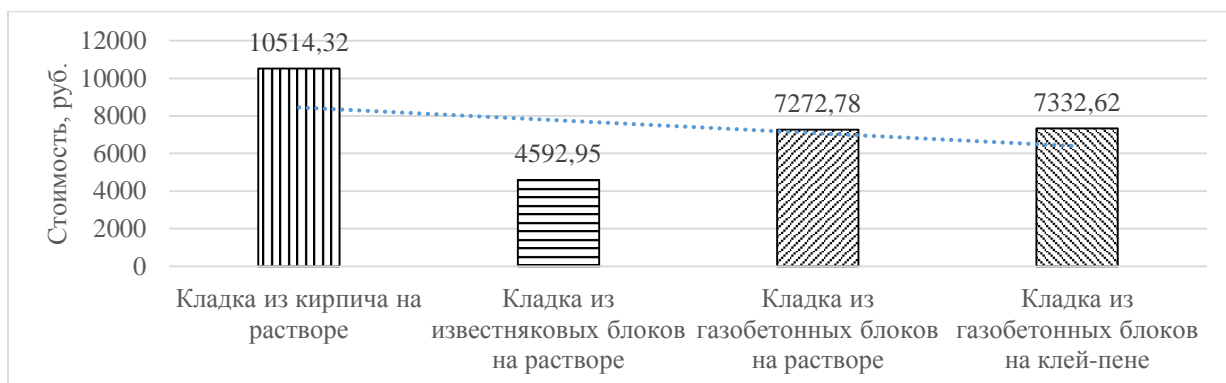


Рис. 7. Сметная стоимость 1м³ кладки, руб.
Fig. 7. The estimated cost of 1m³ of masonry, rubles

ОБСУЖДЕНИЕ

Из-за большого объемного веса блоков из натуральных материалов: кирпича и ракушечника, все работы по заполнению каркасов из них следует отнести к 5 категории тяжести по методике оценки интегрального показателя. Поэтому, одним из путей снижения уровня тяжести работ по устройству заполнения каркасов предлагается использование ячеистобетонных блоков, обладающих существенно меньшим объемным весом, а перспективная технология тонкошовной кладки позволяет избежать затрат труда и времени на приготовление и нанесение цементно-песчаного раствора путём использования клей-пены.

При этом лучшими оказались показатели работы по тонкошовной кладке из газобетона и интегральный показатель тяжести (4,93) и показатель тяжести, вычисленный по методике учёта энергозатрат на основе частоты сердечных сокращений рабочих (152,88 ккал/час.), а работы в целом уже следует отнести к работам средней тяжести. Другими, сопутствующими положительными факторами следует признать при этом снижение построочной трудоемкости, повышение производительности труда и снижение уровня производственного травматизма на 44%. Но, наиболее экономически эффективной оказалась технология устройства заполнения из местного материала: известняковых блоков, сметная

стоимость которых значительно ниже ячеистобетонных.

ВЫВОДЫ

1. Обоснованно выбраны и адаптированы под строительную отрасль наиболее рациональные способы оценки тяжести труда рабочих-строителей.

2. Дана количественная оценка наиболее актуальным технологиям производства работ по заполнению каркасов в сфере применения к малоэтажной застройке Крыма.

3. На основании количественной оценки степени повышения эргономичности (снижения тяжести труда) наиболее актуальных технологий производства работ по заполнению каркасов, удалось добиться снижения трудозатрат и себестоимости работ по устройству заполнения каркасов, установлена взаимосвязь между тяжестью труда, сроками возведения объекта и себестоимостью строительства объекта, а в результате снижения первой удалось добиться снижения последних. Таким образом, наиболее приоритетной с точки зрения эргономики и трудозатрат оказалось технология тонкошовной кладки из ячеистобетонных блоков на полиуретановой клей-пене, а наиболее экономически целесообразной – кладка из известняковых блоков (ракушечника).

4. Полученные результаты рекомендуется учитывать при проектировании конструктивных решений и технологии производства работ по

устройству каменного заполнения железобетонных каркасов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капшук, О.А., Шалённый, В.Т. Технологичность разновидностей современных разборно-переставных опалубочных систем // Инженерно-строительный журнал, 2014, №7, С. 80-88.
2. Лашко, А.А., Балакчина, О.Л. Сравнительной эффективности стенового заполнения малоэтажных зданий Крыма // Инновационное развитие строительства и архитектуры: взгляд в будущее. – 2018. – С. 105-107.
3. Гринфельд, Г.И. Оптимизация стен из газобетона: упрощение конструктивных решений и повышение теплотехнической однородности // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2015. – №3(194). – С. 26-29.
4. Горшков, А.С., Гринфельд, Г.И., Мишин, В.Е., Никитин, Е.С., Ватин Н.И. Повышение теплотехнической однородности стен из ячеистобетонных изделий за счет использования в кладке полиуретанового клея // Строительные материалы – 2014. – С. 57-64.
5. Конкина, И.В., Арбузова, Е.А., Пянзин, А.В. Выбор материалов для монтажа газобетонных блоков // Вестник современных идей. – 2019. – №3(29) – С. 29-32.
6. Ершов, М.Н. Эргономика строительных процессов, доступные решения. М.Н. Ершов – М.: Издательство АСВ, 2010. – 248 с.
7. Шаленный, В.Т., Леоненко, К.А. Сравнительный анализ и обоснование целесообразной методики оценки тяжести труда рабочих-строителей для улучшения эргономических показателей каменно-монтажных работ // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2017. – №4(20). – С. 80-85.
8. K. Leonenko, V. Shalenny, Justification of Energy-Saving Technology of Prefabricated Monolithic Slabs of Limestone Blocks, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 982, pp 778-786 (2020) https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_74
9. Леоненко, К.А., Шаленный, В.Т. Разработка технологии устройства сборно-монолитных железобетонных перекрытий из Крымского ракушечника на основе оценки тяжести труда рабочих-строителей // Строительство и техногенная безопасность. – 2019. – №14(66). – С. 35-43.
10. Крушельницкая, Я.В. Мероприятия по повышению работоспособности работников: [Электронный ресурс]. // Физиология и психология труда: Учебник. – М.: Финансы и статистика, 2003, – 367 с. – Режим доступа: <http://orbook.ru/index-6563.htm>, свободный.
11. Физиология человека: в 3-х томах. Т.3. Пер. с англ. / Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – 3-е изд. – М.: Мир, 2005. – 228с., ил.
12. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-

гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1) М.: Стандартинформ, 2008, 48 с., ил.

13. Гигиена труда: учебник / Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008, – 592 с.: ил.

14. Безопасность жизнедеятельности. Основы безопасности труда.: Практикум (сборник практических занятий для экономических, юридических, управленческих специальностей) / Под ред. Гегия И.Г. — М.: МГУПИ, 2010. – 136 с.: ил.

15. Есинова, Н.И. Экономика труда и социально-трудовые отношения: Учеб. пособие. – Киев: издательство «Кондор», 2008. – 360с.: ил.,табл. – Библиогр.: 40 назв.

16. Шаленный, В.Т., Леоненко, К.А. Улучшение эргономики каменной кладки за счет поэтапного снижения энерго- и трудозатрат рабочих-каменщиков // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2016. – №4(16) – С. 64-71.

REFERENCES

1. Kapshuk, O.A., Shalenny, V.T. Constructability of varieties of modern disassembled and adjustable formwork systems // Engineering and Construction Journal, 2014, №7, p. 80-88.
2. Lashko, A.A., Balakchina, O.L. About the comparative effectiveness of wall filling of low-rise buildings of Crimea // Innovative development of construction and architecture: a look into the future. - 2018.–P. 105-107.
3. Greenfeld, G.I. Optimization of walls made of aerated concrete: simplification of structural solutions and increase of thermal engineering uniformity. - 2015.– P. 26-29.
4. Gorshkov, A. S., Greenfeld, G.I., Mishin, V.E., Nikoforov, E.S., Vatin N.I. Improving the thermal engineering uniformity of walls made of cellular concrete products due to the use of polyurethane adhesive in masonry // Building Materials - 2014. - P. 57-64.
5. Konkina, I.V., Arbuzova, E.A., Pyanzin, A.V. The choice of materials for the installation of aerated concrete blocks // Bulletin of modern ideas. - 2019.–P. 29-32.
6. Ershov, M.N. Ergonomics of construction processes, affordable solutions. M.N. Ershov - M.: Publishing house ASV, 2010. - 248 p.
7. Shalenny, V.T., Leonenko, K.A. Comparative analysis and justification of the target-specific methodology for assessing the severity of labor of construction workers to improve the ergonomic performance of masonry installation works // Biosphere compatibility: human, region, technology. – 2017. – №4(20). – p. 80-85.
8. K. Leonenko, V. Shalenny, Justification of Energy-Saving Technology of Prefabricated Monolithic Slabs of Limestone Blocks, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 982, pp 778-786 (2020) https://doi.org/10.1007/978-3-030-19756-8_74

9. Leonenko, K.A., Shalenny, V.T. Development of technology for the construction of precast-monolithic reinforced concrete floors from the Crimean shell rock based on an assessment of the severity of labor of construction workers // Construction and industrial safety. – 2019. – №14(66). – P. 35-43.

10. Krushelnitskaia, Ya.V. Measurestoimprovethecapacityofworkers: [Electronicresource]. // PhysiologyandPsychologyofLabor: Textbook. – M.: FinanceandStatistics, 2003. – p.367. – Access: <http://orbook.ru/index-6563.htm>, free.

11. Humanphysiology: in 3 volumes. V.3. Transl. fromEnglish / Ed. by R. Schmidand G. Tevs. – 3rd ed. – M.: Mir, 2005. – p. 228., illustr.

12. GOST 12.1.005-88. OccupationalSafetyStandardsSystem (OSSS). Generalsanitaryandhygienicrequirementsfortheairofthe

workingarea (withAmendment N 1) M.: Standardinform, 2008, p. 48., illustr.

13. Occupationalhygiene: textbook / Ed. by N.F. Izmerov, V.F. Kirillov. – M.: GEOTAR-Media, 2008, – p. 592, illustr.

14. Lifesafety. Fundamentalssofoccupationalafety.: Practicalwork (a collectionofpracticalexerciseforeconomic, legalandmanagerialspecialties) / Ed. byGetiia I.G. – M.: MGUPI, 2010. – p. 136, illustr.

15. Esinova, N.I. LaborEconomicsandSocialandLaborRelations: Textbook. – Kiev: CondorPublishingHouse, 2008. – p. 360.: illustr, table – Bibliogr.: 40 titles.

16. Shalenny, V.T., Leonenko, K.A. Improvingergonomicsofmasonryworkduetothegradualr educationofenergyandlaborcostsofmasonworkers // Biospherecompatibility: human, region, technology. – 2016. – №4(16) – p. 64-71.

IMPROVEMENT OF EFFICIENCY AND ERGONOMY OF THE DEVICE FOR STONE FILLING OF FRAMES FROM SMALL BLOCKS ON ADHESIVE

Leonenko K.A., Shalenny V.T.

^{1,2}Federal State Autonomous Educational institutions of higher education "Crimean Federal University named after V.I.Vernadsky"The Academy of Construction and Architecture (structural division), Simferopol, Kievskaya, 184, 295050, Russian Federation

Summary. The article discusses the available solutions for the device filling the frame of small wall blocks. Testing at the facility during the installation of walls at a specific facility - a manor house in the village. Pioneer Republic of Crimea. At the same time, four solutions for filling the frames were designed and put into practice: from bricks on cement-sand mortar, from limestone blocks (shell rock) on mortar, from aerated concrete blocks in mortar and aerated concrete blocks on adhesive foam. The order of construction operations was built taking into account Sechenov's criterion. A comparative analysis was carried out taking into account the criterion of ergonomic indicators. On its basis, a more rational technology was proposed, in terms of the severity of labor of construction workers. As a result, it was possible to establish the dependence of the competitive performance of builders on the severity of labor, which ultimately led to an increase in their efficiency and a decrease in the level of industrial injuries. This result was obtained by processing the filming data, timing and physiological state of construction workers, which confirms the feasibility of using adhesive foam, as the most ergonomic solution to ensure solidity in the rows of masonry from small blocks.

Subject of research: the subject of the study is the relationship between the severity of labor of construction workers and the classic indicators of the effectiveness of construction: labor and cost. The work is based on the hypothesis that, by reducing the former, it will be possible to increase the effectiveness of the latter.

Materials and methods: after analyzing the literary sources and scientific and production experience of their use, we came to the conclusion that the most comprehensive for assessing the severity of labor of construction workers will be an integral point assessment of the severity of labor (ergonomic), and the auxiliary one based on the actual heart rate (heart rate) and convertible into the severity of labor according to the formula of Professor Travin.

Results: the best work on thin-seam aerated concrete masonry and the integral severity index (4.93) and the severity index calculated by the method of accounting for energy consumption based on the heart rate of workers (152.88 kcal / hour), and the work as a whole should already be attributed to moderate work. Other concomitant positive factors should be recognized at the same time, a decrease in construction complexity, an increase in labor productivity and a decrease in the level of industrial injuries by 44%. At the same time, the technology of filling from local material: limestone blocks, the cost of which is significantly lower than cellular concrete, turned out to be the most cost-effective.

Conclusions: the most rational methods for assessing the severity of labor of construction workers were selected and adapted for the construction industry on the basis of a quantitative assessment of the most relevant production technologies for filling in frames. The relationship between the severity of labor, the timing of the construction of the facility and the cost of construction of the facility is established, and as a result of the reduction of the former, it was possible to reduce the latter.

Key words: energy efficiency; the severity of labor; method of energy and labor costs count; ergonomics; brick; aerated concrete; frame filling.

КАРБОНИЗИРОВАННЫЕ СТЕНОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ КВАРЦЕВЫХ ГЛИНИСТЫХ ПЕСКОВ

Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Когай Э., Макарова Е.

Крымский Федеральный университет имени В.И. Вернадского,
Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение),
РФ, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181
¹kfu.fedorkin@mail.ru; ²niklub.ua@gmail.com; ³kogay_emil@mail.ru; ⁴k.makarova11@mail.ru

Аннотация. В статье показана возможность получения прочных стеновых материалов на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка и извести методом полусухого прессования с использованием принудительной карбонизации. Определены физико-механические свойства материала и предложена технология производства изделий.

Ключевые слова: стеновые материалы, мелкозернистый кварцевый глинистый песок, карбонизация, технология.

ВВЕДЕНИЕ

Республика Крым крайне бедна песками, соответствующими требованиям стандартов и пригодными для производства качественных строительных материалов. Наиболее высококачественные пески прибрежной зоны не могут разрабатываться по экологическим соображениям, поскольку это приводит к ликвидации пляжей и развитию оползневых явлений. Вместе с тем в Крыму существуют значительные запасы мелкозернистых кварцевых песков, сильно загрязненных глиной (Булганакское, Цветочненское, Сакское месторождения), которые не пригодны для производства бетонных строительных материалов по традиционным технологиям. Известно [1-3], что наличие глинистых примесей негативно влияет на гидратационное твердение вяжущих.

Увеличение выпуска искусственных стеновых материалов для постоянно растущих объемов строительства может быть достигнуто вовлечением в производство некондиционного сырья, какими являются мелкозернистые кварцевые глинистые пески. Это возможно путем создания новых эффективных технологий.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросами расширения сырьевой базы производства стеновых строительных материалов на основе некачественного и вторичного сырья посвящены исследования многих отечественных и зарубежных ученых. Научные школы Ю.М. Баженова, П.П. Будникова, В.Т. Ерофеева, П.Г. Комохова, Л.Б. Сватовской, Т.М. Петровой, В.И. Саломатова и многих других, внесли значительный вклад в развитие отрасли строительной индустрии, обосновав возможность

получения новых видов строительных материалов и изделий из различного сырья.

Применение мелкозернистых кварцевых глинистых песков для изготовления стеновых материалов малоизученно. Это связано, прежде всего, с отсутствием технологий их получения [4]. Одним из альтернативным способом использования некондиционных песков могут стать технологии карбонатного твердения вяжущих, активно развивающихся в мире в последние десятилетия [5-9].

Попытки внедрения технологий производства строительных изделий на основе извести принудительного карбонатного твердения были известны ранее [10, 11]. Принципиальным решением организации данных технологий являлось то, что для создания среды с повышенной концентрацией углекислого газа, обеспечивающей ускоренное карбонатное твердение изделий на основе известьсодержащих составов, использовали дымовые газы непосредственно после известковых печей.

Поиск технологий, утилизирующих углекислый газ, будет способствовать снижению концентрации диоксида углерода в атмосфере и решению важных экологических проблем.

В Академии строительства и архитектуры КФУ им. В.И. Вернадского разработана технология производства высокопрочных карбонатных стеновых материалов на основе известнякового сырья (отходов камнепиления) и извести способом принудительной карбонизации [12-15]. Эффективность этой технологии для известнякового сырья позволяет сделать предположение, что принудительная карбонизация с успехом может быть использована и для других видов сырья, в том числе и для материалов на основе мелкозернистых кварцевых глинистых песков и извести.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей статье изложены результаты исследований, целью которых являлась разработка технологии изготовления карбонизированных стеновых материалов на основе мелкозернистых кварцевых глинистых песков и извести.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ С РЕЗУЛЬТАТАМИ И ИХ АНАЛИЗ

В данной работе приведены результаты исследований по получению стеновых материалов на основе цемента и некондиционного мелкозернистого кварцевого песка с большим содержанием глины (до 23 %) и извести методом принудительной карбонизации месторождения Цветочное, расположенного в пос. Крымская Роза в 25 км от Симферополя.

Полезным ископаемым являются пески готеривского яруса нижнего мела (мазанская свита), перекрытые делювиальными суглинками и почвенным слоем. Пески кварцевые, сильно глинистые, уплотненные, слоистые, с линзами и прослойками галечников, гравия, песчаников и глин. По литологическому составу толщина песков разделяется на три слоя. Пески верхнего слоя мелкозернистые, глинистые средней мощности 3,5 м; средний слой представлен мелкозернистым глинистым песком с небольшим количеством гравийно-галечного материала средней мощностью 10,3 м; нижний слой сложен мелкозернистым песком с редкими линзами глин и имеет мощность 12,5 м.

Минералогический состав песка представлен кварцем (90-95 %), песчаником (5-10 %), халцедоном и полевым шпатом (от единичных зерен до 5 %).

Гранулометрический состав песков приведен в табл.1.

Таблица 1. Гранулометрический состав песков
Table 1. Granulometric composition of sand

№ п/п	Показатели	Верхний слой	Средний слой	Нижний слой
1	Содержание гравия, %:			
	- размер > 10 мм	5,7	2,5	3,2
	- размер > 5 мм	3,1	1,8	4,7
2	Содержание зерен 0,14 – 5 мм, %	47,5	78,5	85,8
3	Содержание зерен < 0,14 мм, %	52,5	21,5	14,2
4	Модуль крупности	0,95	1,47	1,82
5	Содержание глины, %	22,6	12,9	8,5
6	Содержание органических примесей, %	нет	нет	нет

Песок этого месторождения не соответствует требованиям стандарта (ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технологические условия»), является некондиционным и не может быть использован для бетона и строительных растворов.

Разведанные запасы песков без учета прироста к югу, западу и востоку от действующего карьера составляют 1117,2 тыс. м³. В настоящее время месторождение разрабатывается селективно и песок используется главным образом для штукатурных и кладочных растворов.

Исследование свойств и структуры систем на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка и извести-пушонки проводили на образцах-

цилиндрах полусухого прессования, соответственно, диаметром и высотой 0,03 и 0,05 м. Влажность формовочных смесей составляла 10 % масс., давление прессования 25 МПа. Карбонизация опытных образцов осуществлялась в специально разработанной карбонизационной камере с автоматическим управлением [16, 17] при концентрации CO₂ – 50 %, время карбонизации – 3600 с. Опытные образцы перед испытанием на прочность высушивались до постоянной массы при температуре от 353 до 373 К. Кроме предела прочности при сжатии, определяли водопоглощение и коэффициент размягчения образцов по стандартным методикам.

Таблица 2. Физико-механические свойства образцов на основе песка и извести-пушонки
Table 2. Physical and mechanical properties of samples based on sand and hydrated lime

Наименование показателей	Образцы из мелкозернистого кварцевого глинистого песка при содержании извести-пушонки в %			Образцы из отмученного мелкозернистого песка при содержании извести-пушонки в %		
	10	20	30	10	20	30
Предел прочности при сжатии, МПа	12,0	24,9	38,2	7,4	16,4	28,0
Водопоглощение, %	12,1	10,5	8,9	11,0	9,1	7,8
Коэффициент размягчения	0,37	0,45	0,50	0,41	0,52	0,55

Для изучения влияния примеси глины на свойства карбонизированных образцов из части песка удаляли глину методами отмучивания. Результаты испытаний лабораторных образцов из мелкозернистого кварцевого глинистого песка и отмученного песка после принудительной карбонизации приведены в табл. 2.

Анализ полученных результатов свидетельствует о существенном росте прочности карбонизированных образцов с увеличением содержания извести-пушонки в сырьевой смеси. При повышении содержания извести с 10 до 30 % предел прочности при сжатии образцов на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка возрастает в 3,2 раза (с 12,0 до 38,2 МПа), а на основе отмученного мелкозернистого песка в 3,8 раз (с 7,4 до 28,0 МПа). Следует отметить, что

независимо от содержания извести-пушонки в сырьевой смеси прочность образцов из мелкозернистого кварцевого глинистого песка на 29-62 % выше прочности образцов из отмученного мелкозернистого кварцевого песка. Это объясняется проявлением вяжущих свойств и частичной карбонизацией глинистой составляющей песка. Несколько повышенное водопоглощение и пониженный коэффициент размягчения образцов из мелкозернистого кварцевого глинистого песка по сравнению с отмученным мелкозернистым песком связано с некоторым водонасыщением глинистой части песка. Структура карбонизированных образцов на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка с добавлением 20 % извести-пушонки приведена на рис. 1.

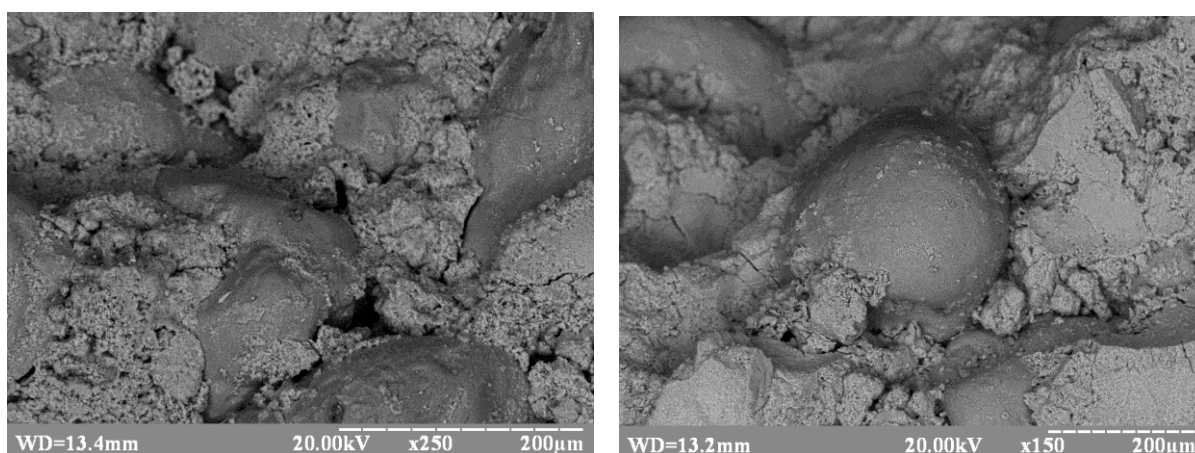


Рис. 1. Структура карбонизированных образцов на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка и извести-пушонки.

Fig. 1. The structure of carbonized samples based on fine-grained quartz clay sand and carbonized lime.

Фотографии образцов свидетельствуют о формировании достаточно упорядоченной структуры материала, в которой частицы песка и глины связаны новообразованиями карбоната кальция в конгломерат высокой плотности.

На основании полученных результатов предложена технологическая схема производства стеновых материалов на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка с добавлением извести-пушонки (рис. 2)



Рис. 2. Технологическая схема производства карбонизированных стеновых материалов из мелкозернистого кварцевого глинистого песка с добавкой извести-пушонки.

Fig. 2. Technological chart for production of carbonized wall materials from fine-grained quartz clay sand with addition of carbonized lime.

Технологическая схема включает получение сырьевой формовочной смеси на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка, извести-пушонки и воды, полусухое прессование изделий, принудительную карбонизацию изделий с последующей выдержкой в естественных условиях. Данная технологическая схема может быть реализована в производстве стеновых материалов с использованием стандартного оборудования.

ВЫВОДЫ

1. Проведенными исследованиями показана возможность получения стеновых материалов с прочностью до 38 МПа на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка и извести-пушонки способом принудительной карбонизации, что позволяет расширить сырьевую базу строительных материалов в Крыму за счет вовлечения в производство некондиционного сырья [18].

2. Предложена технология производства карбонизированных стеновых материалов на основе мелкозернистого кварцевого глинистого песка и извести, промышленное освоение которой даст возможность снизить выбросы углекислого газа в атмосферу и улучшить экологическую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сегалова Е.Е. Современные физико-химические представления о процессах твердения мономинеральных вяжущих веществ / Е.Е. Сегалова, П.А. Ребиндер / Строительные материалы. – 1960. – № 1. – С. 21 – 26.

2. Теория цемента / Под ред. А.А. Пашенко – К.: Будівельник, 1991. – 168 с.

3. Сычев М.М. Возникновение структур твердения как процесс самоорганизации / Сычев М.М. // Тр. ВНИИХимпром. – 1998. – № 97. – С. 115 – 119.

4. Zaton K.D. Mineralnaya syrevaya baza stroitelnyh materialov Ukrainy. Krymskaya oblast [tekst] / Zaton K.D., Gurdzhi V.L. — Kiev: Izdatelstvo Mingeologii SSSR, 1973g. — 248 s.

5. Kline J., Kline C. Carbon utilisation // World Cement. 2015. August. P. 43-45.

6. U.S. Patent No. 9,868,667, «Bonding Element, Bonding Matrix and Composite Material Having the Bonding Element and Method of Manufacturing Thereof».

7. Amoureux J., Siffert P., Massue J.P., Cavadias S., Trujillo B., Hashimoto K., Rutberg P., Dresvin S., Wang X. Carbon dioxide: a new material for energy storage // Progress in Natural Science: Materials International. 2014. 24. P. 295-304.

8. Yootaek Kim and Kyongwoo Lee. Mechanical properties of non-cement mortars fabricated under supercritical carbonation conditions without alkali

activators and composed of fly ash and fused waste slag // Materials Today: Proceedings. 2016. 3. P. 381-390.

9. Damyanti Badagha, Modhera C.D., Grade M. Concrete using industrial waste to minimize cement content incorporating CO₂ emission concept: an experimental investigation // Materials Today: Proceedings. 2017. 4. P. 9768-9772.

10. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties to Produce High grade Building // Rock Products. –1956. – August. – P.182 – 186.

11. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы // Сборник материалов Московского научно-технического совещания по жилищно-гражданскому строительству, строительным материалам и проектно-изыскательским работам. – М.: Московская правда. – 1952. – Том II. – С.283 – 290.

12. Lyubomirskiy N.V., Fedorkin S.I. Scientific and technological principles of disposal of carbon dioxide in food-grade, biodegradable building products // Biosfernaya sovместimost: chelovek, region, tekhnologii. – Kursk: YZGU. – 2016. – № 4(16). – Pp. 39-49/

13. Lyubomirskiy N.V., Fedorkin S.I., Bakhtin A.S., Bakhtina T.A. Structuring of composite systems based on lime harden through carbonation and secondary limestone raw materials // Malaysian Construction Research Journal (MCRJ); Vol. 23, No 3, 2017, Pp. 15-26.

14. Lyubomirskiy N.V., Fic S., Fedorkin S.I. Investigation of Physical and Mechanical Properties of Construction Materials of Forced Carbonate Hardening // Materials Science Forum «Materials and Technologies in Construction and Architecture», 2018, Vol. 931, pp 475-480. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.475.

15. Lyubomirskiy N., Bakhtin A., Bakhtina T. Alternative approach to the organization of hardening of dolomite binding materials // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 032032. doi:10.1088/1757-899X/365/3/032032.

16. Любомирский Н.В., Федоркин С.И., Локтинова Т.А., Носатов В.Г. Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2007. – вып. 19 – 20. – С.74 – 78.

17. Пат. 28051 Україна, МПК (2006) G09B 5/00. Пристрій для вивчення процесу карбонізації: Пат.28051 Україна, МПК (2006) G09B 5/00 М.В. Любомирський, С.І. Федоркін, Т.О. Локтіонова, О.С. Бахтін (Україна). – № u 2007 07543; Заявл. 05.07.2007; Опубл. 26.11.2007, Бюл.№19. – 2с.

18. Пат. 2687821 РФ, МПК (2006) G04B 28/18. Сырьевая смесь для производства композитных карбонизированных изделий: С.И. Федоркин, Н.В. Любомирский, Э.А. Когай, Е.С. Макарова; Заявл. 30.11.2017; Опубл. 16.05.2019, Бюл.№14. – 4с.

REFERENCES

1. Сегалова Е.Е. Современные физико-химические представления о процессах твердения мономеральных вяжущих веществ / Е.Е. Сегалова, П.А. Ребиндер / Строительные материалы. – 1960. – № 1. – С. 21 – 26.
2. Теория цемента / Под ред. А.А. Пашенко – К.: Будівельник, 1991. – 168 с.
3. Сычев М.М. Возникновение структур твердения как процесс самоорганизации / Сычев М.М. // Тр. ВНИИхимпром. – 1998. – № 97. – С. 115 – 119.
4. Zaton K.D. Mineralnaya syrevaya baza stroitelnyh materialov Ukrainy. Krymskaya oblast [tekst] / Zaton K.D., Gurdzhi V.L. — Kiev: Izdatelstvo Mingeologii SSSR, 1973g. — 248 s.
5. Kline J., Kline C. Carbon utilisation // World Cement. 2015. August. P. 43-45.
6. U.S. Patent No. 9,868,667, «Bonding Element, Bonding Matrix and Composite Material Having the Bonding Element and Method of Manufacturing Thereof».
7. Amoureux J., Siffert P., Massue J.P., Cavadias S., Trujillo B., Hashimoto K., Rutberg P., Dresvin S., Wang X. Carbon dioxide: a new material for energy storage // Progress in Natural Science: Materials International. 2014. 24. P. 295-304.
8. Yootaek Kim and Kyongwoo Lee. Mechanical properties of non-cement mortars fabricated under supercritical carbonation conditions without alkali activators and composed of fly ash and fused waste slag // Materials Today: Proceedings. 2016. 3. P. 381-390.
9. Damyanti Badagha, Modhera C.D., Grade M. Concrete using industrial waste to minimize cement content incorporating CO₂ emission concept: an experimental investigation // Materials Today: Proceedings. 2017. 4. P. 9768-9772.
10. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties to Produce High rade Building // Rock Products. –1956. – August. – P.182 – 186.
11. Z. Zacepin K.S. Izvestkovye karbonizirovannye stroitelnye materialy // Sbornik materialov Moskovskogo nauchno-tehnicheskogo soveshaniya po zhilishno-grazhdanskomu stroitelstvu, stroitelnyim materialam i proektno-izyskatelskim rabotam. – М.: Moskovskaya pravda. – 1952. – Том II. – S.283 — 290.
12. Lyubomirskiy N.V., Fedorkin S.I. Scientific and technological principles of disposal of carbon dioxide in food-grade, biodegradable building products // Biosfernaya sovместimost: chelovek, region, tekhnologii. – Kursk: YZGU. – 2016. – № 4(16). – Pp. 39-49/
13. Lyubomirskiy N.V., Fedorkin S.I., Bakhtin A.S., Bakhtina T.A. Structuring of composite systems based on lime harden through carbonation and secondary limestone raw materials // Malaysian Construction Research Journal (MCRJ); Vol. 23, No 3, 2017, Pp. 15-26.
14. Lyubomirskiy N.V., Fic S., Fedorkin S.I. Investigation of Physical and Mechanical Properties of Construction Materials of Forced Carbonate Hardening // Materials Science Forum «Materials and Technologies in Construction and Architecture», 2018, Vol. 931, pp 475-480. doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.931.475.
15. Lyubomirskiy N., Bakhtin A., Bakhtina T. Alternative approach to the organization of hardening of dolomite binding materials // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 032032. doi:10.1088/1757-899X/365/3/032032.
16. Lyubomirskiy N.V., Fedorkin S.I., Loktionova T.A., Nosatov V.G. Automatic installation and methods of studying the process of carbonization of lime // Stroitelstvo i tehnogennaya bezopasnost. – Simferopol: NAPKS. – 2007. – Vyp. 19-20. – P. 74-78.
17. Pat. 28051 Ukrayina, MPK (2006) G09B 5/00. Device for studying the carbonization process. Pat. 28051 Ukraine, MPK (2006) G09B 5/00 M.V. Lyubomirskiy, S.I. Fedorkin, T.O. Loktionova, O.S. Bakhtin (Ukraine). – № u 2007 07543; Zayavl. 05.07.2007; Opubl. 26.11.2007, Byul. № 219. – 2 p.
18. Pat. 2687821 RF, MPK (2006) G04B 28/18. Raw material mixture for the production of composite carbonized products: S.I. Fedorkin, N.V. Lyubomirskiy, E.A. Kogay, E.S. Makarova; Zayavl. 30.11.2017; Opubl. 16.05.2019, Byul. № 14. – 4 p

CARBONIZED WALL MATERIALS BASED ON FINE-GRAINED QUARTZ CLAY SANDS

Fedorkin S.I., Lyubomirskiy N.V., Kogay E., Makarova E.

Academy of Construction and Architecture (Academic Unit)
of V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 181 Kievskaya St., Simferopol,
Republic of Crimea, Russian Federation

¹kfu.fedorkin@mail.ru; ²niklub.ua@gmail.com; ³kogay_emil@mail.ru; ⁴k.makarova11@mail.ru

Abstract. The article shows the possibility of obtaining durable wall materials based on fine-grained quartz clay sand and lime by semi-dry pressing with use of forced carbonization. The physical and mechanical properties of the material have been established. A product manufacturing technology is proposed.

Key words: wall materials; fine-grained quartz clay sand; carbonization; technology.

УДК 691.316

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МАТЕРИАЛОВ КАРБОНАТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Любомирский¹ Н.В., Николаенко² В.В., Николаенко³ Е.Ю., Бахтин⁴ А.С.

¹ ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4, niklub.ua@gmail.com

² ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4, v1told@mail.ru

³ ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4, lesha29.04@mail.ru

⁴ ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295007, Республика Крым, г. Симферополь, проспект Академика Вернадского, 4, aleserba@mail.ru

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования, которые позволили установить возможность применения кальцийсодержащих отходов в виде низкоактивной известковой пыли в технологии производства прочных строительных материалов. Образцы материала были выполнены в форме цилиндров методом полусухого прессования. Проведены исследования физико-механических свойств, фазового состава и характера пористости материала на основе известково-известняковых композиций, твердеющего в среде с повышенной концентрацией углекислого газа, после его хранения в естественных условиях в течение 24 месяцев. При анализе результатов экспериментальных исследований выявлено, что рост прочности образцов наблюдается как вследствие перехода порландита в кальцит при принудительной карбонизации, так и в результате перекристаллизации скаленоздрического кальцита в ромбоэдрическую форму при хранении образцов в естественных условиях.

Предмет исследования: закономерности процесса структурообразования дисперсной кристаллической микроструктуры образцов на основе известьсодержащих отходов при организации их твердения в средах с повышенной концентрацией углекислого газа.

Материалы и методы: исследование свойств известково-карбонатных композиций проводили на образцах-цилиндрах полусухого прессования (удельное давление прессования – 30 МПа) диаметром 30 мм, твердение которых осуществлялось в карбонизационной камере в условиях 40% концентрации углекислого газа с варьированием времени обработки – 1, 3, 6 и 9 часов. Для изготовления образцов в качестве вяжущего компонента использовали пушенку кальциевую, которая представляет собой низкоактивную известковую пыль, осаждающуюся в электрофильтрах шахтных печей при обжиге известняка. В качестве карбонатного заполнителя применялся мраморовидный известняк Балаклавского месторождения фракционированного состава. Были проведены исследования изменения фазового состава извести пушенки с помощью дериватографического термогравиметрического анализа на синхронном (ТГА/ДСК/ДТА) анализаторе STA 8000, PerkinElmer (США). Исследование строения материала образцов в зависимости от условий обработки углекислым газом с помощью рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре Bruker ASX D8ADVANCE. Анализ пористой структуры образцов проводился на автоматизированном эталонном порометре (версия 3.2, производства MPM&P RESEARCH INC). Физико-механические характеристики образцов были получены путем стандартных лабораторных испытаний.

Результаты: Общий анализ испытаний опытных образцов показывает, что с течением времени композиции из известковой печной пыли и известнякового заполнителя набирают прочность как в процессе обработки углекислым газом, так и в естественных условиях за счет перекристаллизации кальцита. Так, прочность образцов, прошедших обработку углекислым газом в течение 1, 3, 6 и 9 часов, увеличилась через 24 месяца хранения в естественных условиях на 18,5%, 39,5%, 21,8% и 21% процентов соответственно. Однако в период времени с 6 до 24 месяцев наблюдается незначительное снижение прочности в связи с наличием пережженных непогашенных частиц известковой пыли в составе сырьевой смеси. Исследование пористой структуры показывает, что процесс карбонизации конечен и достигается приблизительно через 6 месяцев выдержки в нормальных условиях после принудительной карбонизации. Исследование пористой структуры образцов из чистой извести показывает, что основная пористая структура материала формируется в первые 5 минут процесса обработки углекислым газом.

Выводы: полученные результаты позволяют сделать вывод, что возможно применение отходов содовых производств в виде низкоактивной известняковой пыли в качестве вяжущего компонента в композиции с известняковым заполнителем для получения прочных строительных материалов полусухого прессования, набор прочности которых достигается за счет ускоренного карбонатного твердения при выдержке в среде с повышенной концентрацией углекислого газа. Установлено, что при этом необходимо уделять особое внимание содержанию в известковых отходах пережженных частиц СаО и

применять различные технологические приемы для уменьшения и сведения их количества к минимуму, т.к. их наличие может привести к деструктивным процессам, снижающим физико-механические и эксплуатационные характеристики.

Ключевые слова: известковые отходы, мраморовидный известняк, карбонизационное твердение, пористость, прочность

ВВЕДЕНИЕ

В следствии активного развития промышленно-технологических комплексов наблюдается все большее истощение природных ресурсов и накопление различных промышленных отходов, что приводит к значительному ухудшению экологической обстановки.

Анализ состояния проблемы показывает, что для большинства промышленных производств характерно образование отходов при низкой степени их использования, что сказывается на увеличении площади отвалов и шламонакопителей.

На территории Крымского полуострова расположено несколько крупных промышленных предприятий, которые ежегодно вносят свой вклад в формирование антропогенной нагрузки в регионе путем образования миллионов тонн отходов и выбросов вредных веществ в атмосферу.

Производство кальцинированной соды не является исключением. Химический процесс производства кальцинированной соды по аммиачной технологии основывается на пяти реакциях, одной из которых является получение оксида кальция и диоксида углерода путем обжига карбоната кальция в известково-обжиговых печах [1,2,3]. В результате очистки углекислого газа для дальнейшего его использования получают такой побочный продукт, как известковая пыль, которая отличается низкой активностью и высоким содержанием примесей карбоната кальция. Возможна организация ее частичной реализации как низкоактивной извести. Однако это не позволяет уйти от проблемы скопления данного побочного продукта в отвалах и негативного влияния на окружающую среду.

Решить проблему утилизации минеральных отходов можно за счет их применения в такой материалоемкой отрасли народного хозяйства, как производство строительных материалов и изделий [4,5,6,7]. Отрасль строительных материалов, в отличие от других отраслей, обладает неограниченными возможностями использования отходов, что объясняется крупными масштабами строительного комплекса, его материалоемкостью и номенклатурой изделий. При дефиците минеральных вяжущих веществ, являющихся важным компонентом для производства бетонных изделий и общестроительных работ, расширение номенклатуры строительных материалов может быть весьма перспективным. Это предопределяет необходимость развития исследований в области получения экономичных и экологичных строительных материалов и внедрение разработанных ресурсосберегающих технологий в производство.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Таким образом актуальным является рациональное использование отходов производства и местных сырьевых ресурсов, что является экономически целесообразным и технически оправданным. Важным компонентом этого направления исследований является экологическая составляющая, так как при этом может быть достигнут эффект за счет очистки территории от вредных отходов производства и высвобождения земель для других мероприятий. Также важным является изучение вопроса применения CO_2 в технологии строительных материалов на основе техногенного известкового вяжущего и известняковых отходов с целью уменьшения выбросов углекислого газа в атмосферу.

В результате перехода гидратной извести в карбонат кальция материал упрочняется, увеличивается его водостойкость и морозостойкость. Долговечность известковых материалов доказана временем (дворцы древнего города Кносса XVII – XV вв. до н.э. нао. Крит, Софийский собор в г. Киеве, XI век н.э., древние оборонительные здания и сооружения на побережье Лиссабона и т.п.[8]). Однако, процесс этот длителен и может занимать годы и даже десятилетия. Интенсифицировать его возможно принудительной карбонизацией материалов на основе извести за счет утилизации специальным образом подготовленных дымовых газов от известковых печей [9,10,11,12].

Авторами статьи были получены оптимальные параметры для получения карбонизированных известково-карбонатных строительных стеновых материалов с необходимыми физико-механическими свойствами на основе высокоактивной извести и отходов известняка крымского месторождения [13,14,15,16]. Однако неисследованными остаются вопросы изменения свойств материалов на основе низкоактивного известкового вяжущего принудительного карбонатного твердения с течением времени.

Согласно современным воззрениям структура материала не остается неизменной, а непрерывно претерпевает изменения в пространстве и во времени под действием как внешних, так и внутренних факторов [17]. Исследованию изменений физико-механических свойств строительных материалов с течением времени с целью повышения их эксплуатационной стойкости и долговечности всегда уделялось много внимания [18,19,20]. Ввиду того, что перекристаллизация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ осуществляется в относительно короткие технологические сроки [21], то необходимы исследования изменения структуры и свойств карбонизированных известково-карбонатных материалов с течением времени, которые дадут представление о сохранении механических свойств,

как одних из определяющих долговечность материалов и изделий.

Целью данной работы является исследование изменения физико-механических свойств, фазового состава и структуры прессованного материала принудительного карбонатного твердения на основе техногенной низкоактивной извести и отходов камнедобычи крымских мраморовидных известняков после длительного хранения. Срок хранения составил 2 года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование свойств известково-карбонатных композиций проводили на образцах-цилиндрах полусухого прессования (удельное давление прессования – 30 МПа) диаметром 30 мм, твердение которых осуществлялось в карбонизационной камере [22] в условиях 30% концентрации углекислого газа с варьированием времени обработки – 1, 3, 6 и 9 часов.

Также для исследования формирования пористой структуры материала методом эталонной порометрии [24] были получены образцы-таблетки диаметром 23 мм, толщиной 1,9÷2,1 мм двумя способами: путем выпиливания из полученных образцов-цилиндров на пушенке кальциевой (активность – 40%) и путем полусухого прессования (удельное давление прессования – 30 МПа) чистой гашеной извести (активность – 85%) в пресс-форме.

Для изготовления образцов-цилиндров в качестве вяжущего компонента использовали пушенку кальциевую, которая представляет собой низкоактивную известковую пыль, осаждающуюся в электрофильтрах шахтных печей при обжиге известняка, а также свежую гашеную известь для изучения образования пористой структуры в образцах из чистой извести. В качестве карбонатного заполнителя применялся известняк Белогорского месторождения фракционированного состава.

Были проведены исследования строения материала образцов в зависимости от условий

обработки углекислым газом с помощью рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре Bruker ASX D8ADVANCE. Анализ пористой структуры образцов проводился на автоматизированном эталонном порометре (версия 3.2, производства MPM&P RESEARCH INC). Физико-механические характеристики образцов были получены путем стандартных лабораторных испытаний.

Твердение было организовано следующим образом: полученные методом полусухого прессования образцы цилиндры подвергались обработке углекислым газом в течение 1, 3, 6 и 9 часов соответственно, после чего часть образцов испытывалась с целью определения физико-механических характеристик, а часть образцов выстайвалась в нормальных условиях (пониженных концентрациях углекислого газа) в помещении лаборатории в течение 24 месяцев. Для изучения формирования пористой структуры в образцах-таблетках из чистой извести время обработки углекислым газом составило 1, 3, 5, 20 и 60 минут. После первого замера пористой структуры образцы-таблетки также выдерживались в нормальных условиях в помещении лаборатории в течение недели.

Были проведены исследования изменения фазового состава извести пушенки с помощью дериватографического термогравиметрического анализа на синхронном (ТГА/ДСК/ДТА) анализаторе STA 8000, PerkinElmer (США).

Полученные дериватограммы пушенки кальциевой, представленные на рисунке 1, имеют три ярко выраженных эндотермических эффекта в интервале температур от 100 до 300 °С, от 350 до 550 °С и от 550 до 850 °С и один незначительный экзотермический – в интервале температур от 300 до 350 °С. Эндотермические эффекты относятся к разложению, соответственно, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CaCO_3 , экзотермический эффект свидетельствует о наличии каких-либо органических примесей, возможно, наличие остатков каменного угля. Исследованию подвергали пробы пушенки кальциевой в естественном состоянии и после гашения при разных условиях.

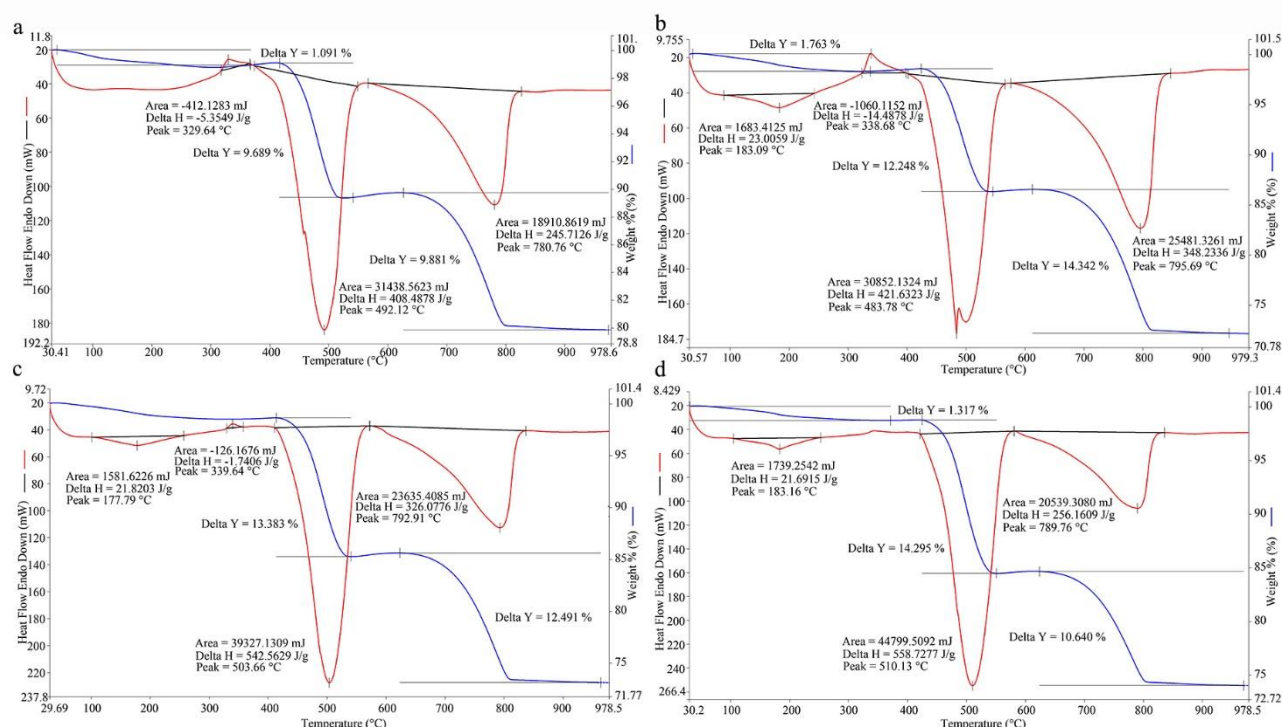


Рисунок 1. Дериватограммы пушенки кальцевой в зависимости от условий обработки:

(а) в естественном состоянии; (б) после гашения и выдерживания в течение 120 мин; (с) после гашения и выдерживания в течение 420 мин; (д) после гашения и выдерживания в течение 420 мин с дополнительным кипячением.

Figure 1. Thermograms of calcium powder lime depending on the processing conditions:

(a) in its natural state; (b) after quenching and aging for 120 minutes; (c) after quenching and aging for 420 minutes; (d) after quenching and aging for 420 minutes with additional boiling.

Изменения количественного содержания основных фаз в пушенке кальцевой, определенные расчетным методом по термогравиметрической кривой, в зависимости от условий ее предварительной подготовки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Состав пушенки кальцевой при различных условиях предварительной подготовки.

Table 1. Composition of calcium powder lime under various conditions of preliminary preparation.

Условия подготовки пушенки кальцевой	$Ca(HCO_3)_2$	$Ca(OH)_2$	$CaCO_3$
		(в пересчете на CaO)	
В естественном состоянии	3,4	40,3 (30,5)	22,5
После гашения и выдержки в течение 120 мин	4,4	50,9 (38,5)	29,1
После гашения и выдержки в течение 420 мин	3,7	55,1 (41,7)	28,4
После гашения и выдержки в течение 420 мин с дополнительным кипячением	2,4	58,8 (44,5)	24,3

Анализ экспериментальных данных изменения минералогического состава пушенки кальцевой в зависимости от условий ее подготовки показывает, что в естественном состоянии пушенка кальцевая содержит около 40% $Ca(OH)_2$. В пересчете на CaO это составляет 30,5 %.

Дериватограммы пробы свежегашеной пушенки кальцевой показывают, что содержание $Ca(OH)_2$ увеличивается. Однако, по процентному соотношению в пересчете на CaO видно, что в составе остается еще значительное количество

(около 3 %) непогасившихся частиц оксида кальция, представляющие собой, так называемый, пережог.

Исходная сырьевая смесь представляла собой композицию из пушенки кальцевой количеством по массе 35% и заполнителя из мраморовидного известняка в количестве 65%. Влажность сырьевой смеси составляла 6% от массы сухой композиции. Термический анализ исходной сырьевой смеси показывает, что содержание чистого $Ca(OH)_2$ составляло 10,3% по массе исходя из экзотермического пика с потерей массы в 2,513% (рисунок 2).

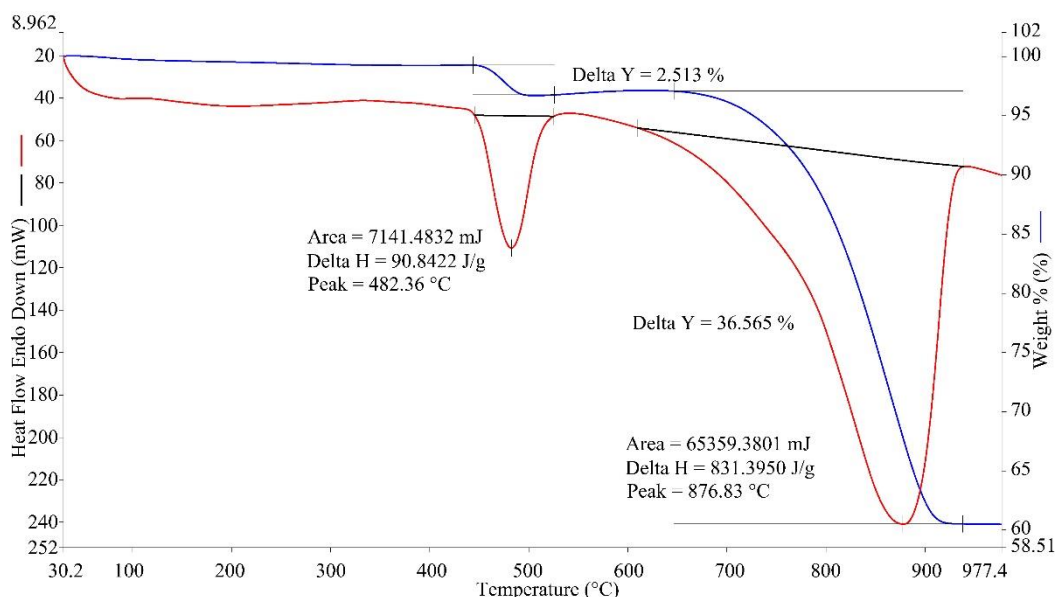


Рисунок 2. Дериватограмма сырьевой смеси для получения опытных образцов.
Figure 2. Thermogram of the raw mix for obtaining test samples.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Исходная сырьевая смесь представляла собой композицию из пушенки кальциевой количеством по массе 45% и заполнителя из известняка в количестве 55%. Влажность сырьевой смеси составляла 8% от массы сухой композиции. Исходя из состава сырьевой смеси образцов и активности кальциевой пушенки можно сделать вывод, что примерное содержание извести составляет 18% по массе.

С целью определения динамики изменений физико-механических характеристик полученного материала опытные образцы испытывались в

разные временные промежутки (Таблица 2). Изменения прочности при сжатии, плотности и массы образцов в зависимости от их возраста и времени обработки углекислым газом сведены в Таблице 2, из которой следует, что прочность всех образцов с течением времени увеличивается. Также наблюдается увеличение плотности и прирост массы образцов. Прирост массы свидетельствует о том, что процесс превращения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в CaCO_3 продолжается даже после обработки углекислым газом – оставшийся свободный портландит перекристаллизовывается в кальцит, а сами кристаллы скаленоэдрического кальцита принимают ромбоэдрическую форму [21].

Таблица 2. Изменение физико-механических характеристик опытных образцов материала с течением времени в зависимости от времени обработки углекислым газом.

Table 2. Changes in the physical and mechanical characteristics of the material samples over time, depending on the time of treatment with carbon dioxide.

Время обработк и CO_2	$R_{ср}^{сж}$ (МПа)				$\Delta m_{ср}$ (г)				ρ (кг/м ³)			
	Возраст образцов				Возраст образцов				Возраст образцов			
	1 ден ь	1 меся ц	6 месяце в	24 месяц а	1 ден ь	1 меся ц	6 месяце в	24 месяц а	1 ден ь	1 меся ц	6 месяце в	24 месяц а
1 час	40,76	37,56	48,31	44,59	2,564	2,821	3,071	3,172	1772	1820	1838	1855
3 часа	36,52	42,75	49,63	50,96	2,155	2,586	2,864	3,027	1771	1818	1836	1856
6 часов	44,54	44,07	54,26	51,38	2,212	2,628	2,762	3,049	1791	1827	1841	1864
9 часов	36,80	36,52	43,88	44,59	2,332	2,792	2,924	3,046	1788	1814	1812	1838

Результаты рентгеноструктурного анализа материала полученных опытных образцов в зависимости от времени обработки углекислым газом в крайних точках исследуемых временных промежутков (1 день и 24 месяца) показывают, что количество свободного портландита с увеличением

времени обработки уменьшается. Это обусловлено переходом гидроксида кальция в карбонат.

Результаты рентгеноструктурного анализа материала образцов цилиндров в крайних временных промежутках (1 день и 24 месяца) имеют схожий характер (Рисунок 3). Процентное

содержание портландита и кальцита в зависимости от времени обработки углекислым газом и

выдержки в нормальных условиях представлено в Таблице 3.

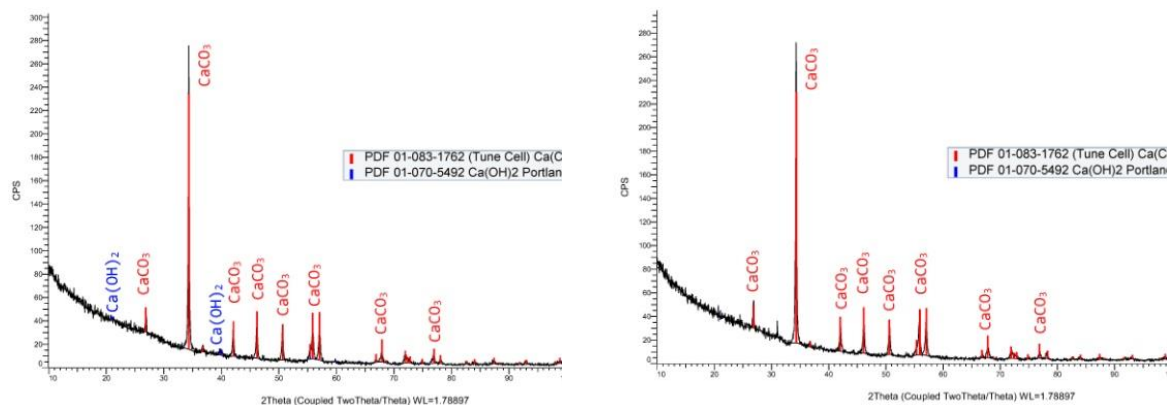


Рисунок 3. Рентгенограмма образца материала через 1 день (а) и 24 месяца (б) после принудительной карбонизации в течение 3 часов.

Figure 3. X-ray of the material sample 1 day (a) and 24 months (b) after forced carbonation for 3 hours.

Таблица 3. Процентное содержание портландита и кальцита в зависимости от времени обработки углекислым газом и выдержки в нормальных условиях.

Table 3. Percentage of portlandite and calcite depending on the time of treatment with carbon dioxide and exposure under normal conditions.

Тип минерала	Время обработки CO ₂ , ч	Время выдержки в нормальных условиях	
		1 день	24 месяца
Портландит	1	2.9	2.7
	3	2.2	1.2
	6	1.8	0.8
	9	0.6	0.3
Кальцит	1	97.1	97.3
	3	97.8	98.8
	6	98.2	99.2
	9	99.4	99.7

Нестабильный рост прочности образцов может быть обусловлен возникновением деструктивных процессов, которые развиваются в связи с наличием пережженных непогашенных частиц известковой пыли в составе сырьевой смеси. Так как при применении в качестве вяжущего высококачественной извести с высокой активностью прочность карбонизированных образцов при хранении в естественных условиях в течении 6 лет увеличивается на 145% и снижение показателей прочности на сжатие на протяжении

всего периода не наблюдается [23], а также при повышенной продолжительности обработки образцов углекислым газом (6 и 9 часов) наблюдается снижение прочности, что связано с растворением (коррозией) скаленоэдрических кристаллов кальцита при наличии в системе достаточного количества жидкой фазы.

Анализ пористой структуры образцов прошедших 1, 6 и 9 часов обработки углекислым газом соответственно и выдержанных в нормальных условиях 24 месяца представлен на Рисунке 4.

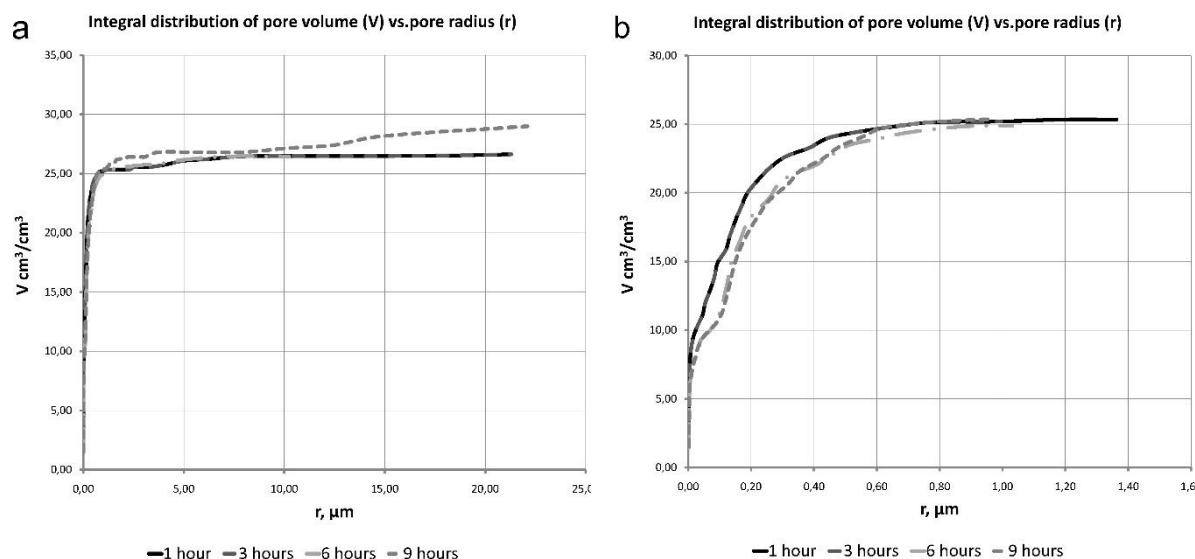


Рисунок 4. Интегральные кривые распределения объема пор по их радиусам (а – в диапазоне 0,1 – 22 мкм, б – в диапазоне 0,1 – 5 мкм) в образцах материала через 24 месяца выдержки в нормальных условиях после принудительной карбонизации в течение 1, 3, 6 и 9 часов.

Figure 4. Integral curves of pores' volume distribution by their radii (a – within the range of 0.01 – 22 μm , b – within the range of 0.01 – 1.5 μm) in material samples after 24 months of weathering under normal conditions after forced carbonation for 1, 3, 6 and 9 hours.

На основании полученных порограмм и процентного содержания кальцита в результате рентгеноструктурного анализа можно сделать вывод, что условное окончание процесса карбонизации можно отнести к сроку выдерживания образцов в нормальных условиях в возрасте 6 месяцев. Порограммы образцов в возрасте 24 месяцев практически идентичны. Максимальный размер пор составил 17, 21, 10 для образцов с 1, 3, и 6 часами выдержки в углекислом газе соответственно. Однако процентное содержание пор с размером 5 – 22 мкм составляет 0,5 – 1%. При этом массовая пористость образцов составляет во всех случаях примерно 13,5%. Основной объем пор (12,5 – 13%) лежит в диапазоне 0,5 – 1 мкм.

Также были проведены исследования формирования пористой структуры на образцах из чистой гашеной извести с повторным замером пористой структуры через 1 неделю выдержки в нормальных условиях. Полученные порограммы изображены на Рисунке 5 и Рисунке 6. На порограммах заметно, что пористость образцов меняется в зависимости от времени обработки в среде углекислого газа. Так, массовая пористость образца без обработки углекислым газом составляет 32,8%. В дальнейшем после обработки углекислым газом в течение 1, 5, 20 и 60 минут пористость

составит 26,4%, 20,8%, 19,2% и 18,7% соответственно. Пористость образцов уменьшается вследствие перекристаллизации портландита в кальцит и его разновидности арагонит и ватерит, которые в дальнейшем, в свою очередь также переходят в кальцит [25] Диапазон размера пор для образцов из чистой извести составляет 0,05 – 0,1 мкм. Также заметно, что основная пористая структура таких образцов большей частью формируется за первые 5 минут обработки углекислым газом. Следует отметить, что карбонизация образцов продолжается и после выдержки в нормальных условиях в течение 1 недели. На Рисунке 4 видно, как пористость образца уменьшается с 26,4 до 22,9%, что связано с продолжением процесса карбонизации после обработки в среде повышенной концентрации.

Таким образом, можно сделать вывод, что изначальный набор прочности происходит за счет продолжающейся реакции карбонизации $\text{Ca}(\text{OH})_2$, но, в большей степени, уменьшение пористости образцов и увеличение прочностных показателей следует связать с процессами перекристаллизации кристаллов кальцита из скаленоэдрической формы в ромбоэдрическую и, связанными с этим, уплотнением и упорядочением микроstructures материала.

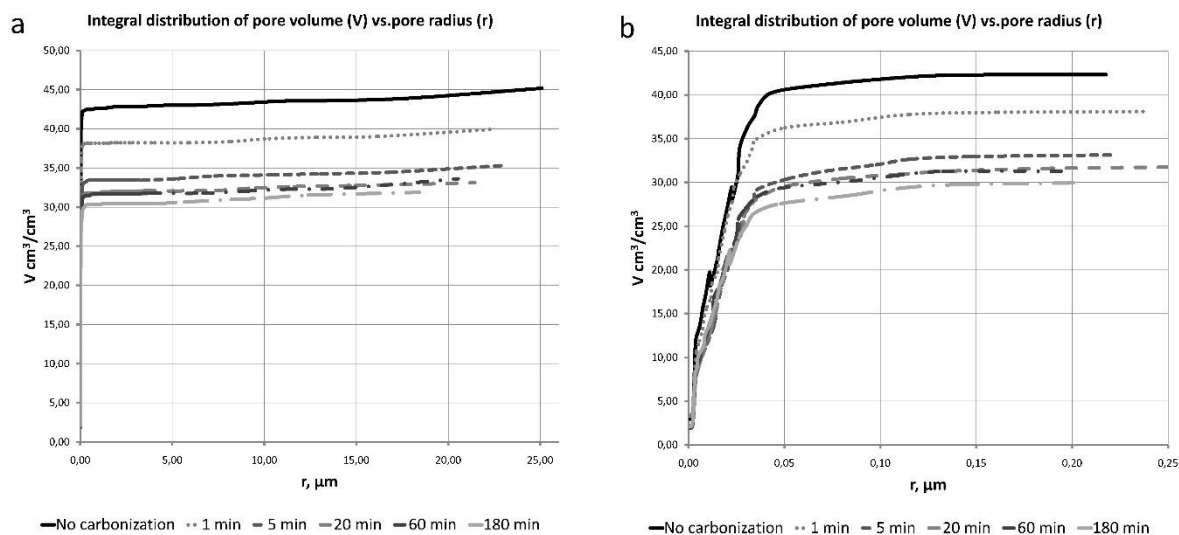


Рисунок 5. Интегральные кривые распределения объема пор по их радиусам (а – в диапазоне 0,1 – 25 мкм, б – в диапазоне 0,1 – 1 мкм) в образцах материала через 24 месяца вдержки в нормальных условиях после принудительной карбонизации в течение 1, 3, 6 и 9 часов.

Figure 3. Integral curves of pores volume distribution by their radiuses (a – within the range of 0.01 – 25 μm , b – within the range of 0.01 – 0.25 μm) in pure lime samples immediately after carbon dioxide processing within 1, 5, 20, 60 and 180 minutes.

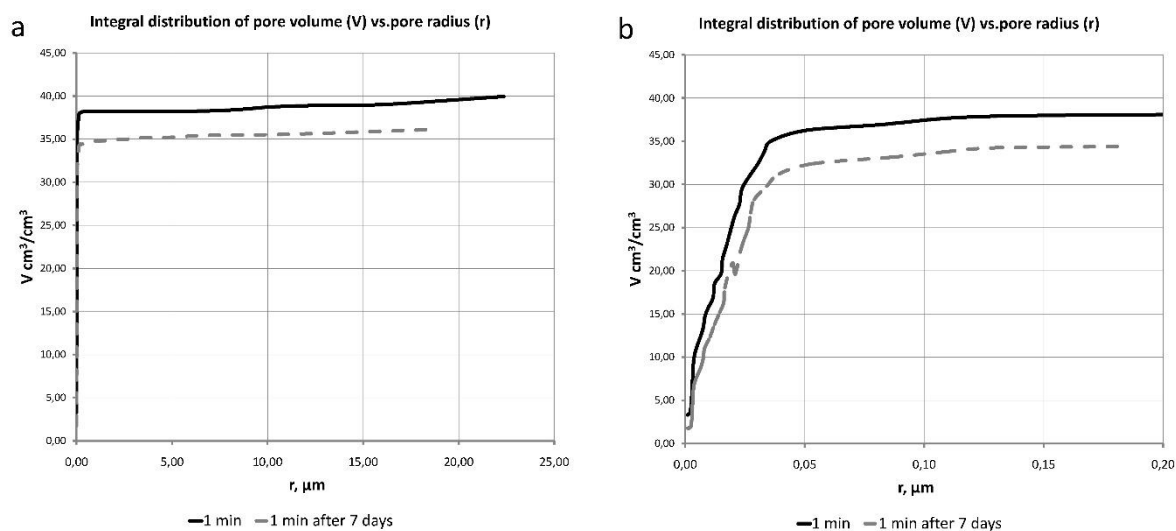


Figure 6. Интегральные кривые распределения объема пор по их радиусам (а – в диапазоне 0,1 – 25 мкм, б – в диапазоне 0,1 – 1 мкм) в образцах материала сразу после обработки углекислым газом в течение 1 мин и через 1 неделю.

Figure 6. Integral curves of pores volume distribution by their radiuses (a – within the range of 0.01 – 25 μm , b – within the range of 0.01 – 0.2 μm) in pure lime samples immediately after carbon dioxide processing within 1 min and after 7 full days.

ВЫВОДЫ

Общий анализ испытаний опытных образцов показывает, что с течением времени композиции из известковой печной пыли и известнякового заполнителя набирают прочность как в процессе обработки углекислым газом, так и в естественных

условиях за счет перекристаллизации кальцита. Так, прочность образцов, прошедших обработку углекислым газом в течение 1, 3, 6 и 9 часов, увеличилась через 24 месяца хранения в естественных условиях на 18,5%, 39,5%, 21,8% и 21% процентов соответственно. Однако в период времени с 6 до 24 месяцев наблюдается

незначительное снижение прочности в связи с наличием пережженных непогашенных частиц известковой пыли в составе сырьевой смеси.

Исследование пористой структуры показывает, что процесс карбонизации конечен и достигается приблизительно через 6 месяцев выдержки в нормальных условиях после принудительной карбонизации. Исследование пористой структуры образцов из чистой извести показывает, что основная пористая структура материала формируется в первые 5 минут процесса обработки углекислым газом.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что низкоактивная известковая пыль может выступать в качестве вяжущего компонента в композиции с известняковым наполнителем для получения прочных строительных материалов полусухого прессования, набор прочности которых достигается за счет карбонатного твердения в среде повышенной концентрации углекислого газа. Однако, необходимо уделять особое внимание содержанию в ней пережженных частиц СаО и применять различные технологические приемы для уменьшения и сведения их количества к минимуму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. Х. Бикбулатов, Р. Р. Насыров, Р. Р. Даминов, А. Ю. Воронин, Способ утилизации основных отходов производства кальцинированной соды // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2007. №2. С. 1-16
2. М. Х. Курбангалеев, А. А. Хасанова, Л. Ф. Янбеков, Использование твердых бытовых отходов содового производства в качестве сырья для производства товарной продукции // Сборник статей города России: Проблемы строительства, инжиниринга, благоустройства и экологии. 2015. С. 59-62
3. М. Джандулаева, М. Адилова З. Алиева, Ф. Холмухаматова, Использование карбонатных отходов содового производства в качестве сырья при производстве силикатного кирпича // Universum: технические науки. 2018. №12. С. 77-80
4. M.A. Latifa, S. Naganathanb, H.A. Razakc, K. N. Mustaphab, Performance of lime kiln dust as cementitious material // Procedia Engineering. 2015. №125. Pp. 780 – 787
5. A. Arulrajah, A. Mohammadinia, A. D'Amico, S. Horpibulsuk, Effect of lime kiln dust as an alternative binder in the stabilization of construction and demolition materials // Construction and Building Materials. 2017. № 152. Pp. 999–1007
6. P. Jitsanigam, W.K. Biswas, M. Compton, Sustainable utilization of lime kiln dust as active filler in hot mix asphalt with moisture damage resistance // Sustainable Materials and Technologies. 2018. №17. Pp. 69-71
7. В.Н. Терешин Строительные материалы с использованием известковых отходов сахарного производства / Терешин В.Н. //Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Минск. – 2004. – С. 142
8. C. Borges, A. Santos Silva, R. Veiga, Durability of ancient lime mortars in humid environment // Construction and Building Materials. 2014. № 66. Pp. 606–620
9. Pöllmann H, Mineralogical Strategies to reduce CO2 in the fabrication of alternative cements Proc. // IBAUSIL, 2015. №1 pp. 11-129
10. D.R. Moorehead, Cementation by the carbonation of hydrated lime // Cement and Concrete research. 1986. № 16 pp. 700–708
11. P.De Silva, L. Bucea, D.R. Moorehead, V. Sirivivatnanon, Carbonate binders: Reaction kinetics, strength and microstructure// Cement & Concrete Composites. 2006. № 28 pp. 613–620
12. K. Van Balen, D. Van Gemert, Modelling lime mortar carbonation // Materials and Structures. 1994. № 27 pp. 393-398
13. Н.В. Любомирский, С.И. Федоркин, А.С. Бахтин, Т.А. Бахтина, Т.В. Любомирская, Исследование влияния режимов принудительного карбонатного твердения на свойства материалов на основе известково-известняковых композиций полусухого прессования // Строительные материалы. 2017. №8. С. 7-12
14. С.И. Федоркин, Н.В. Любомирский, М.А. Лукьянченко, Системы на основе извести карбонизационного твердения // Строительные материалы. 2008. №11. С. 45-47
15. Н.В. Любомирский, С.И. Федоркин, Влияние давления углекислого газа на кинетику принудительной карбонизации известкового камня полусухого прессования и формирование его прочности // Строительная и техногенная безопасность. 2016. № 3 С. 28-38
16. Н.В. Любомирский, А.С. Бахтин, Т.А. Бахтина, Е.Ю. Николаенко, В.В. Николаенко, Влияние гидрокарбоната кальция на структурообразование и свойства материалов на основе извести карбонизационного твердения // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 11. С. 86-93
17. М. Фолмер, Кинетика образования новой фазы // ФИЗМАТЛИТ. Москва. 1986
18. A. NevesJuniora, S.R. Ferreirab, R.D. Toledo Filhoc, E.M. Rego Fairbairnd, J. Dweck, Effect of early age curing carbonation on the mechanical properties and durability of high initial strength Portland cement and lime-pozolan composites reinforced with long sisal fibres // Composites Part B. 2019. № 163 pp. 351–362
19. C. Borges, A. Santos Silva, R. Veiga, Durability of ancient lime mortars in humid environment // Construction and Building Materials. 2014. № 66 pp. 606–620
20. M. Abed, R. Nemes, Long-term durability of self-compacting high-performance concrete produced with waste materials // Construction and Building Materials. 2019. № 212 pp. 350–361
21. O. Cizer, K. VanBalen, J. Elsen, D. VanGemert, Crystal morphology of precipitated calcite crystals from accelerated carbonation of lime binders // 2nd Int. Conf.

on Accelerated Carbonation for Environmental and Materials Engineering. 2008 pp. 149-158

22 С.И. Федоркин, Н.В. Любомирский, В.Г. Носатов, Т.А. Локтионова, Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести // Строительная и техногенная безопасность. 2007. № 19-20. pp. 74-78.

23 Н.В. Любомирский, А.С.Бахтин, Т.А.Бахтина, Изменение физико-механических свойств известковокарбонатнокальциевых материалов принудительного карбонатного твердения во времени // Строительная и Техногенная безопасность. 2017. № 8. С. 67-73.

24 Volfkovich Yu M, Bagotzky V S, Sosenkin V E, Blinov I A 2001 The standard contact porosimetry Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 187–188 349–365.

25 Ghoulah Z, Rodrick Guthrie I L, Shao Y 2015 High-strength KOBM steel slag binder activated by carbonation Construction and Building Materials 99 175–183.

REFERENCES

1 I.Kh. Bikbulatov, R.R. Nasyrov, R.R. Daminov, A.Yu. Voronin, Method of utilization of the main waste of soda ash production, Electronic scientific journal Oil and gas business, 2 (2007) 1-16 (in Russian)

2 M.H. Kurbangaleev, A.A. Khasanova, L.F. Yanbekov, The use of solid waste soda production as a raw material for commercial products, Collected papers CITIES OF RUSSIA: PROBLEMS OF CONSTRUCTION, ENGINEERING, LANDSCAPING AND ECOLOGY, (2015) 59-62 (in Russian)

3 M. Dzhandullaeva, M. Adilova, Z. Aliyeva, F. Kholmukhamatova, The use of carbonate waste soda production as a raw material in the production of silicate bricks, Universum: Technical Sciences, 12 (2018), 77-80 (in Russian)

4 M.A. Latifa, S. Naganathanb, H.A. Razakc, K. N. Mustaphab, Performance of lime kiln dust as cementitious material, Procedia Engineering 125 (2015) 780 – 787

5 A. Arulrajah, A. Mohammadinia, A. D’Amico, S. Horpibulsuk, Effect of lime kiln dust as an alternative binder in the stabilization of construction and demolition materials, Construction and Building Materials 152 (2017) 999–1007

6 P. Jitsanigam, W.K. Biswas, M. Compton, Sustainable utilization of lime kiln dust as active filler in hot mix asphalt with moisture damage resistance, Sustainable Materials and Technologies 17 (2018) e00071

7 V. N. Tereshin Construction materials using lime waste of sugar production / V. N. Tereshin // Dissertation for the degree of candidate of technical Sciences. Minsk. - 2004. - P. 142

8 C. Borges, A. Santos Silva, R. Veiga, Durability of ancient lime mortars in humid environment, Construction and Building Materials 66 (2014) 606–620

9 Pöllmann H, Mineralogical Strategies to reduce CO₂ in the fabrication of alternative cements Proc., IBAUSIL, 1 (2015) 11-129

10 D.R. Moorehead, Cementation by the carbonation of hydrated lime, Cement and Concrete research 16 (1986) 700–708.

11 P.De Silva, L. Bucea, D.R. Moorehead, V. Sirivatnanon, Carbonate binders: Reaction kinetics, strength and microstructure, Cement & Concrete Composites 28 (2006) 613–620

12 K. Van Balen, D. Van Gemert, Modelling lime mortar carbonation, Materials and Structures 27(1994) 393-398

13 N.V. Lyubomirskiy, S.I. Fedorkin, A.S. Bakhtin, T.A. Bakhtina, T.V. Lyubomirskaya, Research in influence of regimes of forced carbonate hardening on properties of materials on the basis of lime-limestone compositions of semidry pressing, Stroitel'nye materialy 8 (2017) 7–12

14 S.I. Fedorkin, N.V. Lyubomirskiy, M.A. Lukyanchenko, System based on lime of carbonizing hardening Constr. Mater. 11 45-47 (in Russian)

15 N.V. Lyubomirskiy, S.I. Fedorkin, The influence of carbon dioxide pressure on the kinetics of forced carbonation of limestone semi-dry pressing and the formation of its strength, Construction and technogenic safety 3 (2016) 28-38 (in Russian)

16 N.V. Lyubomirskiy, A.S. Bakhtin, T.A. Bakhtina, E. Yu. Nikolaenko, V.V. Nikolaenko, Influence of calcium bicarbonate on the structure and properties of materials based on lime carbonation hardening, International research journal 11-4 (2016) 86-93 (in Russian)

17 M. Folmer, Kinetics of formation of a new phase, FIZMATLIT, Moscow 1986(in Russian)

18 A. NevesJuniora, S.R. Ferreirab, R.D. Toledo Filhoc, E.M. Rego Fairbairnd, J. Dweck, Effect of early age curing carbonation on the mechanical properties and durability of high initial strength Portland cement and lime-pozolan composites reinforced with long sisal fibres, Composites Part B 163 (2019) 351–362

19 C. Borges, A. Santos Silva, R. Veiga, Durability of ancient lime mortars in humid environment, Construction and Building Materials 66 (2014) 606–620

20 M. Abed, R. Nemes, Long-term durability of self-compacting high-performance concrete produced with waste materials, Construction and Building Materials 212 (2019) 350–361

21 O. Cizer, K. VanBalen, J. Elsen, D. VanGemert, Crystal morphology of precipitated calcite crystals from accelerated carbonation of lime binders, 2nd Int. Conf. on Accelerated Carbonation for Environmental and Materials Engineering (2008) 149-158

22 S. I. Fedorkin, N. V. Lyubomirskiy, V. G. Nosatov, T.A. Loktionova, Automatic installation and technique of studying of process of carbonization of lime, Construction and technogenic safety 19-20 (2007) 74-78.

23 N.V. Lyubomirskiy, A.S. Bakhtin, T.A. Bakhtina, Change of physical and mechanical properties of lime-carbonate calcium materials of

forced carbonate hardening in time, *Construction and technogenic safety* 8 (2017) 67-73

24 Volfkovich Yu M, Bagotzky V S, Sosenkin V E, Blinov I A 2001 The standard contact porosimetry *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 187–188 349–365.

25 Ghouleh Z, Rodrick Guthrie I L, Shao Y 2015 High-strength KOBM steel slag binder activated by carbonation *Construction and Building Materials* 99 175–183

STUDY OF THE STRUCTURE OF CARBONATE HARDENING MATERIALS BASED ON SODA WASTE

Lyubomirskiy¹ N.V., Nikolaenko² V.V., Nikolaenko³ E.U., Bakhtin⁴ A.S.

¹ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Academician Vernadsky Avenue, 4, niklub.ua@gmail.com

² V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Academician Vernadsky Avenue, 4, v1told@mail.ru

³ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Academician Vernadsky Avenue, 4, lesha29.04@mail.ru

⁴ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295007, Republic of Crimea, Simferopol, Academician Vernadsky Avenue, 4, aleserba@mail.ru

Abstract. Experimental studies have been carried out to establish the possibility of using calcium-containing waste in the form of low-activity lime dust in the production of durable building materials. Samples of the material were made in the form of cylinders by semi-dry pressing. Physical and mechanical properties, phase composition, and porosity of a material based on lime-limestone compositions that hardens in an environment with a high concentration of carbon dioxide after being stored in natural conditions for 24 months have been studied. In the analysis of experimental results revealed that the increase of strength of samples is observed due to the transition of portlandite into calcite when forced carbonization and recrystallization of scalenohedral calcite in rhombohedral form during storage of the samples in vivo.

Subject: regularities of the process of structure formation of the dispersed crystal microstructure of samples based on lime-containing wastes in the organization of their hardening in environments with high concentrations of carbon dioxide.

Materials and methods: the study svoystvenno-carbonate compositions performed on the samples-cylinders of dry press (specific pressing pressure – 30 MPa) with a diameter of 30 mm, the hardening of which was carried out in a carbonizing chamber under conditions of 40% concentration of carbon dioxide with variation in processing time – 1, 3, 6 and 9 o'clock. For the production of samples, calcium fluff was used as a binding component, which is a low-active lime dust that is deposited in the electrofilters of mine furnaces during the calcination of limestone. Marble-like limestone of the Balaklava Deposit of fractionated composition was used as a carbonate aggregate. Studies of changes in the phase composition of pushenka lime were carried out using derivatographic thermogravimetric analysis on a synchronous (TGA/DSK/DTA) analyzer STA 8000, PerkinElmer (USA). Study of the structure of the sample material depending on the conditions of treatment with carbon dioxide using x-ray diffraction analysis on the Bruker ASX D8ADVANCE x-ray diffractometer. The porous structure of the samples was analyzed using an automated reference poromer (version 3.2, manufactured by MPM&P RESEARCH INC). The physical and mechanical characteristics of the samples were obtained by standard laboratory tests.

Results: a general analysis of the test samples shows that over time, the compositions of lime kiln dust and limestone aggregate gain strength both in the process of processing with carbon dioxide and in natural conditions due to the recrystallization of calcite. Thus, the strength of samples treated with carbon dioxide for 1, 3, 6, and 9 hours increased by 18.5%, 39.5%, 21.8%, and 21% percent, respectively, after 24 months of storage in vivo. However, during the period from 6 to 24 months, there is a slight decrease in strength due to the presence of burnt-out outstanding particles of lime dust in the raw material mixture. The study of the porous structure shows that the carbonization process is finite and is achieved after approximately 6 months of exposure under normal conditions after forced carbonization. The study of the porous structure of pure lime samples shows that the main porous structure of the material is formed in the first 5 minutes of the carbon dioxide treatment process.

Conclusions: the results obtained allow us to conclude that it is possible to use soda waste in the form of low-active limestone dust as a binding component in a composition with a limestone aggregate to obtain strong semi-dry pressing construction materials,

the strength of which is achieved by accelerated carbonate hardening when pulled out in an environment with a high concentration of carbon dioxide. It is established that it is necessary to pay special attention to the content of burnt Cao particles in lime waste and apply various technological methods to reduce and reduce their amount to a minimum, since their presence can lead to destructive processes that reduce physical, mechanical and operational characteristics.

Key words: lime waste, marble-like limestone, carbonation hardening, porosity, strength.

Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 621.3.018.72

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ И АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Шеметов И.В., Бекиров Э.А., Асанов М.М.

Физико-технический институт (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181
E-mail: kaf_energo@cfuv.ru

Аннотация. К качеству поставляемой электроэнергии предъявляются достаточно жесткие требования. Это, в первую очередь, связано с теми негативными последствиями, которые являются результатом выхода основных параметров электроэнергии за допустимые пределы. Следствием отклонения величин питающего напряжения, частоты и коэффициента несинусоидальности от регламентируемых значений могут быть увеличение потерь в проводниках и электрических машинах, снижение рабочих параметров оборудования, значительные экономические потери. С целью мониторинга параметров качества питающей электрической энергии и обеспечения релейной защиты потребителей в работе предложено устройство, выполненное на программируемом логическом контроллере ATmega328p. В устройстве реализовано определение таких параметров как напряжение, ток, частота, мощность подключенной нагрузки, $\cos\phi$, а также управление коммутирующими аппаратами по сигналам от двухступенчатой токовой отсечки и реле напряжения.

Ключевые слова: качество электроэнергии, устройство мониторинга, релейная защита, программируемый логический контроллер

ВВЕДЕНИЕ

Надежность электрооборудования в период его эксплуатации во многом зависит от точности соблюдения требований, предъявляемых заводом изготовителем, к качеству питающей электроэнергии. Выход за допустимые пределы таких ее параметров, как напряжение, ток, частота переменного тока, $\cos\phi$ и др. могут привести к некорректной работе оборудования, уменьшению его срока службы либо к возникновению необратимых повреждений [1, 2].

Так как структура энергосистемы постоянно претерпевает изменения, подключаются и отключаются потребители, то параметры электроэнергии не могут оставаться неизменными. Тем не менее, их отклонения должны находиться в пределах, установленных нормативными документами. Поставляемая потребителям электроэнергия должна соответствовать требованиям, описанным в ГОСТ 32144-2013 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», где под качеством электрической энергии понимается степень соответствия характеристик электрической энергии в данной точке электрической системы совокупности нормированных показателей качества электрической энергии [3]. Основными контролируемыми параметрами электроэнергии являются напряжение, частота и коэффициент несинусоидальности. Качество электроэнергии, в

частности, влияет на скорость износа оборудования, в особенности промышленных потребителей. Как следствие, снижается эффективность его функционирования, повышается энергопотребление. В случае, когда нагрузка остается постоянной, а величина питающего напряжения снижается, повышается потребляемый ток, что ведет к износу изоляции питающих проводников и обмоток. У осветительных приборов колебания питающего напряжения ведут к изменению излучаемого светового потока [4]. Мониторинг качества электроэнергии необходим не только для сохранения работоспособности устройств и агрегатов, обеспечения правильного технологического режима, но и для устойчивой работы всей энергосистемы.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для предотвращения нежелательных последствий и обеспечения сохранности оборудования необходимо обеспечивать его защиту от ненормальных режимов работы. Для этого используются специализированные средства защиты и противоаварийной автоматики. В частности, такие устройства располагаются на распределительных подстанциях, осуществляют защиту линий, трансформаторов, шин и прочего оборудования. Однако такие устройства дороги, громоздки и сложные в производстве. Для аналогичных целей могут быть использованы программируемые логические контроллеры, которые в настоящее время

широко используются для автоматизации технологических процессов [5, 6].

Таким образом, разрабатываемое устройство мониторинга качества электрической энергии и релейной защиты должно иметь входные интерфейсы, уметь измерять переменное напряжение и ток, различать форму сигнала (наличие в нем гармоник), рассчитывать фазу, мощность нагрузки (сопротивление, при необходимости) и $\cos\phi$. Также устройство должно обладать выходными интерфейсами для управления устройствами коммутации или уже существующими защитами.

ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА

Условно разработанный прибор можно разделить на ряд блоков (рис. 1). Клеммный ряд, к которому со стороны прибора подключена аналоговая схема обработки тока и напряжения, контакты реле. Отладочная плата ArduinoNano на базе микроконтроллера ATmega328p, двухстрочный шестнадцатид символьный дисплей с контроллером I2C, блок кнопок управления, светодиодная индикация.

Клеммный ряд очень удобен для подключения токовых цепей и цепей напряжения. У каждого реле есть три контакта, это нормально замкнутая и нормально разомкнутая пара. На клеммный ряд можно вывести все три контакта или любую пару на выбор. Прибор имеет дисплей для вывода информации о параметрах, характеризующих систему, таких как напряжение, ток, частота, мощность подключенной нагрузки, $\cos\phi$ и др. Также с помощью четырех клавиш предусмотрена гибкая настройка параметров защит в меню. Плата питается от 5 В.

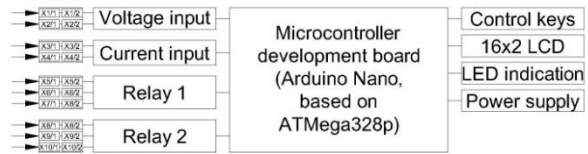


Рис. 1. Блок схема устройства

Устройство имеет следующую схему (рис. 2). Всего 1 вход по напряжению и 1 по току, 4 кнопки управления, 1 светодиод индикации, жидкокристаллический дисплей подключенный через I2C драйвер, 2 выходных реле с тремя контактами. Одним из возможных вариантов питания является питание от литий ионного аккумулятора формата 18650 через импульсный модуль повышения и стабилизации напряжения. Повышающий импульсный преобразователь постоянного тока преобразует плавающее в диапазоне 4,2 – 3,7 В напряжение аккумулятора в стабилизированное напряжение 5 В, необходимое для питания схемы. Интерфейс управления, может быть пересмотрен, а питание может осуществляться от сети. Количество аналоговых входов позволяет подключить до шести токовых блоков или блоков напряжения, что позволит анализировать трехфазную сеть. Максимальное количество выходных реле не ограничено (при использовании микросхем сдвиговых регистров на запись), также не ограничено количество дискретных высоковольтных и низковольтных входов (при использовании микросхем сдвиговых регистров на чтение) для реализации логики, в которой участвуют другие устройства, на базе микроконтроллеров. Поскольку устройство реализует только реле напряжения и двухступенчатую токовую отсечку дискретные входы не предусмотрены. Их можно очень просто реализовать используя диодный мост (при работе с переменным напряжением), высоковольтный делитель напряжения, сглаживающий конденсатор, цепочку разряда конденсатора и триггер Шмитта.

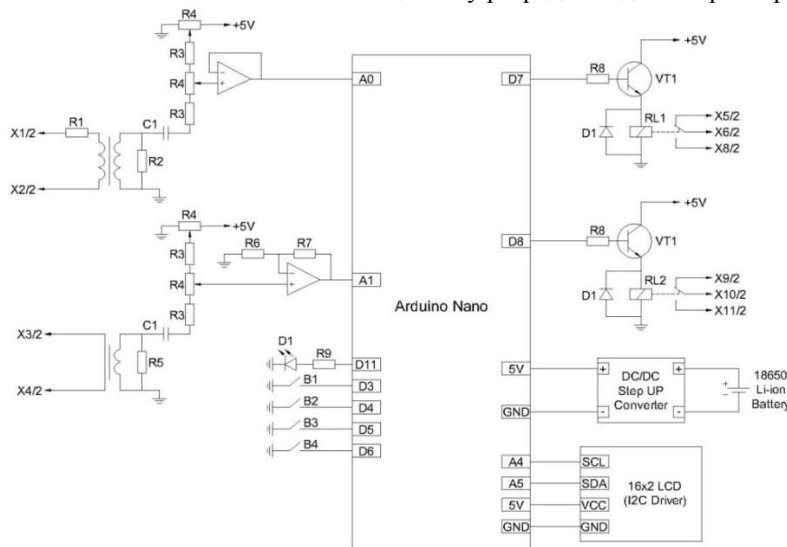


Рис. 2. Принципиальная схема устройства

ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА

Вход по напряжению преобразует высоковольтное переменное напряжение в напряжение изменяющееся в диапазоне от 0 до 5 В относительно минуса питания микроконтроллера. Точковый вход преобразует ток в напряжение с малой амплитудой и усиливает его до пределов от 0 до 5 В. Приемлемое для микроконтроллера напряжение поступает на аналоговые входы отладочной платы (АЦП). Встроенный АЦП ATmega 328p имеет разрядность 10 bit, это значит, что напряжение 0 – 5 В преобразуется в относительную величину в диапазоне от 0 до 1023 единиц. Путем изменения коэффициента пропорциональности этих двух величин достигается обратный перевод относительной величины в истинное значение напряжения для каждого момента времени (то есть мгновенное, а не действующее значение напряжения). Прототип реализует только 2 защиты: двухступенчатую токовую отсечку и реле напряжения. Уставками токовой отсечки являются ток и время первой ступени, ток и время второй ступени. Истинное значение тока, полученное после обработки данных, сверяется с уставкой по току. При превышении уставки запускается таймер, по истечении которого срабатывает выходное реле. Таймер сбрасывается, если сила тока падает ниже уставки. У устройства есть 2 реле. Для каждой защиты настраиваются выходные реле, т.е., две защиты могут действовать в одно реле или одна защита может действовать в два реле сразу. Кроме этого, на клеммы выведены как нормально разомкнутые, так и нормально замкнутые контакты. Реле напряжения имеет следующие уставки: верхнее напряжение срабатывания, верхнее напряжение возврата, нижнее напряжение срабатывания, нижнее напряжение возврата. Защиты можно выключить программно выключив сами защиты, либо убрав все реле из их выходных воздействий. Во втором случае защита программно отработает, сообщит об этом (светодиодная индикация, сообщение на дисплее) но не произведет коммутацию.

ИНТЕРФЕЙС УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ

Интерфейс управления устройством состоит из четырех клавиш управления и двухстрочного дисплея. Главная страница меню предназначена для отображения величин, характеризующих нагрузку или сеть: напряжение, ток, мощность, частота, cosφ. Также на главной странице выводится информация о произошедших событиях, работе защит. Для квитирования светодиодной индикации после работы защиты необходимо нажать клавишу «вверх». Переход в настройки из главной страницы осуществляется нажатием кнопки «вправо». Древовидное ветвление меню направлено вправо. Для перехода в выбранный указателем (треугольник расположенный справа от названий элементов меню) подпункт меню необходимо нажать клавишу

«влево», для возвращения в предыдущее подменю – клавишу «вправо». Выбор элемента подменю осуществляется клавишами «вверх» и «вниз». Для задания уставки, из подменю настройки параметров защит необходимо нажать клавишу «вправо». Величина уставки возьмется в угловые скобки и пропадет указатель элемента подменю. Это режим ввода уставки. Величина уставки выставляется кнопками «вверх» и «вниз». Уставка может изменяться только в определенном диапазоне, шаг уставки определен для каждой величины отдельно исходя из удобства. Поддерживается долгое нажатие, для быстрого изменения параметра уставки.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ВНЕШНИЙ ВИД УСТРОЙСТВА

Программное обеспечение устройства реализовано в ArduinoIDE, поэтому в коде обязательными являются 2 функции `setup()`, которая выполняется 1 раз и `loop()` представляющая из себя бесконечный цикл. Функционально его можно разделить на 3 части: меню для ввода уставок, измерение и защиты. В функции `setup()` происходит инициализация всех переменных, структур, дисплея, установка режима работы пинов микроконтроллера и пр. Все функции написаны таким образом чтобы микроконтроллер не задерживался в их теле и проходил с максимальной скоростью, таким образом реализована псевдо-многозадачность. Языком программирования является C++.

3D модель корпуса была разработана в SolidWorks и распечатана на 3D принтере (рис. 3 – 5).

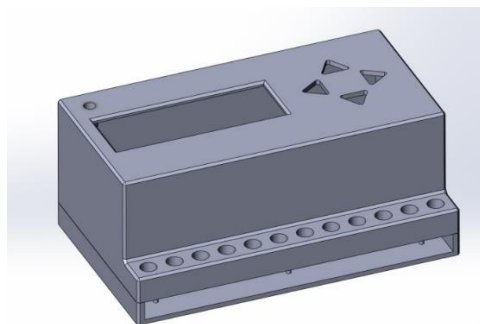


Рис. 3. 3D модель корпуса

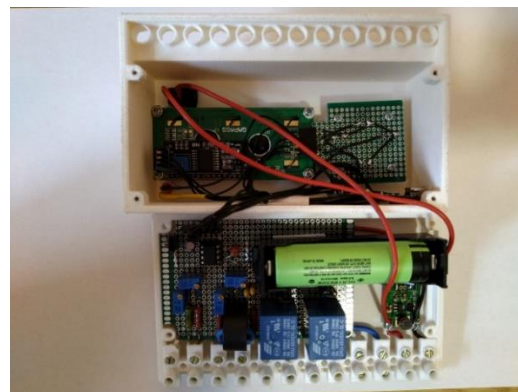


Рис. 4. Компоновка элементов внутри корпуса



Рис. 5. Внешний вид устройства

ВЫВОДЫ

Выход параметров питающей электрической энергии за допустимые пределы влечет за собой целый ряд необратимых для потребителей последствий, таких как снижение их рабочих параметров, характеристик надежности и долговечности. Описанное устройство мониторинга параметров качества электрической энергии и релейной защиты определяет, в том числе, напряжение, ток, частоту, мощность подключенной нагрузки, $\cos\varphi$, а также может посылать управляющие сигналы на коммутирующую аппаратуру от встроенной двухступенчатой токовой отсечки и реле напряжения. Устройство реализовано на отладочной плате ArduinoNano на базе микроконтроллера ATmega328p, включает в себя двухстрочный шестнадцатисимвольный дисплей, блок кнопок управления, светодиодную индикацию. Программное обеспечение устройства реализовано в ArduinoIDE, языком программирования являлся C++.

Разработанное устройство призвано оградить потребителей от негативного влияния питающего напряжения, параметры качества которого выходят за установленные нормативными документами пределы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бекиров Э.А. Программа для анализа гармонических составляющих напряжений и токов / Э.А. Бекиров, М.М. Асанов, Д.В. Поляновский // Строительство и техногенная безопасность. – 2017. - № 7(59). – С. 83 – 88.
2. Амерханов Р.А. Разработка электронных устройств для измерения высших гармоник для солнечных электростанций переменного тока промышленной частоты / Р.А. Амерханов, Э.А. Бекиров, И.В. Шеметов, П.Ю. Босько // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. – 2018. - № 13-15 (261-263). – С. 149 – 156.
3. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической

энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартиформ, 2014. 16 с.

4. Иванов А.В. Мониторинг и управление качеством электрической энергии в интеллектуальных системах электроснабжения / А.В. Иванов, Ю.Н. Кучеров, В.С. Кармашев, В.В. Никифоров // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Управление качеством электрической энергии» Москва 2018. С. 89-97.

5. Сухоплюев Д.И. Анализ современных программируемых логических контроллеров / Д.И. Сухоплюев, А.А. Орда, В.В. Салин, Л.Б. Мингалеева // Труды VII Международной научно-практической конференции «Информационные технологии. Автоматизация. Актуализация и решение проблем подготовки высококвалифицированных кадров (ИТАП-2017)» 19 мая 2017 г. Набережные Челны, 2007. С. 146-152

6. Егоров А.А. Промышленные контроллеры: прошлое, настоящее и будущее программируемые логические контроллеры: история создания / А.А. Егоров // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2018. - № 6 (107). – С. 36-50.

REFERENCES

1. Bekirov E.A. Program for the analysis of harmonic components of voltages and currents / E.A. Bekirov, M.M. Asanov, D.V. Polyanovsky // Construction and technological safety. - 2017. - No. 7 (59). - S. 83 - 88.
2. Amerkhanov R.A. Development of electronic devices for measuring higher harmonics for solar power plants of alternating current of industrial frequency / R.A. Amerkhanov, E.A. Bekirov, I.V. Shemetov, P.Yu. Bosko // International Scientific Journal of Alternative Energy and Ecology. - 2018. - No. 13-15 (261-263). - S. 149 - 156.
3. GOST 32144-2013. Electric Energy. Electromagnetic compatibility. Quality standards for electric energy in general-purpose power supply systems. M.: Standartinform, 2014. 16 s.
4. Ivanov A.V. Monitoring and quality management of electric energy in intelligent power supply systems / A.V. Ivanov, Yu.N. Kucherov, V.S. Karmashev, V.V. Nikiforov // Proceedings of the International scientific-practical conference "Management of the quality of electric energy" Moscow 2018. P. 89-97.
5. Sukhoplyuev D.I. Analysis of modern programmable logic controllers / D.I. Sukhoplyuev, A.A. Horde, V.V. Salin, L.B. Mingaleeva // Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference "Information Technologies. Automation. Actualization and solution of the problems of training highly qualified personnel (ITAP-2017)" May 19, 2017 Naberezhnye Chelny, 2007. P. 146-152
6. Egorov A.A. Industrial controllers: past, present and future programmable logic controllers: history of creation / A.A. Egorov // Automation and IT in the energy sector. - 2018. -- No. 6 (107). - S. 36-50.

AUTOMATED MEASUREMENT AND ANALYSIS OF ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF A
THREE-PHASE AC CHAIN

Shemetov I.V., Bekirov E.A., Asanov M.M.

Summary. The quality of electricity supplied is subject to quite stringent requirements. This is, first of all, due to the negative consequences that are the result of the main parameters of electricity going beyond acceptable limits. The deviation of the supply voltage, frequency and non-sinusoidality coefficient from the regulated values may result in an increase in losses in conductors and electrical machines, a decrease in the operating parameters of equipment, and significant economic losses. In order to monitor the quality parameters of the supplying electric energy and ensure relay protection of consumers, a device made on the ATmega328p programmable logic controller was proposed. The device implements the definition of such parameters as voltage, current, frequency, power of the connected load, $\cos\varphi$, as well as control of switching devices by signals from a two-stage current cutoff and voltage relay.

Key words: power quality, monitoring device, relay protection, programmable logic controller

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЖИЛЫХ ДОМОВ ГОРОДА МАЙКОПА

Борсук О.Ю., Меретуков З.А.

Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп
E-mail: borsuk.oxana@yandex.ru zaur-meretukov@yandex.ru

Аннотация В статье предложены способы снижения теплопотерь жилого дома. Обследование проводилось с помощью мобильного тепловизора Seek Thermal. Предложения позволят повысить энергоэффективность здания и снизить теплопотери.

Ключевые слова: жилые здания, теплопотери, ресурсосбережение, теплотехнические параметры, конструкции здания

ВВЕДЕНИЕ

2017 год был объявлен Годом Экологии. В сфере технической эксплуатации жилых домов можно выделить основные экологические критерии эффективности проектов, направленных на энергосбережение:

- сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу. Жилые здания вносят свой вклад в увеличение выбросов напрямую - путем сжигания углеводородного топлива, например, при теплоснабжении, и опосредованно - вследствие использования строительных материалов и техники, производство и работа которых влечет за собой значительные затраты энергии.

- сокращение сбросов в гидросферу химически опасных соединений и их утечки в результате неправильного хранения, использования или утилизации при строительстве и реконструкции зданий;

- снижение теплового, радиоактивного, электромагнитного, звукового загрязнения и т.д.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для учета дополнительных факторов, связанных с условиями финансирования, конъюнктурой рынка, применяют специальные показатели и методы оценки, например, показатель сравнительной эффективности энергосбережения, рассчитываемый как отношение объема сэкономленной энергии на отопление здания за отопительный период к дополнительным затратам, связанным с повышением его тепловой защиты.

В условиях рыночной экономики предпочтение, как правило, отдается малозатратным энергосберегающим мероприятиям, имеющим небольшой срок окупаемости - 3-5 лет. Для оценки малозатратных мероприятий с одинаковыми потоками платежей в течение всего жизненного цикла проекта применяют простые показатели, для крупных проектов с неоднородными потоками расходов и доходов - показатели экономической эффективности проекта, рассчитываемые с применением дисконтирования.

Энергоэффективный (энергопассивный) дом – это строение, в котором затраты, связанные с потреблением энергии, в среднем на 30% меньше, чем в обычном доме. Энергоэффективность недавнего времени можно было определить по коэффициенту сезонного использования тепловой энергии – E.

- $E \leq 110 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2/\text{год}$ – это обычный дом;
- $E \leq 70 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2/\text{год}$ – энергоэффективный;
- $E \leq 15 \text{ кВт}\cdot\text{ч} / \text{м}^2/\text{год}$ – пассивный.

При подсчёте коэффициента E учитывается: отношение площади всех наружных поверхностей ко всей кубатуре дома, толщина слоя теплоизоляции в стенах, кровле и перекрытиях, площадь остекления и количество людей, проживающих в здании.

В Европе для определения класса энергоэффективности принято использовать коэффициент EP, который определяет количество электроэнергии, затрачиваемой на отопление, ГВС, свет, вентиляцию и работу бытовых электроприборов.

За отправную точку берётся $EP = 1$ и энергетический класс D, т.е. стандартный. Современная классификация домов, принятая в европейских странах, выглядит так:

- $EP \leq 0,25$ – класс А, пассивный дом;
- $0,26 < EP \leq 0,50$ – класс В, экономичный;
- $0,51 < EP \leq 0,75$ – класс С, энергосберегающий дом;
- $0,75 < EP \leq 1$ – класс D, стандартный;
- $1,01 < EP \leq 1,25$ – класс E;
- $1,26 < EP \leq 1,50$ – класс F;
- $EP > 1,51$ – класс G, самый энергозатратный.

В обычном, недостаточно утепленном жилье с большими теплопотерями через ограждающие конструкции, большая часть энергии (до 70%) уходит на отопление.

В нашей стране отопительный период в среднем длится 7-8 месяцев, а климат более суровый, чем в Европе.

Республика Адыгея по инсоляционным показателям относится к Канаде, то есть зима у нас как в Канаде, а лето жаркое – азиатское. Из-за этого возникает масса споров о том, выгодно ли строить у

нас энергосберегающие дома. Одним из самых частых утверждений противников энергоэффективного строительства является довод о том, что в нашей стране строительство такого здания обходится очень дорого, а затраты на его возведение не окупятся никогда.

Основные теплопотери в доме происходят через:

1. окна;
2. ограждающие конструкции (крышу, стены, фундамент);
3. вентиляцию.

При создании проекта экономически сбалансированного дома необходимо стремиться к тому, чтобы теплопотери по всем трём категориям были примерно одинаковы, т.е. по 33,3%. В этом случае достигается баланс между дополнительным утеплением и экономической выгодой от такого утепления. Что же делать с домами, которые уже построены и активно эксплуатируются?

На первом этапе необходимо определить:

- 1) потери тепла через ограждающие конструкции здания;
- 2) точки минимума и максимума температур в конструкции;
- 3) места утечек тепла и «мостики холода»

На втором этапе, проанализировать полученные данные и разработать план мероприятий по повышению энергоэффективности жилого дома.

Микрорайон Черемушки города Майкопа активно застраивался в 80 годы прошлого столетия. Из всей застройки микрорайона около 80% составляют 5-9 этажные кирпичные здания типовых массовых серий второго поколения, 20% панельные дома. Представителями первой группы являются здания типовой серии П-29 со стенами из кирпича.

Целью нашего исследования стало получение наиболее информативных и точных данных по техническому состоянию кирпичных зданий трех девятиэтажных жилых домов типовой серии П-29 и необходимости проведения капитального ремонта с утеплением фасадов для повышения энергоэффективности таких зданий.

Приборы исследования - мобильный тепловизор Seek Thermal.

Тепловизионная инспекция жилых домов проводилась с помощью мобильного тепловизора Seek Thermal. Камера тепловизора подключается к смартфону или планшету. Далее через бесплатное приложение Seek Thermal производится тепловизионная съемка с возможностью сохранения фото- и видеоматериалов в памяти телефона.

Объект исследования – жилые дома типовой серии П-29 микрорайона Черемушки.

Предмет исследования – теплотехнические характеристики жилого здания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ



Рис. 1. Мобильный тепловизор Seek Thermal

Методика исследования соответствовала ГОСТ Р 54852-2011 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций

Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций основан на дистанционном измерении тепловизором полей температур поверхностей ограждающих конструкций, между внутренними и наружными поверхностями которых существует перепад температур, и визуализации температурных аномалий для определения дефектов в виде областей повышенных теплопотерь, связанных с

нарушением теплоизоляции, а также участков внутренних поверхностей ограждающих конструкций, температура которых в процессе эксплуатации может опускаться ниже точки росы.

Температурные поля поверхностей ограждающих конструкций получают на экране смартфона в виде псевдоцветного изображения изотермических поверхностей. Градации цвета или яркости на изображении соответствуют температурам -40° до $+330^{\circ}$ по Цельсию. Кроме того, температурные поля и другая сопутствующая измерения информация записываются в виде термограмм во встроенной памяти смартфона.

Термограммы, записанные во встроенной памяти визуализируются и подвергаются компьютерной обработке для составления отчетов и обработки (уточнения) результатов измерений. Тепловизионному контролю подвергают наружные конструкции фасадов жилых домов. Тепловизионный контроль ограждающих конструкций проводился в отопительный сезон 22 ноября 2018 года, относительная влажность воздуха 95%, штиль, безветрие, облачность более половины неба в течение всего соответствующего периода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Тепловизионный контроль ограждающих конструкций был проведен в три этапа.

Первый этап: осмотр объекта контроля с помощью тепловизора с сохранением термограмм в памяти. Данный осмотр проведен для формирования общей характеристики объекта и выявления участков, подлежащих дальнейшему термографированию.

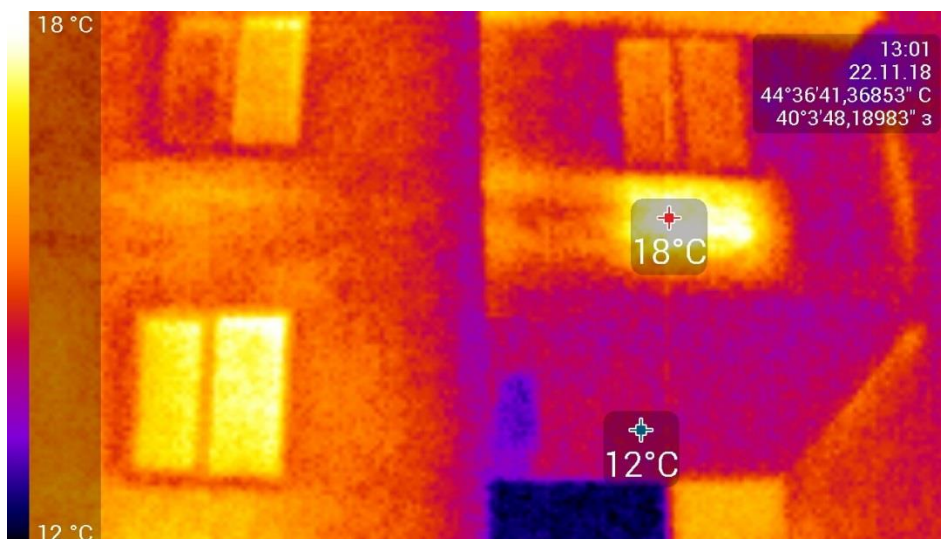


Рис. 2. Первый этап осмотра. Выявление участков.

Второй этап: обзорное термографирование наружных поверхностей ограждающих конструкций с сохранением термограмм в памяти. Обзорное крупномасштабное термографирование

наружных поверхностей ограждающих конструкций явилось предварительным этапом при проведении детального термографирования с целью локализации зон проведения обследований.

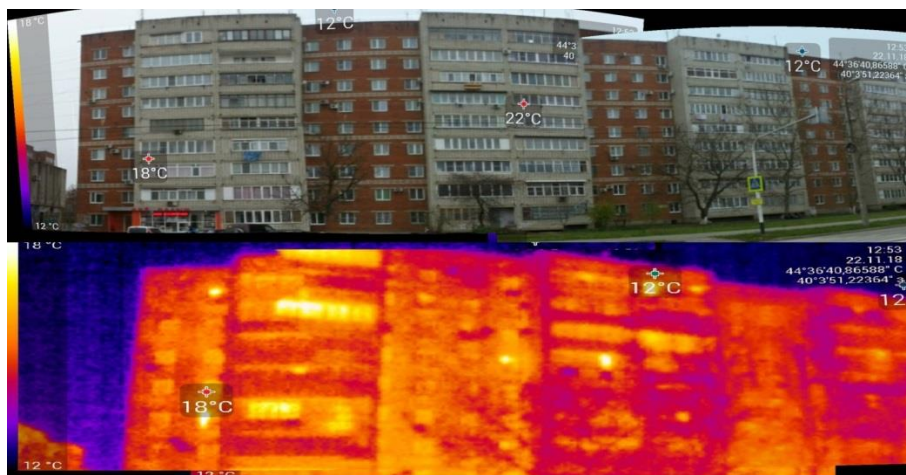


Рис. 3. Второй этап. Крупномасштабное фотографирование.

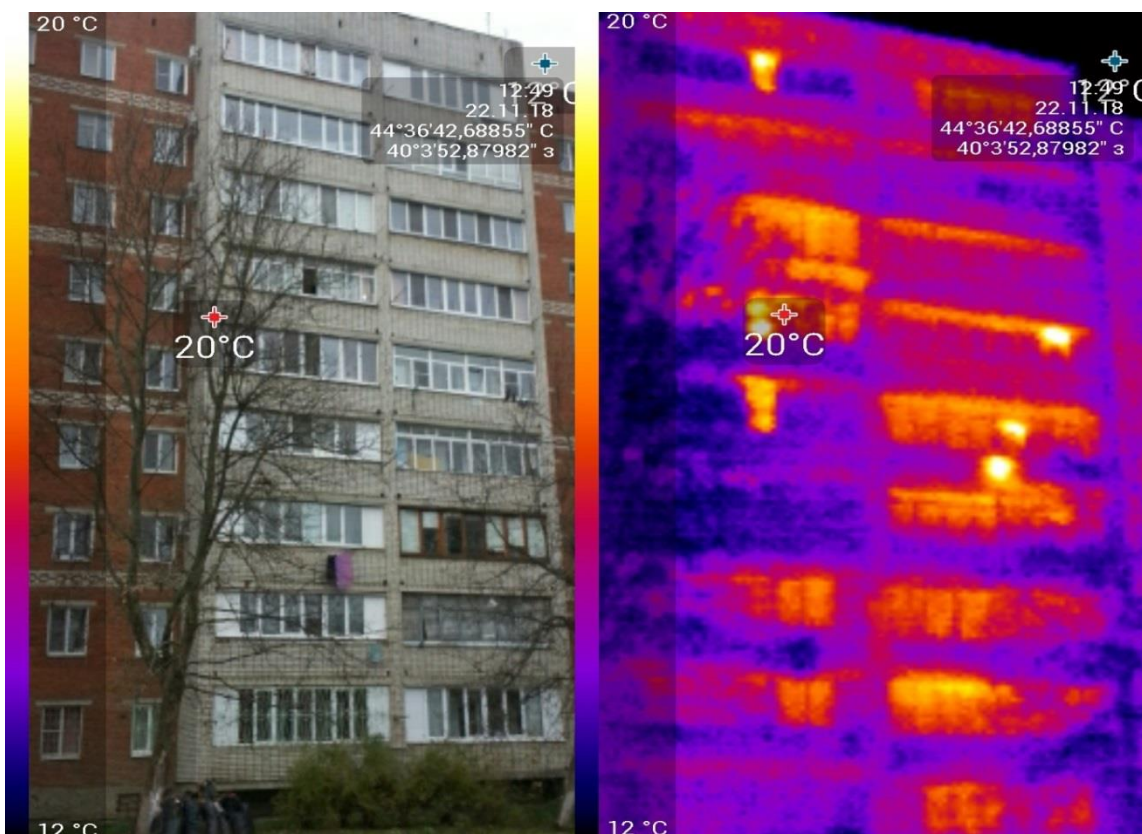


Рис. 4. Второй этап. Крупномасштабное фотографирование.

Третий этап: детальное термографирование выделенных участков наружных поверхностей ограждающих конструкций проводится с сохранением термограмм в памяти тепловизора

и/или на внешних съемных носителях памяти и с обязательным составлением отчета о термографическом обследовании



Рис. 5. Детальное фотографирование.

Тепловизионные измерения проводились 22 ноября 2018 года при температуре +3° С, что соответствовало перепаду температур между наружным и внутренним воздухом, превосходящем

минимально допустимый перепад Δt_{\min} , °С, значение которого определяют по формуле

$$\Delta t_{\min} = 2\Delta\theta R_0^{\text{н}} \frac{\alpha r}{1-r}, (1)$$

где $t_{\text{вн}}$ - предел температурной чувствительности тепловизора, °С; $t_{\text{пр}}$ - проектное значение сопротивления теплопередаче, °С·м /Вт; k - коэффициент теплоотдачи, принимаемый равным: для внутренней поверхности стен - по нормативно-технической документации, для наружной поверхности стен при скоростях ветра 1; 3; 6 м/с соответственно.

Во многих случаях для выполнения условия по формуле (1) оказывается достаточным перепад температуры между внутренним и наружным воздухом не менее 10 °С - 15 °С. Чем выше перепад температур, тем более точными являются и лучше поддаются анализу и обработке результаты тепловизионных обследований.

Обследуемые поверхности не находились в зоне прямого и отраженного солнечного облучения в течение 12 ч до проведения измерений. Оконные и дверные проемы в обследуемом объекте сохранялись в фиксированном положении в течение 12 ч до начала и в процессе проведения измерений.

Точки съемки выбирались так, чтобы поверхность объекта измерений находилась в прямой видимости под углом наблюдения не более 60°. Под данными углами должны находиться все поверхности, подлежащие анализу в рамках каждой термограммы. Тепловизионное измерение проводилось при отсутствии атмосферных осадков, тумана, задымленности. Поверхности ограждающих конструкций в период тепловизионных измерений не подвергалось дополнительному тепловому воздействию от биологических объектов, источников освещения. На обследуемой поверхности были выбраны геометрические реперы - размер откоса окна, расстояние между стыками панелей ограждающей конструкции и другие геометрические особенности. Обработка термограмм проводилась с помощью обработки записанного в оцифрованном виде теплового изображения.

Анализ термограмм представляет собой процедуру, направленную на выявление причин возникновения температурных аномалий с целью выявления нарушения теплоизоляции ограждающих конструкций или снижения ее качества. При анализе термограмм наружной поверхности ограждающей конструкции, ограждающая конструкция была разбита на участки, для которых температурные условия на внутренней поверхности близки к постоянным (отсутствуют локальные источники тепла, заметно влияющие на температуру внутренней поверхности).

На стадии анализа использовались обработанные или необработанные термограммы для компьютерной визуализации температурных полей на поверхности ограждающей конструкции с возможностью выделения отдельных участков ограждающих конструкций для проведения компьютерных оперативных расчетов перепадов

температур, построения гистограмм линейных и поверхностных распределений температур. Основным критерием сравнения различных участков поверхности ограждающей конструкции является разница температур в выбранной точке на сравниваемом и базовом участках поверхности.

ВЫВОДЫ

1) основные потери тепла идут через лоджии и окна, имеются перепланированные квартиры, и квартиры с теплыми полами, у которых теплопотери больше;

2) выражены теплопотери на стыках лоджий со стенами дома и подвальных помещений, плит лоджий первого этажа при их утеплении снизятся теплопотери;

3) поскольку температурная аномалия имеет место в эталонной термограмме, то данная аномалия не относится к дефекту теплоизоляции, а является следствием конструктивных особенностей оболочки ограждающей конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 54852-2011. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций - Введ. 2011-0115. - М.: Стандартинформ, 2011, 64 с.

2. Левин Е.В., Окунев А.Ю., Умнякова Н.П., Шубин И.Л. Основы современной строительной термографии / Под общей редакцией д.т.н. И.Л.Шубина. - М.: НИИСФ РААСН, 2017. - 176 с.

3. Качан Ю.Г., Братковская Е.А. Об экономической целесообразности проектов энергосбережения и ее обеспечении [Электронный ресурс] // Экономика промышленности. - Условия доступа http://www.rusnauka.com/29_NNM_2008/Economics/35847.doc.htm (дата обращения: 11.08.2018).

4. Показатели эффективности энергосберегающих мероприятий [Электронный ресурс] // Блог энергетика по отоплению, вентиляции и кондиционированию - Энергосбережение. - 2017. - Условия доступа: <http://engineerishka.ru/energobere>

REFERENCES

1. GOST R 54852-2011. Buildings and structures. The method of thermal imaging quality control of thermal insulation of enclosing structures is Introduced. 2011-0115. - Moscow: STANDARTINFORM, 2011, 64 p.

2. Levin E. V., Okunev A. Yu., Umnyakova N. P., Shubin I. L. Fundamentals of modern construction thermography / edited by Dr. I. L. Shubin. - Moscow: NIISF RAASN, 2017. - 176 p.

3. Kachan Yu. G., Bratkovskaya E. A. on the economic feasibility of energy saving projects and its provision [Electronic resource] // Economics of industry. - Conditions of access

http://www.rusnauka.com/29_NNM_2008/Economics/35847.doc.htm (date accessed: 11.08.2018).
4. Performance indicators of energy saving measures [Electronic resource] // Blog energy for

heating, ventilation and air conditioning - energy Saving. - 2017. - Access conditions: <http://engineerishka.ru/energobere>

THE OFFERS ON REDUCTION OF HEAT LOSSES OF THE MAIN BUILDING OF MAYKOP

Borsuk O.U., Meretukov Z.A.

«Maykop state technological university», Maykop
borsuk.oxana@yandex.ru zaur-meretukov@yandex.ru

Summary. The paper suggests ways to reduce heat loss of the main building of Maykop. Inspection was carried out using the device of the Seek Thermal. The proposals will enhance the building's energy efficiency and reduce heat loss.

Key words: residential buildings, heat losses, resource-saving, heat-technical parameters, constructions of the building.

УДК 628.16.081.3

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДОГО УГЛЕРОДНОГО ОСТАТКА ПИРОЛИЗА И РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ ИЗНОШЕННЫХ ШИН ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Асташина М.В., Булатова А.А.

Уфимский Государственный Нефтяной Технический Университет (УГНТУ),
450080, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева 195, aqua_ufa@mail.ru

Аннотация. Данная статья посвящена вопросу поиска квалифицированного использования резинотехнических изделий, вышедших из эксплуатации, для очистки сточных вод. Представлены результаты исследования сорбционных свойств твёрдого углеродного остатка, полученного после пиролиза изношенных резиновых покрышек, и сравнение их с сорбционными свойствами промышленного активированного берёзового угля. На основании данных построены зависимости адсорбционной активности от концентрации и времени воздействия.

Предмет исследования: сорбционные свойства твёрдого углеродного остатка, полученного после пиролиза изношенных резиновых покрышек.

Материалы и методы: сорбционную емкость сорбентов определяли по ГОСТ 4453-74. «Уголь активированный, осветляющий, порошкообразный. Технические условия».

Выводы: полученные результаты сорбционной активности твёрдого углеродного остатка и сравнения их с сорбционной активностью берёзового активированного угля позволяют оценить перспективность использования утилизированных резиновых покрышек для очистки сточных вод.

Ключевые слова: резиновые покрышки, метиленовый голубой, адсорбция, пиролиз, твёрдый углеродный остаток, очистка сточных вод

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с интенсивным развитием нефтяной и нефтехимической промышленности увеличивается воздействие на окружающую среду. При разведке, добыче и переработке природных ископаемых водные ресурсы наряду с атмосферой и литосферой подвергаются интенсивному загрязнению и испытывают техногенное воздействие. В результате этого сточные воды резко ухудшают потребительские свойства воды, делая её непригодной для питья, бытовых и промышленных нужд. Поступление загрязнений в озера, реки, моря вызывает гибель большинства их обитателей. Поэтому проблема очистки воды от загрязнений является приоритетной [1].

Одной из приоритетных задач в области решения проблем защиты окружающей среды является поиск эффективных и безопасных технологий очистки сточных вод. Перспективным направлением является технология, основанная на использовании сорбентов на основе природных и искусственных материалов, а также отходов производств. Это не только влечет за собой решение экологической проблемы, но и позволяет значительно удешевить конечный продукт, что приводит к экономической выгоде [2,3].

В Российской Федерации проблема образования, утилизации, накопления, хранения отходов производства затрагивает большую часть регионов. Количество не утилизируемых отходов

оценивается в 82 млрд. тонн и с каждым годом темпы увеличения образования отходов нарастают

Показатели переработки в европейских странах более, чем в два раза превышает российские. Однако, за последние годы темпы развития отходоперерабатывающего сектора увеличились на 15-16 % в год. Большой интерес представляет модификация отходов с целью получения товаров различного назначения, в том числе и сорбентов для очистки сточных вод [3].

При выборе сорбентов следует обращать внимание на такие параметры, как величина сорбции, стоимость, эффективность, возможность применения вторичных ресурсов в качестве сырья, экологическая безопасность утилизации отработанных сорбентов.

Наиболее привлекательны и распространены сорбенты из отходов растительного сырья. Огромные количества запасов отходов, простой технологический процесс их получения, дешевизна, а также довольно высокие адсорбционные, ионообменные и фильтрационные свойства стимулируют исследования, направленные на получение новых сорбентов на основе бюджетного сырья [4].

В настоящее время все чаще находят применение сорбенты естественного и искусственного происхождения для очистки водных объектов. Выбор таких сорбентов обусловлен их высокой активностью и избирательностью [5]. Большое количество работ посвящено сорбентам на основе отходов сельскохозяйственной переработки (шелуха гречихи, риса, подсолнечника, арахиса) [6-

8]. По мере увеличения объема пластмасс растет и их количество, складываемое на полигонах [9].

Представленные результаты исследований, по термической утилизации полимерных деталей автомобилей, выполненных из поликарбоната и полипропилена, с получением твердого углеродного остатка доказывают схожесть по сорбционным характеристикам активированного угля, а также возможность применять его в практике для очистки сточных вод. В результате исследований были разработаны сорбционные материалы на основе переработанных автополимеров.

Еще одной экологической проблемой является - утилизация отработанных автомобильных покрышек. В России количество изношенных шин составляет около 850 тысяч тонн в год. Оцениваемый объем механической переработки шин в России не превышает 17%. Еще до 20% изношенных шин сжигается. Оставшаяся часть приходится на захоронение, запрещенное Постановлением Правительства №800[10].

Изношенные автомобильные шины относятся к промышленным отходам третьего класса опасности. Они содержат натуральный и синтетический каучук, сажу, металлический корд, органические пластификаторы и другие компоненты и являются источником длительного и устойчивого загрязнения окружающей среды вследствие высокой стойкости к действию природных факторов. С другой стороны, являются источником ценного вторичного сырья, содержащего 65-70% резины (каучук), 15-25% технического углерода, 10-15% металла [11].

Нами предложено получение сорбентов из резиновых покрышек в виде твердого углеродного остатка (ТУО).

ТУО получается в процессе пиролиза резиновых покрышек. В реакторе сырье подвергается разложению при температуре 300-450°C, в процессе которого получают полупродукты: газ, жидкотопливная фракция, углеродсодержащий остаток и металлокорд. Получаемый твердый остаток образуется в виде кусков и частиц широкого фракционного состава, представляющего интерес в качестве вторичного сырья в отдельных отраслях химической промышленности.

Процесс получения ТУО перспективен в силу возможности переработки целых шин, а также экологичен вследствие протекания процесса в отсутствие атмосферного воздуха, что в результате дает газы с низкими концентрациями токсичных соединений, таких как диоксид серы, оксиды азота и оксид углерода.

Экономическое значение использования отработанных шин определяется тем, что добыча природных ресурсов становится все более дорогостоящей, а в ряде случаев – ограниченной. Утилизация изношенных автошин позволит существенно снизить потребление некоторых дефицитных природных ресурсов. Поэтому использование отработанных шин приобретает все большую значимость [12].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для поиска направлений квалифицированного использования резинотехнических изделий, вышедших из эксплуатации, было проведено исследование сорбционных свойств твердого углеродного остатка (ТУО) после пиролиза изношенных резиновых покрышек. В качестве эталонного образца был использован берёзовый активированный уголь (БАУ).

Сорбционную емкость полученных сорбентов определяли по ГОСТ 4453-74. «Уголь активированный, осветляющий, порошкообразный. Технические условия» [13].

Сорбционную активность образцов определяли фотокolorиметрическим методом при длине волны $\lambda=540$ нм. Для этого к модельному раствору (с концентрациями метиленового синего 3, 6, 9, 12 мг/л) добавляли исследуемые материалы (0,1 г на 25 мл) и перемешивали их в течении 3, 6, 9 и 12 мин.

На основании экспериментов были рассчитаны адсорбционная активность по метиловому синему (А) и эффект очистки (Э), которые вычисляли по формулам:

$$A = \frac{(C_1 - C_2) \times W}{m} , \quad (1)$$

$$\text{Э} = \frac{D_1 - D_2}{D_1} \times 100\% , \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – исходная и конечная концентрации, мг/л;

W – объём раствора индикатора, дм^3 ;

m – масса сорбента, г;

D_1 и D_2 – исходная и конечная оптические плотности.

РЕЗУЛЬТАТЫ

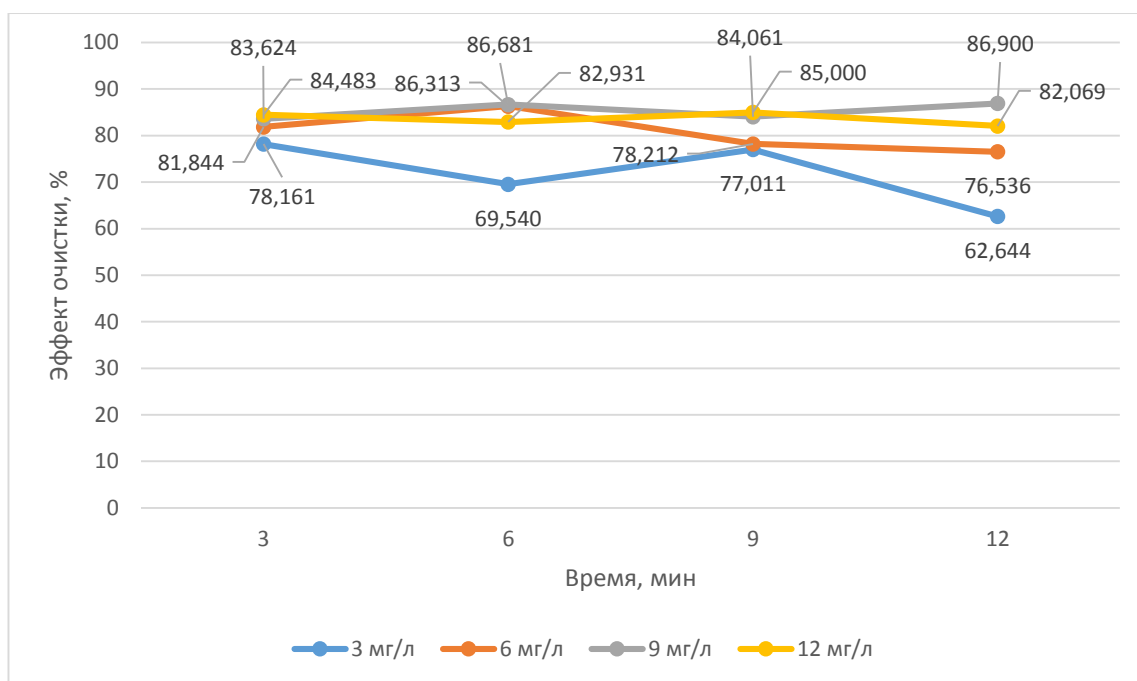


Рис. 1. Зависимость эффекта очистки с использованием твердого углеродного остатка от концентрации модельного раствора и времени

Fig. 1. The dependence of the cleaning effect using solid carbon residue on the concentration of the model solution and time

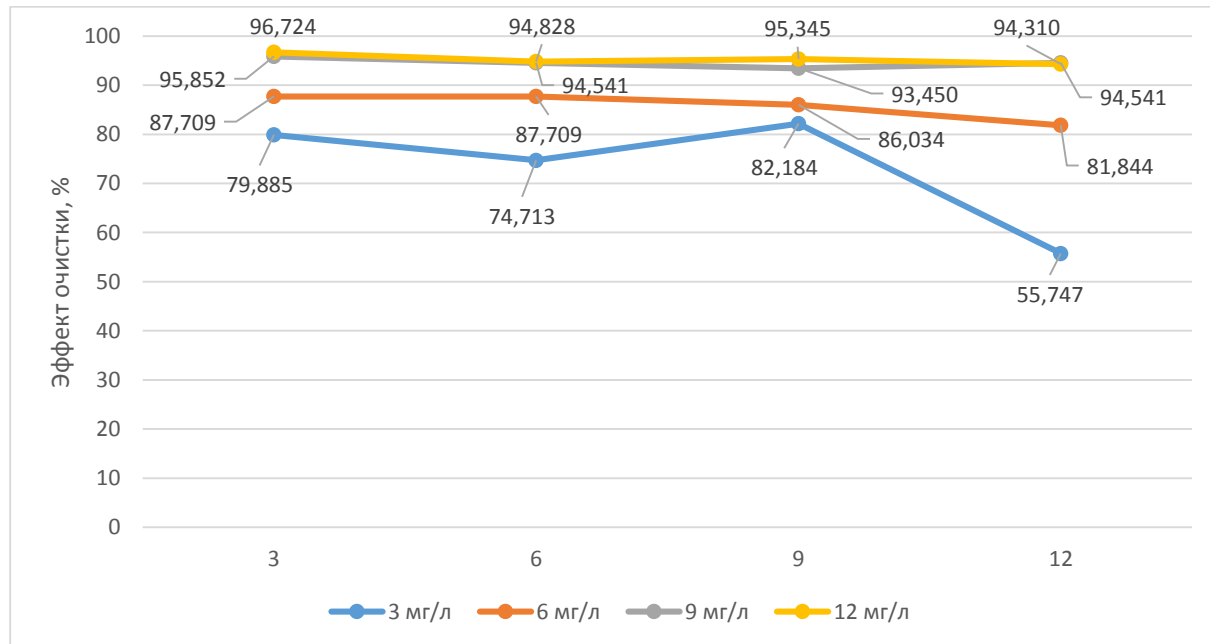


Рис. 2. Зависимость эффекта очистки с использованием березового активированного угля от концентрации модельного раствора и времени

Fig. 2. The dependence of the cleaning effect using birch activated carbon on the concentration of the model solution and time

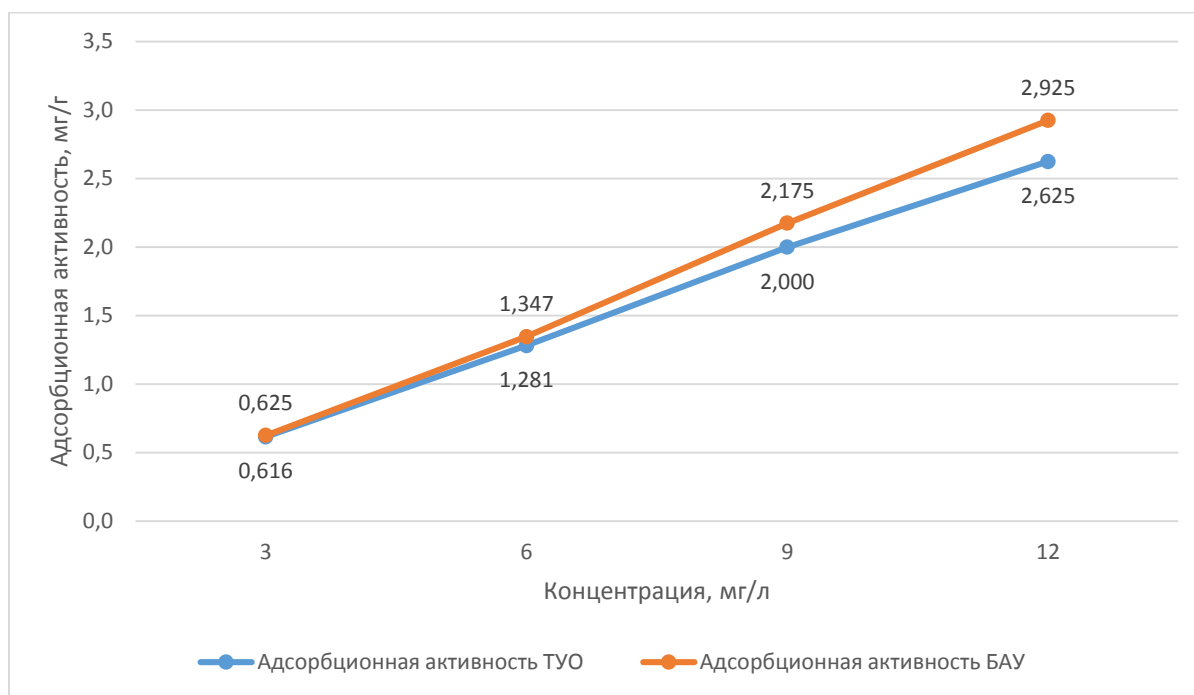


Рис. 3. График адсорбционной активности от времени (3 минуты)

Fig. 3. Graph of adsorption activity versus time (3 minutes)

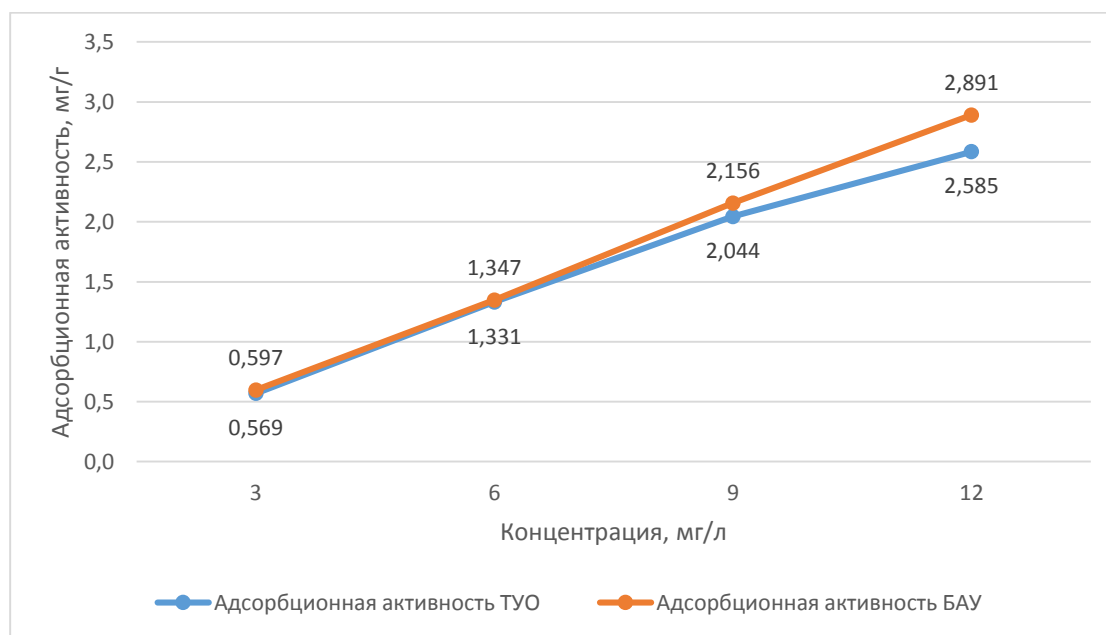


Рис. 4. График адсорбционной активности от времени (6 минут)

Fig. 4. Graph of adsorption activity versus time (6 minutes)

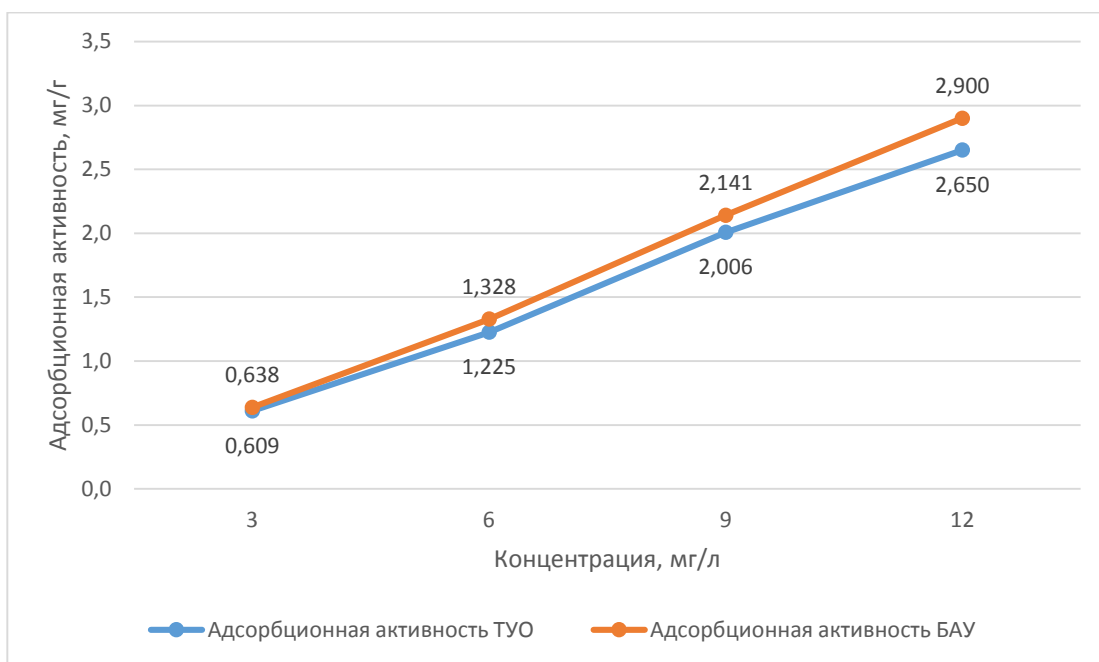


Рис. 5. График адсорбционной активности от времени (9 минут)

Fig. 5. Graph of adsorption activity versus time (9 minutes)

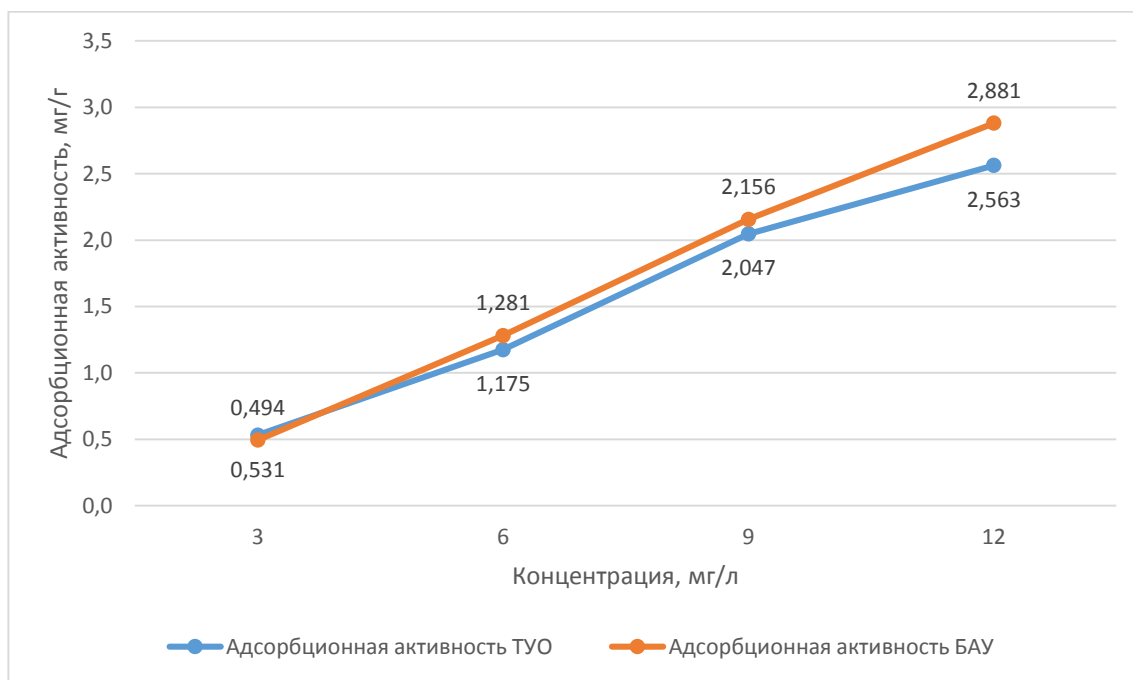


Рис. 6. График адсорбционной активности от времени (12 минут)

Fig. 6. Graph of adsorption activity versus time (12 minutes)

Твёрдый углеродный остаток (рис. 1), полученный путем пиролиза изношенных резиновых покрышек без дополнительной активации, обеспечивает высокую сорбционную способность, которая возрастает с увеличением концентрации исходного раствора. При этом у березового активированного угля в промежутке времени от 0 до 12 минут эффект очистки выше в

среднем на 7%, что не значительно, учитывая тот факт, что ТУО является отходом производства, на который выделяются средства для его утилизации. С увеличением времени фильтрации с 3 до 12 минут адсорбционная активность обоих сорбентов не изменяется, а с увеличением концентрации раствора в промежутке времени от 0 до 12 минут адсорбционная активность растет (рис.3,4,5,6).

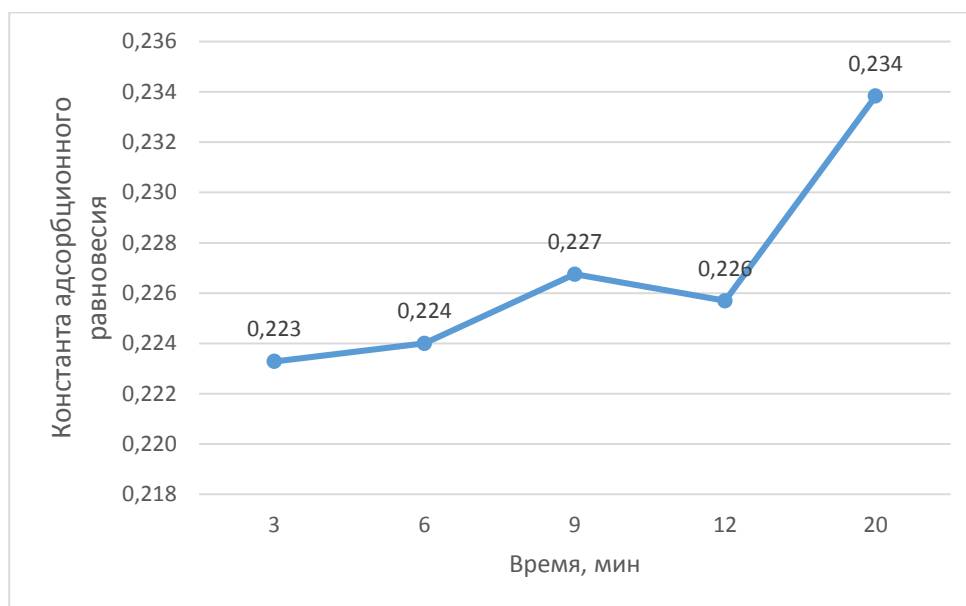


Рис.7. Зависимость константы адсорбционного равновесия для твердого углеродного остатка от времени

Fig. 7. Time dependence of the adsorption equilibrium constant for a solid carbon residue

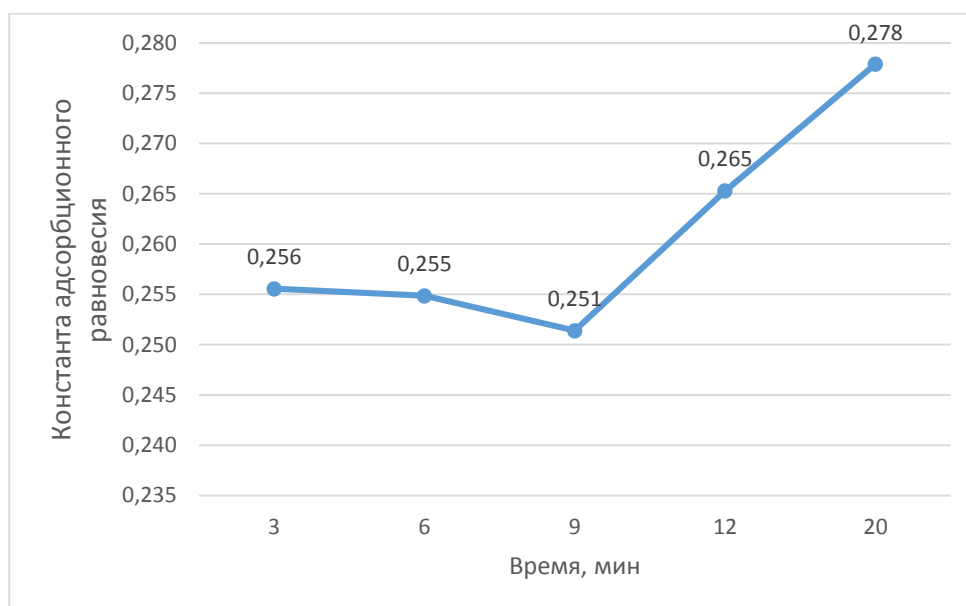


Рис.8. Зависимость константы адсорбционного равновесия для березового активированного угля от времени

Fig. 8. The dependence of the adsorption equilibrium constant for birch activated carbon on time

Константа адсорбционного равновесия растёт с увеличением времени обработки воды в течении 20 минут, а значит увеличивается энергия взаимодействия адсорбата и адсорбента (рис. 3,4).

После обработки воды в течении 3 минут константа адсорбционного равновесия больше у БАУ на 0,032, а при обработке в течении 20 минут больше на 0,044. Из чего следует, что энергия взаимодействия у БАУ растёт немного быстрее.

ВЫВОДЫ

В результате проделанных экспериментов было выявлено, что эффект очистки сорбента ТУО,

являющимся продуктом переработки трудно утилизируемого отхода производства, незначительно уступает промышленному березовому активированному углю. В промежутке времени от 0 до 12 минут эффект очистки выше у БАУ в среднем на 7%, стоит отметить высокую стоимость сорбента – около 120 тыс. руб. за тонну. В свою очередь ТУО является отходом производства, на который выделяются средства для его утилизации.

Было выявлено, что адсорбционная активность растёт с увеличением концентрации метиленового синего до 12 мг/л и увеличение времени фильтрации с 3 до 12 минут не влияет на адсорбционную

активность обоих сорбентов. В свою очередь константа адсорбционного равновесия растет с увеличением времени обработки воды в течении 20 минут. А значит увеличивается энергия взаимодействия адсорбата и адсорбента.

Проведенные нами исследования показали, что сорбент, полученный путём пиролиза изношенных автомобильных покрышек, является перспективным ввиду наличия у неговысоких, конкурентоспособных сорбционных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Онищенко Г. Г. О состоянии питьевого водоснабжения в Российской Федерации // Гигиена и санитария. 2006. №4. С. 3–7.
2. Пат.2464239 РФ. Биологическое сооружение для очистки бытовых сточных вод/В.Д. Назаров, М.В.Назаров, М.В.Курас; заявл.27.04.2011; опубл.20.10.2012.
3. Зенцов В.Н., Назаров В.Д., Абдрахманова Ю.Ф., Лапшакова И.В.Замкнутые системы водоснабжения и водоотведения малых населенных пунктов/Вода: проблемы и решения. - 2011. с. 49-5
- 4.Пирузян, А.В. Перспективный сорбент на основе отходов растительного сырья для очистки жиросодержащих сточных вод / А.В. Пирузян, Т.Н. Боковинова, Ю.В. Найденов // Фундаментальные исследования. – 2008. - №10. – С. 62-66.
5. Инженерно-экологический справочник /под ред. А.С. Тимонина. - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003. – Т.2. – 884 с.
6. Чикина, Н.С. Снижение экологической нагрузки от разливов нефти и нефтепродуктов с помощью сорбента на основе пенополиуретана и отходов зерновых культур / Н.С. Чикина // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. - №6. – С. 184 – 192.
7. Собгайда, Н.А. Технологические рекомендации по изготовлению фильтров из отходов агропромышленного комплекса / Н.А. Собгайда, В.В.Ульянова (Дерепаскова), Ю.А.Макарова // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. Ч.2. – Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2011. – С.180 – 183.
8. Nduka, K. C. Characteri-zation of wastewater and use of cellulosic waste as treatmentoption/ K. C. Nduka, O. J. Ezeakor, A. C. Okoye//Journal of Engineering Science and Technology. – 2007. – 11. – 722–726 P.
- 9.Алексеев, Л.С. Контроль качества воды: учебник/ Л.С. Алексеев. - 3-е изд., перераб и доп. М.: ИНФРА, М.- 2004. – 154 с.
10. Булатова А.А., Асташина М.В., Назаров В.Д.Исследование в области утилизации резиновой крошки и твердого углеродного остатка пиролиза изношенных шин для очистки сточных вод/ А.А. Булатова, М.В.Асташина, В.Д.Назаров//VIII Международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Водоснабжение, водоотведение и системы защиты окружающей среды». – Уфа, 2019.

11.Тарасова Т.Ф., Чапалда Д.И. Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных шин.

12.Папин А.В., Игнатова А.Ю., Макаревич Е.А. Пути утилизации отработанных автошин и анализ возможности использования технического углерода пиролиза отработанных автошин // Химические технологии – 2015.

13.ГОСТ 4453-74. Уголь активированный, осветляющий, порошкообразный. Техническиеусловия.

REFERENCES

1. Onishchenko GG On the state of drinking water supply in the Russian Federation // Hygiene and sanitation. 2006. No4. S. 3–7.
2. Pat. 2464239 of the Russian Federation. Biological facility for domestic wastewater treatment / V.D. Nazarov, M.V. Nazarov, M.V. Kurask; declared 04/27/2011; publ. 10/20/2012.
3. Zentsov VN, Nazarov VD, AbdrakhmanovaYu.F., Lapshakova IV Closed systems of water supply and sanitation of small settlements / Water: problems and solutions. - 2011.S. 49-5
- 4.Piruzyan, A.V. A promising sorbent based on waste plant materials for the treatment of fat-containing wastewater / A.V. Piruzyan, T.N. Bokovikova, Yu.V. Naydenov // Fundamental research. - 2008. - No. 10. - S. 62-66.
5. Environmental Engineering Handbook / Ed. A.S. Timonina. - Kaluga: Publishing house N. Bochkareva, 2003. - V.2. - 884 s.
6. Chikina, N.S. Reducing the environmental load from oil and oil product spills using a sorbent based on polyurethane foam and grain wastes / N.S. Chikina // Bulletin of Kazan Technological University. - 2009. - No. 6. - S. 184 - 192.
7. Sobgaida, N.A. Technological recommendations for the manufacture of filters from agricultural waste / N.A. Sobgaida, V.V. Ulyanova (Derepaskova), Yu.A. Makarova // Ecological problems of industrial cities: coll. scientific tr Part 2. - Saratov: Sarat. state tech. Univ., 2011.-- S.180 - 183.
8. Nduka, K. C. Characterization of wastewater and use of cellulosic waste as treatmentoption / K. C. Nduka, O. J. Ezeakor, A. C. Okoye // Journal of Engineering Science and Technology. - 2007. - 11. - 722–726 P.
- 9.Alekseev, L.S. Water quality control: textbook / L.S. Alekseev. - 3rd ed., Revised and add. M. : INFRA, M. - 2004.-- 154 p.
10. Bulatova A.A., Astashina M.V., Nazarov V.D. Research in the field of utilization of rubber crumb and solid carbon residue of pyrolysis of worn tires for wastewater treatment / A.A. Bulatova, M.V. Astashina, V.D. Nazarov // VIII International scientific and technical conference of students, graduate students and young scientists "Water supply, sanitation and environmental protection systems." - Ufa, 2019.
- 11.Tarasova T.F., Chapalda D.I. Environmental importance and the solution to the problem of recycling used tires.

12. Papin A.V., Ignatova A.Yu., Makarevich E.A.
Ways to utilize used tires and analyze the possibility of
using carbon black for the pyrolysis of used tires //
Chemical Technologies - 2015.

13. GOST 4453-74. Activated carbon, brightening,
powdery. Technical conditions

DISPOSAL OF SOLID CARBON RESIDUAL PYROLYSIS AND RUBBER CRUSH OF WIRE TIRES FOR WASTE WATER TREATMENT

Bulatova A.A., Astashina M.V.

Ufa State Oil Technical University (UGNTU),
450080, Republic of Bashkortostan, Ufa, ul. Mendeleev 195, aqua_ufa@mail.ru

Summary This article is devoted to the issue of the search for the qualified use of rubber products that have been decommissioned for wastewater treatment. The results of a study of the sorption properties of a solid carbon residue obtained after the pyrolysis of worn rubber tires and their comparison with the sorption properties of industrial activated birch coal are presented. Based on the data, the dependences of adsorption activity on concentration and exposure time are constructed.

Subject: sorption properties of solid carbon residue obtained after pyrolysis of worn rubber tires.

Materials and methods: sorption capacity of sorbents was determined according to GOST 4453-74. "Activated carbon, brightening, powdery. Technical conditions. "

Conclusions: the obtained results of the sorption activity of the solid carbon residue and their comparison with the sorption activity of birch activated carbon allow us to evaluate the prospects of using recycled rubber tires for wastewater treatment.

Key words: rubber tires, methylene blue, adsorption, pyrolysis, solid carbon residue, wastewater treatment

УДК 621.383; 620.91

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ С ПОМОЩЬЮ МОРОЗОСТОЙКИХ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Панченко В.А.

Российский университет транспорта (МИИТ), 127994, г. Москва, ул. Образцова, tu@miit.ru
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5, vim@vim.ru

Аннотация. Статья посвящена перспективе использования морозостойких солнечных модулей с увеличенным сроком службы различной конструкции для энергообеспечения инфраструктурных объектов Арктической зоны Российской Федерации. В статье дана общая характеристика рассматриваемого региона и рассмотрена его энергетическая специфика, направления развития энергетики на основе возобновляемых источников энергии. Выделены регионы, где использование преобразователей возобновляемой энергии и, в частности, солнечных модулей особо актуально и перспективно. Из-за преобладания очень низких температур окружающего воздуха в течение года на большей части Арктической зоны Российской Федерации использование стандартных заламинированных солнечных модулей невозможно из-за быстрой деградации солнечных элементов и герметизирующего материала. Для решения этой проблемы в статье предложены морозостойкие планарные фотоэлектрические модули и солнечные кровельные панели с увеличенным сроком службы для электроснабжения объектов. При изготовлении разработанных солнечных модулей не используется технология ламинирования солнечных элементов, а используется двухкомпонентный полисилоксановый компаунд и технология капсулирования солнечных элементов, которая имеет ряд преимуществ перед технологией ламинирования этиленвинилацетатными плёнками. Для одновременной тепло- и электрогенерации предложены морозостойкие планарные теплофотоэлектрические кровельные панели и концентраторная солнечная установка с матричными высоковольтными солнечными модулями с напряжением 1000 В и электрической эффективностью до 28 %. Рассмотренные солнечные модули имеют увеличенный срок номинальной мощности благодаря использованию технологии герметизации солнечных элементов двухкомпонентным полисилоксановым компаундом и способны эффективно работать при очень низких отрицательных температурах окружающего воздуха и больших диапазонах её колебаний.

Предмет исследования: преобразователи солнечной энергии, способные продолжительное время работать на уровне номинальной мощности при очень низких отрицательных температурах окружающего воздуха и обеспечивающие тепло- и энергоснабжение потребителей.

Материалы и методы: для создания конструкторской документации изготавливаемых модулей применялась система автоматизированного проектирования КОМПАС 3D; для моделирования и визуализации теплового состояния теплофотоэлектрических модулей применялась система конечно-элементного анализа ANSYS; для изготовления солнечных модулей применялась технология капсулирования двухкомпонентным полисилоксановым компаундом; для лабораторных замеров вольтамперных характеристик солнечных модулей использовался имитатор солнечного излучения PICOSOLAR; для ускоренных испытаний солнечных модулей применялись различные климатические камеры BINDER.

Результаты: результатом проведённых исследований является линейка разработанных солнечных модулей различной конструкции, предназначенных для тепло- и электроснабжения потребителей, конструкция которых позволяет продолжительное время работать на уровне номинальной мощности при очень низких отрицательных температурах окружающего воздуха.

Выводы: благодаря использованию разработанных солнечных модулей различной конструкции, при изготовлении которых применяется технология капсулирования солнечных элементов двухкомпонентным полисилоксановым компаундом, появляется возможность продолжительного времени энергоснабжения на уровне номинальной мощности объектов Арктической зоны Российской Федерации. Разработанные солнечные модули имеют большой потенциал для внедрения в областях транспорта, автономного энергоснабжения удалённых поселений, различных предприятий, в том числе и добывающих, без централизованного энергоснабжения.

Ключевые слова: солнечные модули, герметизация солнечных элементов, Арктическая зона РФ, энергоснабжение, отрицательная температура, деградация.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время экономика стоит перед технологическим вызовом – переходом на новый технологический уклад в производстве, сервисе, управлении [1-6]. Ресурсосберегающий подход подсказывает, что пилотными следует рассматривать те сектора и регионы, где успешное внедрение передовых технологий является жизненно необходимыми. Учитывая сложные природно-климатические условия, Арктика – благоприятный полигон для технологических инноваций. Кроме того, Арктика становится центром внимания руководства страны. Президент поручил восстановить и расширить степень освоенности и контроля территорий Арктической зоны (речь идёт о транспортно-логистической инфраструктуре, местах добычи и переработки сырьевых ресурсов Арктики). Все это необходимо сделать с учётом использования передовых технологий (часто имеющих двойное назначение) [7].

АРКТИЧЕСКИЕ ЗОНЫ РФ И ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Арктика определяется как область вокруг Северного полюса (рис. 1 слева), включающая Северный Ледовитый океан и прилегающие территории. Южная граница условна, чёткого понятия территории Арктики нет, она может проводиться по южной границе арктического климатического пояса (зоны господства арктических воздушных масс), зоны арктических пустынь или зоны тундры, либо, например, «механически» – по Северному полярному кругу (рисунок 1 справа). Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) является неоднородным регионом, требующим дифференцированного подхода к развитию энергетики на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ).

В само понятие Арктики с определённой долей условности и административно можно включить Мурманскую область, прибрежные районы Архангельской области, территории Ненецкого (НАО) и Ямало-Ненецкого (ЯНАО) автономных округов, заполярные районы Красноярского края (бывший Таймырский АО) и Якутии и Чукотку, а также острова Северного Ледовитого океана российского сектора Арктики. В целом, российская Арктика – это около 4 млн. км² территории и более 1,5 млн. населения.



Рис. 1. Северный полюс (слева) и Северный полярный круг (справа)

Fig. 1. The North Pole (on the left) and the Arctic Circle (on the right)

В свою очередь российскую Арктику можно, также с определённой долей условности, разделить на «Ближнюю Арктику» и «Дальнюю Арктику», граница между которыми может быть проведена по нижнему течению Енисея. В зону Ближней Арктики попадает Мурманская область (Кольский полуостров); Север Архангельского края и НАО; ЯНАО. Эти территории, в свою очередь, обладают своей обособленностью и спецификой.

Ближняя Арктика в целом – это более 90% населения, промышленности и, в целом, экономики,

сравнительная доступность территории – не только по морю, но и по железным дорогам, более мягкие природные условия. Именно в Ближней Арктике сосредоточены разрабатываемые в настоящее время запасы ископаемых углеводородов. Природно-ресурсный потенциал ВИЭ Ближней Арктики велик, в высокой степени диверсифицирован и включает: биоресурсы: запасы торфа, локально (Архангельская область) – отходы деревообрабатывающих производств; гидроресурсы: гидроэнергия малых рек (Кольский

полуостров, Приполярный и Полярный Урал); гидроресурсы: приливная энергия (заливы Белого и Баренцева морей); ветроэнергетические ресурсы; солнечные ресурсы (летом); геотермальные ресурсы (вероятно, связанные в наибольшей степени с Кольским полуостровом). Кроме того, Ближняя Арктика – это территория, где проекты развития энергетики на ВИЭ (связанные, главным образом, с Кольским полуостровом) осуществлялись ещё в советское время, в частности, Кислогубская ПЭС и малые ГЭС. В постсоветское время на территории Мурманской области осуществляется также ряд ветроэнергетических проектов разного масштаба. В то же время, в Ближней Арктике развита «традиционная» энергетика и сетевое энергоснабжение. Крупнейший объект энергетики – Кольская АЭС, работает ряд ТЭС и ГЭС; также в Ближней Арктике имеются и разрабатываются крупнейшие в России запасы углеводородного сырья (ЯНАО и НАО). Ближняя Арктика обладает мощными предпосылками развития энергетики на ВИЭ, как физико-географического, так и экономико-географического характера, там может быть установлен сравнительно большой в абсолютном исчислении, объём мощностей на ВИЭ. Но возобновляемая энергетика в обозримом будущем может иметь лишь вспомогательный характер, до некоторой степени дополняющий «традиционное» углеводородное и атомное энергоснабжение, которое останется основным в регионе.

Дальняя Арктика также может быть с определённой долей условности разделена на три части: Таймыр; север Якутии; Чукотка. Дальняя Арктика обладает, вероятно, меньшим совокупным природным потенциалом ВИЭ на единицу площади. Кроме того, развитие затрудняют отдалённость территории, экстремальные природные условия и небольшое число потребителей. С другой стороны, малая автономная энергетика на основе ВИЭ там может быть более востребована в силу тех же неблагоприятных обстоятельств, поскольку они обуславливают и слишком высокую стоимость углеводородных энергоносителей, которые приходится ввозить на территорию. В связи с этим, Дальняя Арктика может стать территорией, где реализуются интересные и нестандартные решения в области ВИЭ, а сами ВИЭ займут существенную долю в энергобалансе, при том, что в абсолютных величинах уровень развития возобновляемой энергетики будет ниже, чем в Ближней Арктике.

Дальняя Арктика обладает своими интересными особенностями, предполагающими возможность определённых локальных решений. В частности, благодаря большому количеству часов с солнечным сиянием в году она обладает более высоким потенциалом солнечной энергетики. Кроме того, локально (плато Путорана, горные районы Чукотки) высок потенциал гидроэнергии малых рек. Кроме того, следует рассмотреть потенциал приливной энергетики (также на Чукотке) и геотермальной энергетики (также горные районы Таймыра и Чукотки).

Что касается автономной солнечной энергетики, то наиболее перспективны внутриконтинентальные районы Якутии и севера Красноярского края. Это связано как с физико-географическими, так и с экономико-географическими особенностями. Господство антициклональной атмосферной циркуляции на данной территории обуславливает господство ясной погоды в течение большей части года, включая летние месяцы. В то же время, это наиболее редконаселённая часть России (плотность населения – около 0,02 чел./км², или 1 человек на 50 км²). Население рассредоточено по ряду отдалённых посёлков с расстоянием между населёнными пунктами порядка сотен километров, не имеющих сетевого энергоснабжения и без наземной транспортной сети. Кроме того, существенная часть населения ведёт традиционное кочевое хозяйство. Это также зона резко континентального климата с резкими суточными и сезонными перепадами температур. Летом они могут достигать +30°C, зимой – снижаться до -50°C и ниже (абсолютные рекорды принадлежат северо-востоку Якутии (Оймякон, Верхоянск) – до -68°C и -71°C). Следует отметить, что на севере и в других районах Якутии под управлением Сахаэнерго (структурное подразделение Русгидро) уже реализовано около 15 проектов автономных солнечных станций (в комбинации с топливными генераторами) для электроснабжения отдалённых посёлков. Поскольку построены электростанции недавно (в последние 3-5 лет), пока трудно судить об эффективности их работы. В данном случае перспективным выглядит использование солнечных батарей с устойчивостью к сильным морозам и резким перепадам температур.

В табл. 1 приводится схема районирования АЗРФ в привязке к перспективам и возможным направлениям развития энергетики на основе ВИЭ.

Таблица 1. Арктические зоны РФ и предпосылки развития энергетики на основе ВИЭ

Table 1. Arctic zones of the Russian Federation and prerequisites for the development of energy based on renewable energy sources

Регион	Общая характеристика	Энергетическая специфика, направления развития энергетики на ВИЭ и место ВИЭ в ТЭК
1. Близняя Арктика (Мурманская область, север Архангельской области, НАО, ЯНАО)	Сравнительная близость к экономическому центру страны, более 90% населения всей Российской Арктики (более 1,5 млн. человек), сравнительно развитая транспортная сеть и экономика.	Большой и диверсифицированный потенциал ВИЭ; в то же время, мощный ТЭК на основе ископаемых энергоносителей (углеводородная и атомная энергетика). Широкий спектр ВИЭ; вспомогательная роль относительно «традиционного» энергоснабжения; реализован ряд проектов ВИЭ.
1.1. Мурманская область (Кольский полуостров)	Наиболее «близкая», населённая и экономически развитая часть Арктики с развитой транспортной сетью; население – более 700 тыс. чел. Близость к Западной Европе, приграничная территория.	Кольская АЭС, ряд ГЭС; потенциал ВИЭ: малая гидроэнергетика, ветроэнергетика, приливная энергетика, солнечная энергетика в летнее время. Построена Кислогубская ПЭС, есть проекты строительства других ПЭС; построены отдельные небольшие ВЭС. Могут быть перспективны изыскания в геотермальной энергетике. Малонаселённые и отдалённые центральные и восточные районы Кольского полуострова и кочевые хозяйства более перспективны для малой автономной энергетики.
1.2. Север Архангельской области и НАО	Центр – Архангельск. За его пределами – более отдалённая территория с более редким населением и менее развитой транспортной сетью (по сравнению с Мурманской областью).	Преимущественно углеводородная энергетика на привозных энергоносителях. В то же время, богатые и разрабатываемые в настоящее время месторождения углеводородов (НАО). Потенциал ВИЭ в высокой степени связан с биоэнергетикой (торф и отходы лесопереработки). Кроме того, есть потенциал приливной энергетики, ветроэнергетики, солнечной энергетики в летнее время, локально – малой гидроэнергетики. Малонаселённые и отдалённые районы и населённые в центре и на востоке, не связанные с крупными энергетическими узлами, и кочевые хозяйства, наиболее перспективны для малой автономной энергетики.
1.3. ЯНАО	Специфика территории определяется наличием и разработкой крупнейших в России месторождений газа и нефти. В то же время, отдалённые населённые пункты и кочевые хозяйства (наибольшее число кочевых хозяйств среди регионов России) перспективны для развития малой автономной энергетики.	Перспективные направления ВИЭ: локально – малая гидроэнергетика, локально (прибрежные районы) – ветроэнергетика; солнечная энергетика в летнее время.
2. Дальняя Арктика (Север Красноярского края (Таймыр и прилегающие территории), север Якутии, Чукотка)	Экстремальные природные условия. Отдалённость от экономических центров страны, отсутствие железнодорожного сообщения. Экономика представлена отдельными очагами. Население – 100-200 тыс. человек; в среднем – 1 чел./км ² , местами – менее 1 чел./50 км ² . Самая малонаселённая и редконаселённая часть России.	За некоторыми исключениями, практически полная зависимость от привозных энергоносителей (уголь, мазут) либо использование местного архаичного топлива (дрова, торф). Специфика ВИЭ различается по районам. В целом, природный и природно-хозяйственный потенциал ВИЭ ниже, чем в Близней Арктике, на единицу площади, но выше на душу населения. Малые автономные станции на основе ВИЭ способны занять существенное место в энергобалансе территории.
2.1. Таймыр	За пределами Норильска – наиболее редконаселённая и малоисследованная часть России. Отдельные хозяйства; кочевые хозяйства; отдельные прибрежные населённые пункты (Диксон).	Отсутствие собственной современной генерации энергии. Перспективные направления ВИЭ: ветроэнергетика в прибрежных населённых пунктах, солнечная энергетика в летнее время; локально (район плато Путорана, гор Бырранга) – гидроэнергия малых рек. Акцент на малой автономной энергетике.
2.2. Север Якутии	Также редконаселённая территория с отдельными населёнными пунктами, кочевыми хозяйствами, отдельными прибрежными населёнными пунктами (Тикси).	Отсутствие собственной современной генерации энергии. Перспективные направления ВИЭ: ветроэнергетика в прибрежных населённых пунктах, солнечная энергетика в летнее время. Высокий для Арктики потенциал солнечной энергии; реализован ряд проектов автономных СЭС.
2.3. Чукотка	Относительно других регионов Дальней Арктики отличается спецификой географического положения на стыке бассейнов Северного Ледовитого и Тихого океанов; лучшая доступность морским транспортом. При наличии сравнительно крупного центра (Анадырь) большая часть населения рассредоточена по небольшим отдалённым населённым пунктам и кочевым хозяйствам. Специфика природных условий определяет сравнительно высокий потенциал ВИЭ.	Собственная генерация энергии связана с Билибинской АЭС и Анадырской ТЭС (работала на местном угле, сейчас переходит на газ). В то же время, большая часть территории и населения вне сетевого энергоснабжения. Перспективные направления ВИЭ: приливная энергетика, ветроэнергетика, гидроэнергия малых рек, геотермальная энергия, солнечная энергия в летнее время. Наряду с Кольским полуостровом, наиболее высокий валовый потенциал ВИЭ, представленный наиболее широким спектром.

В настоящее время заявляется о новом этапе освоения территории АЗРФ, которая своими природно-экономическими, демографическими и иными условиями значительно отличается от других регионов Российской Федерации и имеет свои отличительные черты: экстремальные природно-климатические условия, включая постоянный ледовый покров или дрейфующие льды в арктических морях; очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территорий и низкая плотность населения (1-2 чел. на 10 км²); удаленность от основных промышленных центров, высокая ресурсоемкость и зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от поставок топлива, продовольствия и товаров первой необходимости из других регионов России; уязвимость природы от техногенных чрезвычайных ситуаций и производственной деятельности человека. Процесс развития АЗРФ требует значительных энергозатрат как для обеспечения технологических процессов, так и для создания комфортных условий жизнедеятельности. Инфраструктура новой Арктики будет состоять из нескольких контуров: транспортно-логистического, промышленного, расселенческого, туристического, оборонительного. Каждый контур будет помимо прочего содержать систему мониторинга состояния основных узлов. Объединяющей рамкой инфраструктуры развития будет выступать Северный морской путь.

Также не стоит забывать о необходимости помощи в организации энергоснабжения мест расселения коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока РФ. Принципы устойчивого развития говорят о необходимости предоставлять жителям электроснабжение, связь, медицинскую помощь. Весь комплекс мероприятий по обеспечению качественного уровня жизни требует постоянного обеспечения электроэнергией.

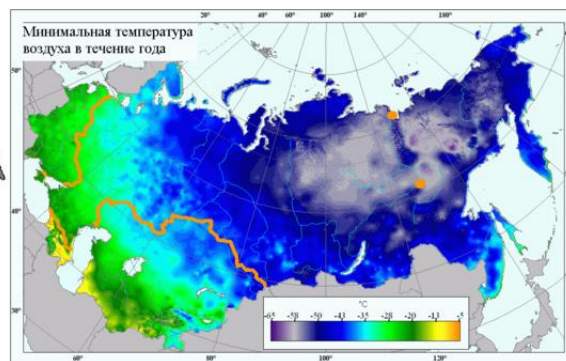
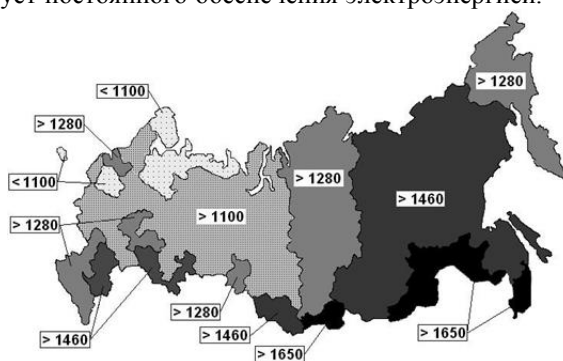


Рис. 2. Распределение суммарной солнечной радиации (слева) и минимальная температура воздуха в течение года (справа)

Fig. 2. Distribution of total solar radiation (on the left) and minimum air temperature during the year (on the right)

Интенсивность солнечного излучения в ряде областей Сибири близка к интенсивности солнечного излучения в Испании, а низкие температуры повышают эффективность работы кремниевых фотоэлектрических преобразователей, что увеличивает выработку электроэнергии. Однако необходимо учитывать способность солнечных

Поэтому стоит задача создания и внедрения автономных, распределенных систем энергоснабжения. Ресурсы местных ВИЭ во много раз превышают современное и перспективное энергопотребление в Арктике. Если говорить об экономической целесообразности внедрения распределенных, адаптивных энергосистем на основе ВИЭ, то для потребителей энергии в АЗРФ существует значительный потенциал, создаваемый тарифом на электроэнергию, производимую дизель-генераторами, работающими по программе северного завоза, для которых стоимость электроэнергии доходит до 120 рублей за кВт·час. Кроме того, использование автономных систем энергоснабжения на базе ВИЭ снижает зависимость поселений и объектов от внешних поставок и повышает надёжность энергоснабжения.

Учитывая географические особенности территории Арктики, а именно сезон полярного дня и ночи, речь целесообразно вести о распределённых системах энергоснабжения, включающих в себя ветрогенерацию, солнечную генерацию и термальные источники. Отдельной инженерной задачей является разработка систем хранения выработанной энергии и снижение энергопотребления ключевых технологических процессов, с сохранением их качества и производительности. В части районов прибрежных арктических зон скорость ветра превышает 5-7 м/с. Если рассматривать арктическую зону, то ряд материковых территорий имеют довольно высокую степень инсоляции (рис. 2 слева). При этом использование данного ресурса потребует совершенствования технологий сбора и преобразования солнечной радиации, где следует учитывать особый температурный режим (рис. 2 справа), задающий материаловедческие требования к компонентам элементов энергосистемы.

фотоэлектрических модулей работать на уровне номинальной мощности при большом диапазоне рабочих температур, отрицательные значения которых могут доходить до -70 °С. Современные планарные фотоэлектрические солнечные модули, изготавливаемые по технологии ламинирования этиленвинилацетатными плёнками кремниевых

фотоэлектрических элементов, не способны работать при таких отрицательных температурах и больших диапазонах рабочих температур.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Практически все компании мира выпускают солнечные модули с планарными солнечными фотоэлектрическими кремниевыми элементами [8, 9]. Наиболее распространенной технологией изготовления является технология ламинирования с применением плёнок на основе сополимера этилена с винилацетатом (EVA). Основными недостатками этой технологии являются высокая энергоёмкость процесса, ограниченный срок номинальной мощности модуля (20 - 25 лет), обусловленный малой свето-, термо- и атмосферостойкостью,

высокой коррозионной активностью EVA. Такие модули невозможно использовать в установках с концентраторами солнечного излучения. Основными причинами деградации солнечных фотоэлектрических модулей являются коррозия контактной сетки фотопреобразователей и увеличение оптических потерь в ламинирующих слоях (рис. 3) [10]. При использовании концентратора солнечного излучения процесс потемнения ламинирующего материала значительно ускоряется. К другим недостаткам технологии ламинирования можно отнести выделение токсичных летучих веществ в процессе ламинирования, а также значительную энергоёмкость процесса ламинирования.



Рис. 3. Солнечные модули, изготовленные с помощью процессов ламинирования с плёнками этиленвинилацетата с 1978 по 1998 г. (India, Sahibabad, Solar Photovoltaic Group. Central Electronics Limited)

Fig. 3. Solar modules manufactured using laminating processes with ethylene vinyl acetate films from 1978 to 1998 (India, Sahibabad, Solar Photovoltaic Group. Central Electronics Limited)

Механизм появления трещин на фотоэлектрических преобразователях, как и большинство причин отказов солнечных модулей, связан со свойствами капсулирующего материала – пленки на основе сополимера этилена с винилацетатом. Механические свойства этого материала, в частности, модуль упругости сильно зависит от температуры – при понижении температуры от +20 °С до -40 °С значения модуля упругости увеличиваются на несколько порядков [10-13]. Отслаивание при низкой температуре является большой проблемой солнечных модулей, изготовленных с помощью процесса ламинирования. Тепловой коэффициент расширения этиленвинилацетатной плёнки в 20 раз выше, чем у стекла. При низкой температуре этиленвинилацетат не является упругим – он сжимается значительно больше, чем стекло, что приводит к расслоению плёнок и стекла и ведет к быстрому отказу солнечного модуля.

В последнее время активно совершенствуется технология производства фотоэлектрических модулей как в части замены этиленвинилацетатной

плёнки на плёночные материалы с другой полимерной основой, так и в части технологических процессов, заменяющих стадию ламинирования. Для герметизации микросхем и полупроводниковых приборов применяются полисилоксановые гели, которые представляют собой редкосшитую структуру, образующуюся в процессе гидросилицирования – реакции взаимодействия низкомолекулярных полисилоксанов, содержащих диметил-метилвинилсилоксановые звенья со сшивающим агентом на основе смеси различных циклических и линейных гидридсилоксанов в присутствии платинового катализатора (платинохлористоводородная кислота) [10, 14]. Вулканизация осуществляется по схеме «полимер-полимер» без выделения побочных продуктов реакции с образованием длинных поперечных мостиков, придающих вулканизату ряд уникальных свойств: высокие диэлектрические характеристики и сохранение их при отрицательных температурах; регулировка частоты сшивки и вязкоупругих характеристик; высокая степень чистоты по содержанию примесей; отсутствие внутренних

механических напряжений; хорошее вибропоглощение (демпфирование); исправление дефектов, свойственное жидкостям, наряду с формоустойчивостью и размерной стабильностью, характерными для сшитых эластомеров, а также высокая адгезия к полупроводникам, стеклу и большинству других материалов; высокая устойчивость к температурной, ультрафиолетовой и озонной деградации; экологическая безопасность применения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Задачей исследования является создание преобразователей солнечной энергии для тепло- и электроснабжения потребителей, конструкция которых позволяет продолжительное время работать на уровне номинальной мощности при низких отрицательных температурах окружающего воздуха.

Для создания конструкторской документации изготавливаемых модулей применялась система автоматизированного проектирования КОМПАС 3D. Для моделирования и визуализации теплового состояния теплофотоэлектрических модулей применялась система конечно-элементного анализа ANSYS. Для изготовления солнечных модулей применялась технология капсулирования двухкомпонентным полисилоксановым компаундом. Для лабораторных замеров вольтамперных характеристик солнечных модулей использовался имитатор солнечного излучения PICOSOLAR. Для ускоренных испытаний

солнечных модулей применялись различные климатические камеры BINDER.

ПЛАНАРНЫЕ МОРОЗОСТОЙКИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ С УВЕЛИЧЕННЫМ СРОКОМ РАБОТЫ НА УРОВНЕ НОМИНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ

В результате работ, выполненных в сотрудничестве с фирмой «Poulek Solar L.t.d.», Чехия, показано, что существенное повышение срока номинальной мощности солнечных модулей, их стабильная работа с концентраторами, а также снижение производственных энергозатрат, обеспечивается при использовании в качестве материала-заполнителя двухкомпонентного полисилоксанового компаунда, отверждаемого в присутствии платинового катализатора до состояния низкомолекулярного геля. Разработана технология герметизации солнечных фотоэлектрических модулей с увеличенным сроком номинальной мощности по сравнению со стандартными ламинированными солнечными модулями. В качестве основы принята технология изготовления вакуумного стеклопакета с термопластичным спейсером по периметру, где предварительно вакуумированная полость заполняется двухкомпонентным жидким полисилоксановым компаундом, структурируемым при комнатной температуре в низкомолекулярный гель. Для осуществления этого процесса разработана установка автоматического смешивания и дозирования двухкомпонентного полисилоксанового компаунда, которая представлена на рис. 4.



Рис. 4. Установка автоматического смешивания двухкомпонентного полисилоксанового компаунда и солнечные модули, изготовленные с её помощью

Fig. 4. Installation of automatic mixing of a two-component polysiloxane compound and solar modules made using it

С помощью разработанной установки налажен серийный выпуск солнечных модулей с различными мощностями. Солнечный модуль с номинальной мощностью 160 Вт, изготовленный с помощью разработанной технологией капсулирования

двухкомпонентным полисилоксановым компаундом, представлен на рис. 4 справа.

В табл. 2 представлены технические параметры морозостойкого солнечного фотоэлектрического модуля с увеличенным сроком службы мощностью 160 Вт для стационарной электрогенерации.

Таблица 2. Технические характеристики планарного морозостойкого фотоэлектрического модуля мощностью 160 Вт

Table 2. Technical characteristics of a planar solar frost-resistant photovoltaic module with a power of 160 W

Длина, мм	1180
Ширина, мм	1050
Толщина, мм	40
Масса модуля, кг	19
Гарантийный срок службы, лет	40
Тип солнечных элементов	Монокристаллические
Количество элементов, шт.	72
Размер элемента, мм	125 × 125
Ток короткого замыкания, А	4,8
Ток в рабочей точке, мА	4,4
Напряжение холостого хода, В	42
Напряжение в рабочей точке, В	35
Мощность, Вт	158
Коэффициент заполнения ВАХ, %	77
КПД фотопреобразования, %	14
Материал рамы	Анодированный алюминий
Заполнитель-герметик	Кремнийорганический двухкомпонентный полисилоксановый компаунд
Температура эксплуатации, С°	- 70 ~ + 110
Распределительная коробка	IP65
Коннекторы	MC4
Длина кабеля, мм	1000
Сечение кабеля, мм ²	6

Благодаря разработанной технологии изготовления созданы новые конструкции солнечных модулей, в состав которых входит двухкомпонентный полисилоксановый компаунд – защитный материал, полностью обволакивающий и изолирующий фотоэлектрические преобразователи от влаги, тепловых и механических воздействий, а также обеспечивающий оптический контакт

световоспринимающей поверхности фотоэлектрических преобразователей и защитного наружного покрытия. По результатам испытаний солнечных модулей можно выявить положительные отличия между технологией герметизации с полисилоксановым компаундом и стандартной технологией ламинирования солнечных элементов (табл. 3).

Таблица 3. Сравнительные характеристики технологических процессов ламинирования (EVA) и герметизации (полисилоксановый компаунд)

Table 3. Comparative characteristics of the technological processes of lamination (EVA) and sealing (polysiloxane compound)

	EVA (этиленвинилацетат)	Полисилоксановый компаунд
Температура эксплуатации	- 30 ÷ + 60 °С	- 70 ÷ + 110 °С
Стойкость к ультрафиолету	низкая	высокая
Срок номинальной мощности	20 - 25 лет	40 - 50 лет
Потребление электроэнергии	40 кВт·ч	5 кВт·ч

Коэффициент преломления	1,482	1,406
Прозрачность для солнечного излучения с различными длинами волн	8 % ($\lambda = 360$ нм)	90 % ($\lambda = 360$ нм)
	62 % ($\lambda = 400$ нм)	92 % ($\lambda = 400$ нм)
	91 % ($\lambda = 600 \div 1000$ нм)	93 % ($\lambda = 600 \div 1000$ нм)
Корродирующий агент при изготовлении	уксусная кислота	нет
Корродирующий агент при старении	уксусная кислота	нет
Механическое напряжение - изготовление - старение	да	нет
	да	нет
Модуль упругости	10,0 Н/мм ²	0,006 Н/мм ²
Линейный коэффициент теплового расширения	$4,0 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$	$2,5 \times 10^{-4} \text{ K}^{-1}$

Солнечные модули, изготовленные по разработанной технологии герметизации двухкомпонентным полисилоксановым компаундом, сохраняют более высокий уровень выработки энергии в течение периода, вдвое превышающего срок службы стандартного заламинированного модуля; в них отсутствуют внутренние механические напряжения; сохраняется высокая устойчивость к температурной, ультрафиолетовой и озонной деградации, а сама технология экологически безопасна.

ПЛАНАРНЫЕ МОРОЗОСТОЙКИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ КРОВЕЛЬНЫЕ ПАНЕЛИ В ВИДЕ ЧЕРЕПИЦЫ

Одним из вариантов архитектурных решений электроснабжения объектов являются солнечные модули, встроенные в само кровельное покрытие, то есть так называемые «солнечные черепицы», так как известным недостатком солнечных модулей, которые сейчас широко применяются, является

необходимость установки на крыше под солнечным модулем кровельного покрытия для защиты зданий от внешних воздействий, что увеличивает стоимость самих зданий. Солнечная черепица используется как кровельный материал при строительстве зданий с одновременной электрогенерацией от солнечного излучения [15, 16]. При использовании солнечной черепицы решаются как архитектурные и строительные задачи, а при изготовлении черепицы используется вторичное пластиковое сырьё, так и автономное или параллельное с сетью электроснабжение потребителя. Кровельная солнечная панель представляет собой черепицу стандартной формы, изготовленную из вторичного сырья (полиэтиленовые бутылки или стрейч-пленка и связующие компоненты), что удешевляет изготовление и благоприятно сказывается на экологии (рис. 5). В состав солнечной черепицы также входят солнечные элементы, находящиеся в полисилоксановом компаунде, который увеличивает срок их номинальной мощности.



Рис. 5. Планарные (слева) и концентраторная (справа) солнечные черепицы с полисилоксановым компаундом

Fig. 5. Planar (on the left) and concentrator (on the right) solar tiles with polysiloxane compound

При детальном рассмотрении кровельная солнечная панель включает в себя несущее

основание с размещенной на нём солнечной батареей на базе полупроводниковых

фотоэлектрических преобразователей с электрокабелем токосъёма. Солнечная батарея размещена на утепленной относительно верхней поверхности основания плоской площадке и защищена двухкомпонентным полисилоксановым компаундом. Солнечная панель, входящая в состав черепицы, содержит встроенные скоммутированные кремниевые солнечные элементы размером 156 × 156 мм или 125 × 125 мм, имеет защитное покрытие из закаленного стекла, различное напряжение и электрическую мощность в зависимости от количества скоммутированных

солнечных элементов. Кровельные концентраторные солнечные панели устанавливаются на южном скате крыши здания под двумя возможными углами – для максимальной выработки в летние месяцы или же для максимальной выработкой в зимние месяцы года. В табл. 4 представлены технические характеристики после натуральных испытаний разработанных солнечных кровельных панелей планарной конструкции, изготовленных с помощью процессов ламинирования и капсулирования солнечных элементов.

Таблица 4. Технические характеристики разработанных солнечных кровельных панелей в планарном исполнении (капсулированный и ламинированный)

Table 4. Technical characteristics of the developed planar solar roofing panels (encapsulated and laminated)

Показатель	Единица измерения	Величина (при капсулировании; при ламинировании)
Напряжение холостого хода	В	1,11; 1,08
Рабочее напряжение	В	0,85; 0,83
Ток короткого замыкания	А	3,5; 3,32
Рабочий ток	А	3,06; 3,01
Электрическая мощность	Вт	2,6; 2,5
Коэффициент заполнения ВАХ	-	0,67; 0,64
Температура лиц. и тыл. сторон	°С	40 и 32; 42 и 34
Размеры модуля	мм	420 × 310 × 50
Срок номинальной мощности	лет	40 – 50; 20 – 25
Масса модуля	кг	2,3; 2,1

При температуре окружающей среды около 15 °С температура лицевой поверхности планарной ламинированной кровельной солнечной панели в процессе натуральных испытаний составила 42 °С, тыльной – 34 °С. Температура лицевой поверхности планарной капсулированной кровельной солнечной панели в процессе натуральных испытаний составила 40 °С, тыльной – 32 °С, что говорит о более благоприятном тепловом режиме работы солнечных элементов в капсулированном солнечном модуле.

СТАЦИОНАРНЫЕ МОРОЗОСТОЙКИЕ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОДУЛИ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ С СЕТЬЮ ЭНЕРГОГЕНЕРАЦИИ

Охлаждение солнечных элементов теплоносителем позволит увеличить рабочее напряжение элементов и, соответственно, выходную электрическую мощность, а также электрический коэффициент полезного действия. Основными причинами снижения эффективности работы фотоэлектрических преобразователей является осаждение пыли на их поверхности и

нагрев материала под воздействием солнечного излучения. Как следствие, повышение температуры снижает количество вырабатываемой электроэнергии. Так, например, увеличение температуры кремниевых материалов на 1 °С снижает коэффициент преобразования на 0,4...0,5 %. Поиски путей к преодолению перечисленных выше негативных факторов привели к интеграции фотоэлектрических преобразователей с плоскими солнечными коллекторами и созданию на их основе нового вида установок, так называемых когенерационных теплофотоэлектрических модулей (ТФЭМ). В такой установке решаются одновременно две задачи: получение тепловой и электрической энергии при значительном уменьшении занимаемой установкой площади по сравнению с отдельным размещением солнечных модулей и солнечных коллекторов. Охлаждение теплоносителем солнечного коллектора позволяет увеличить рабочее напряжение элементов и, соответственно, выходную электрическую мощность, а также электрический коэффициент полезного действия.

**ПЛАНАРНЫЕ МОРОЗОСТОЙКИЕ
ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ
КРОВЕЛЬНЫЕ ПАНЕЛИ В ВИДЕ
ЧЕРЕПИЦЫ**

Основываясь на тепловом режиме работы солнечных фотоэлектрических кровельных панелей, можно сделать вывод о целесообразности

применения охлаждения солнечных элементов [17] в виду уменьшения их эффективности с ростом температуры. Таким образом, наряду с фотоэлектрическими солнечными кровельными панелями планарной и концентраторной конструкции большой интерес представляют теплофотоэлектрические солнечные кровельные панели в виду увеличения электрической эффективности солнечных элементов и получения тёплой воды на выходе, что также увеличивает общую эффективность модуля (рис. 6) [18-20].

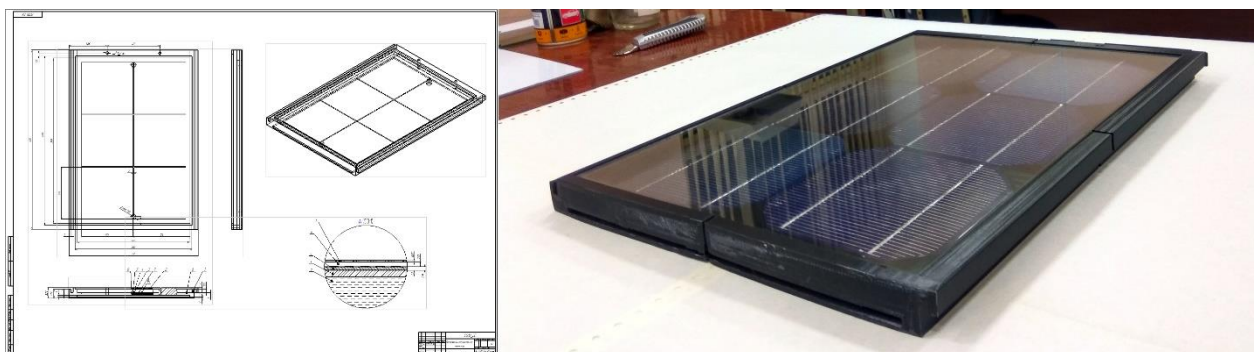


Рис. 6. Чертёж планарного теплофотоэлектрического модуля в виде кровельной панели (слева) и образец (справа)

Fig. 6. Drawing of a planar photovoltaic thermal module in the form of a roofing panel (on the left) and a sample (on the right)

В табл. 5 представлены массогабаритные, физические, конструктивные и стоимостные параметры изготовленного образца стационарного теплофотоэлектрического модуля в виде кровельной панели.

Таблица 5. Основные параметры теплофотоэлектрической кровельной панели

Table 5. The main parameters of the photovoltaic thermal roofing panel

Длина кровельной панели, мм	434
Ширина кровельной панели, мм	312
Толщина кровельной панели, мм	26
Масса кровельной панели, кг	2,5
Срок номинальной мощности, лет	40 – 50
Тип солнечных элементов	Монокристаллические кремниевые
Количество солнечных элементов, шт.	6
Коммутация солнечных элементов	Последовательная
Размер солнечного элемента, мм	125 × 125
Площадь солнечных элементов, м ²	0,09
Площадь фотоприёмника, м ²	0,1
Материал абсорбера	Алюминий (медь)
Ток короткого замыкания, А	4,7 (6,2)*
Ток в рабочей точке, А	4,6 (5,8)*
Напряжение холостого хода, В	3,2 (4,1)*
Напряжение в рабочей точке, В	2,5 (3,4)*

Мощность, Вт	11 (20)*
Коэффициент заполнения ВАХ, %	60 (75)*
КПД фотопреобразования, %	13 (20)*
Материал подложки	Пластик (вторичный пластик)
Заполнитель-герметик	Кремнийорганический двухкомпонентный полисилоксановый компаунд
Температура эксплуатации панели, °С	- 70 ... + 110
Крепление панели	2 самореза в деревянную балку
Теплоизолятор лицевой	Воздух (инертные газы)
Теплоизолятор тыльный	Воздух (пенопласты, минеральные ваты)
Защитный лицевой материал	Закалённое стекло с малым содержанием оксида железа (optiwhite) 3 – 4 мм
Класс защиты распределительной коробки	IP 65
Коннекторы	MC4 герметичные
Длина кабеля, мм	40
Сечение кабеля, мм ²	4 (6)
Теплоноситель	Вода (воздух, фреон, антифриз)
Количество отверстий для теплоносителя	1 (2) вход, 1 (2) выход
Коммутация магистрали теплоносителя	Гидравлические штуцеры
Тепловая магистраль панелей	Теплоизоляционные трубопроводы
Объём теплоносителя в радиаторе панели, л	0,3
Расход теплоносителя, л/мин	... 0,1 – 1 ... (регулируемый)
Температура теплоносителя на входе, °С	10 – 30
Температура теплоносителя на выходе, °С	35 – 55
Стоимость панели, тыс. руб.	0,6 – 1

* В скобках указаны электрические значения при использовании солнечных элементов с односторонней контактной сеткой и электрическим коэффициентом полезного действия около 20 %, которые планируются использовать в серийном производстве стационарных теплофотоэлектрических модулей в виде кровельных панелей

Кровельные солнечные модули могут обеспечить автономное или параллельное с сетью энергоснабжение различных стационарных объектов. С помощью комбинации и оптимизации состава солнечной электростанции, состоящей из различных типов солнечных кровельных модулей можно добиться необходимой выработки электроэнергии и тёплой воды.

ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МОРОЗОСТОЙКИЙ МОДУЛЬ С КОНЦЕНТРАТОРОМ ПАРАБОЛОИДНОГО ТИПА

Наряду с планарными солнечными теплофотоэлектрическими солнечными модулями большой интерес представляют концентраторные теплофотоэлектрические модули в виду экономии кремния высокой степени очистки и возможности

нагрева теплоносителя до более высоких температур. Солнечный концентраторный теплофотоэлектрический модуль (рис. 7) состоит из концентратора параболического типа, который увеличивает концентрацию солнечного излучения в фокальной области на цилиндрической фотоэлектрической части и тепловой торцевой части цилиндрического радиатора [21, 22]. Солнечное излучение, попадая на поверхность солнечного концентратора [23–28], отражается под углами наклона, ориентированными в своих зонах таким образом, что обеспечивается достаточно равномерная концентрация освещённости на фотоэлектрическом приёмнике в виде цилиндра из скоммутированных высоковольтных матричных солнечных модулей и на тепловом приёмнике торцевой части цилиндрического радиатора для догрева проточной воды. Внешний вид теплофотоэлектрического концентраторного модуля без большого концентратора представлен на

рис. 7 слева, с установленным большим концентратором - на рис. 7 справа.

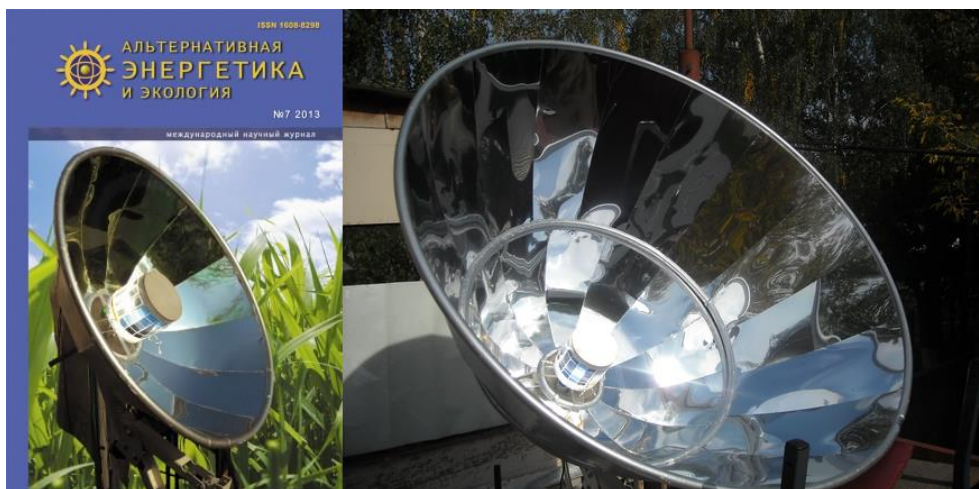


Рис. 7. Теплофотоэлектрический модуль с малым концентратором (слева) и большим концентратором (справа)

Fig. 7. Photovoltaic thermal module with a small concentrator (on the left) and with a large concentrator (on the right)

Технические характеристики теплофотоэлектрического модуля с концентратором параболического типа приведены в табл. 6.

Таблица 6. Технические характеристики концентраторного теплофотоэлектрического модуля

Table 6. Technical characteristics of the concentrator photovoltaic thermal module

Параметр	Значение
Тип концентратора	Параболический
Электрическая мощность (при солнечном излучении 820 Вт/м ²), Вт	18,5
Электрическая эффективность солнечных элементов без концентратора, %	9,5
Напряжение холостого хода, В	15,4
Номинальное напряжение постоянного тока, В	12
Площадь солнечных элементов, м ²	0,0224
Средняя концентрация излучения на фотоэлектрической части приёмника, крат	7,1
Средняя концентрация излучения на тепловой части приёмника, крат	23
Тип солнечных элементов	Матричные
Габаритные размеры радиатора солнечного приёмника, м	0,11 × 0,11 × 0,12
Электрическая эффективность	0,123
Тепловая эффективность	0,5
Оптическая эффективность концентратора	0,65
Теплоноситель	Вода (антифриз)
Расход теплоносителя, л/мин	0,5
Температура теплоносителя на входе, °С	20
Температура теплоносителя на выходе, °С	40
Температура эксплуатации модуля, °С	- 70 ... + 110
Площадь миделя концентратора для фотоэлектрической части приёмника, м ²	0,28

Продолжение таблицы 6
Scontinuation of table 6

Площадь миделя концентратора для тепловой части приёмника, м ²	0,5
Габаритные размеры составного концентратора, м	0,54 × 1,05 × 1,05
Масса модуля, кг	2,5
Стоимость модуля, тыс. руб.	3,5

Концентраторный солнечный теплофотоэлектрический модуль, представляя собой солнечный модуль с концентратором параболического типа, используется в условиях, когда необходимо наряду с получением электроэнергии вырабатывать ещё и горячую воду. В таком модуле, в виду использования матричных высоковольтных солнечных элементов, удалось добиться увеличения электрической эффективности наряду с увеличением срока номинальной мощности солнечных элементов.

МОРОЗОСТОЙКИЕ МАТРИЧНЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ МОДУЛИ С УВЕЛИЧЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

Матричные солнечные модули имеют двустороннюю рабочую поверхность, где за счёт отражения солнечного излучения на тыльную поверхность, электрическая мощность и

электрическая эффективность модуля увеличивается [29]. Также матричные солнечные модули имеют в 2 раза больший срок службы (40 - 50 лет) (в сравнении с зарубежными планарными солнечными модулями), электрическую эффективность 22-28 % при 50 - 200 кратной концентрации, причём такая величина сохраняется при увеличении температуры до 60 °С, что упрощает систему охлаждения модулей, а ток модуля растёт пропорционально концентрации. Измерения фотоэлектрических характеристик матричных солнечных модулей для определения электрической эффективности при различных уровнях засветки проводились при интенсивности излучения от 5 Вт/см² до 25 Вт/см² (250 кратная концентрация солнечного излучения). Максимальные значения электрической эффективности получены при концентрации 50 крат (табл. 7). В табл. 7 представлены электрические характеристики матричного солнечного модуля площадью 3 см² при различной степени концентрации излучения засветки.

Таблица 7. Электрические характеристики матричного солнечного модуля при различной степени концентрации излучения засветки

Table 7. Electrical characteristics of a matrix solar module at various degrees of exposure to light exposure

Концентрация, крат	Электрическая эффективность, %	Ток короткого замыкания, мА	Напряжение холостого хода, В	Электрическая мощность, Вт	Коэффициент заполнения вольтамперной характеристики
51	28	233,7	24,4	4,3	0,75
99	25,2	415,9	24,4	7,5	0,74
142	24,4	577,6	24,9	10,4	0,73
192	22,3	711,6	24,9	12,9	0,73
221	22,2	825,5	25,2	14,7	0,71

При концентрации излучения около 50 Вт/м² электрическая эффективность матричного высоковольтного солнечного модуля площадью 3 см² составила 28 %, что значительно превосходит электрическую эффективность стандартных планарных солнечных модулей (15 – 19 %). Технология производства матричных солнечных модулей адаптирована к условиям промышленного производства, в ней не используются

многостадийная диффузия, фотолитография, сеткография, вакуумная металлизация и т.д., исключено применение серебра. Стоимость производства матричных солнечных модулей соизмерима со стоимостью планарных модулей в расчёте на единицу площади. Развитие технологии матричных солнечных модулей третьего поколения на основе монокристаллического кремния позволит создать солнечные электростанции с

концентраторами с более низкими удельными затратами на 1 кВт установленной мощности и более высокой эффективностью производства электроэнергии по сравнению с тепловыми электростанциями, работающими на угле.

**МАТРИЧНЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ
МОРОЗОСТОЙКИЙ СОЛНЕЧНЫЙ МОДУЛЬ
С УВЕЛИЧЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ И
НАПРЯЖЕНИЕМ БОЛЕЕ 1000 В**

Двусторонний матричный солнечный модуль с размерами 700 × 100 мм (рис. 8 слева) предназначен для создания солнечных электростанций постоянного тока с высоким напряжением (более 1000 В). Столь высокое напряжение позволяет использовать модули с бестрансформаторными инверторами и присоединять их к высоковольтным линиям постоянного тока с напряжением 110-500 кВ

без преобразовательных подстанций. Эффективность разработки заметна при использовании матричного модуля с концентраторами по сравнению с планарным модулем (одинаковой мощности). Матричный солнечный модуль длиной 700 мм имеет напряжение холостого хода 1059 В и рабочее напряжение 900 В. Стоимость же преобразовательных подстанций составляет до 30 % от стоимости солнечных электростанций, а для получения рабочего напряжения 900 В с использованием традиционных планарных солнечных модулей потребуется соединить последовательно более 1500 планарных солнечных элементов с размерами 156 × 156 мм каждый. Вольтамперная характеристика матричного солнечного модуля с размерами 700 × 100 мм без концентрации солнечного излучения приведена на рис. 8 справа.

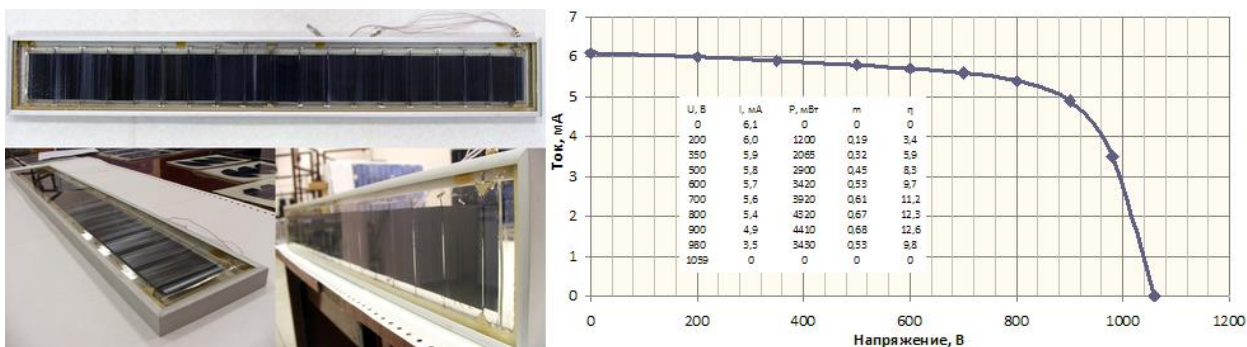


Рис. 8. Высоковольтный солнечный модуль 700 × 100 мм (слева) и его вольтамперная характеристика (справа)

Fig. 8. High-voltage solar module 700 × 100 mm (on the left) and its current-voltage characteristic (on the right)

Параметры матричного солнечного модуля при естественном солнечном освещении (814 Вт/м²) без концентрации представлены в табл. 8.

Таблица 8. Параметры матричного солнечного модуля 700 × 100 мм при естественном солнечном освещении

Table 8. Parameters of a matrix solar module 700 × 100 mm in natural sunlight

<i>Общие размеры солнечного модуля:</i>	
Длина, мм	703
Ширина, мм	105
Толщина, мм	17
<i>Масса модуля, кг</i>	1,8
<i>Гарантийный срок номинальной мощности, лет</i>	40
<i>Заполнитель-герметик</i>	Двухкомпонентный полисилоксановый компаунд
<i>Возможность использования с концентраторами солнечного излучения</i>	Есть (1 - 500 крат и более, ограничена свойствами концентратора)
<i>Рост тока при концентрации солнечного излучения</i>	Линейный

Продолжение таблицы 8
Continuation of table 8

<i>Рост электрической эффективности при концентрации солнечного излучения</i>	Увеличивается (нелинейно)
<i>Показатели без концентрации:</i>	
Напряжение холостого хода, В	1059
Ток короткого замыкания, мА	6,1
Напряжение в рабочей точке, В	900
Ток в рабочей точке, мА	4,9
Мощность (одна сторона), Вт	4,4
Коэффициент заполнения вольтамперной характеристики	0,68
Электрическая эффективность фотопреобразования (без концентрации), %	12,6

Для эффективного использования высоковольтных матричных солнечных модулей с концентраторами солнечного излучения необходимо обеспечить равномерное освещение солнечного модуля в фокальной области и его

охлаждение в условиях воздействия концентрированного солнечного излучения.

Сравнение характеристик планарных и высоковольтных матричных солнечных модулей из монокристаллических фотоэлектрических солнечных элементов представлено в табл. 9.

Таблица 9. Сравнение характеристик планарных и высоковольтных солнечных модулей

Table 9. Comparison of the characteristics of planar and high-voltage solar modules

Параметр	Высоковольтный солнечный модуль (технология заливки компаундом)	Планарный солнечный модуль (технология ламинирования)
Напряжение, В	1000	12; 24
Гарантийный срок номинальной мощности, лет	40 – 50	20 – 25
Средняя электрическая эффективность при солнечном излучении 1 кВт/м ² , спектре АМ 1,5 и температуре 25 °С, %	12 – 14	18
Электрическая эффективность при концентрированном солнечном излучении 100 кВт/м ² , спектре АМ 1,5 и температуре 25 °С, %	22 – 28	1
Температура эксплуатации	- 70 ... + 110 °С	- 30 ... + 60 °С
Стойкость к ультрафиолету	высокая	низкая
Корродирующий агент при изготовлении	нет	уксусная кислота
Корродирующий агент при старении	нет	уксусная кислота
Механическое напряжение		
- изготовление	нет	да
- старение	нет	да
Прозрачность для солнечного излучения с различными длинами волн	90 % ($\lambda = 360$ нм)	8 % ($\lambda = 360$ нм)
	92 % ($\lambda = 400$ нм)	62 % ($\lambda = 400$ нм)
	93 % ($\lambda = 600 \dots 1000$ нм)	91 % ($\lambda = 600 \dots 1000$ нм)

Современные процессы полупроводниковой электроники и нанотехнологии позволят в ближайшие годы увеличить электрическую эффективность преобразования концентрированного солнечного излучения с

использованием матричных солнечных модулей в промышленном производстве до 30% и предельную электрическую мощность до 50 Вт/см² при преобразовании концентрированного солнечного излучения. Стоимость производства

высоковольтных матричных солнечных модулей соизмерима со стоимостью планарных кремниевых солнечных модулей в расчёте на единицу площади и в 1000 раз меньше себестоимости каскадных гетероструктурных солнечных модулей на основе соединений $A_{III}B_{IV}$ при одинаковой эффективности.

ВЫВОДЫ

Стационарные морозостойкий солнечные модули с увеличенным сроком работы на уровне номинальной мощности позволяют получать электроэнергию как автономному потребителю, так и имеющему электрическую сеть, то есть работать с ней параллельно. За увеличенный срок службы солнечная станция выработает значительно больше электрической энергии, что увеличивает экономическую привлекательность использования таких модулей. При использовании морозостойкой солнечной фотоэлектрической кровельной панели в виде черепицы решаются как строительно-защитные задачи, так и появляется возможность получать электроэнергию от солнечного излучения. Использование в составе подложки кровельной панели вторичного пластика положительно сказывается на экологии, а применение полисилоксанового компаунда для герметизации солнечных элементов увеличивает срок их номинальной мощности.

Планарные морозостойкие теплофотоэлектрические кровельные панели в виде черепицы в отличие от фотоэлектрических кровельных панелей позволяют получать кроме электроэнергии ещё и тёплую воду, сохраняя свои защитно-строительные функции, вырабатывая большее количество электроэнергии по сравнению со стандартными заламинированными фотоэлектрическими модулями и имея конкурентную стоимость в виду использования вторичного пластика в своём составе. Концентраторный морозостойкий теплофотоэлектрический модуль, представляя собой солнечный модуль с концентратором параболоидного типа, используется в условиях, когда необходимо наряду с получением электроэнергии вырабатывать ещё и горячую воду. В таком модуле, в виду использования матричных высоковольтных солнечных элементов, удалось добиться увеличения электрической эффективности на ряду с увеличением срока номинальной мощности солнечных элементов. Сами высоковольтные матричные солнечные модули имеют большой потенциал для внедрения в концентраторных солнечных модулях, так как уже получена электрическая эффективность 28 %, что позволит снизить стоимость вырабатываемой электроэнергии и уменьшить стоимость установленной мощности солнечного модуля. Такие солнечные установки смогут вырабатывать горячую воду, а срок их службы будет увеличен за счёт применения двухкомпонентного полисилоксанового компаунда.

БЛАГОДАРНОСТИ

Часть представленной работы выполнена благодаря финансированию Гранта "Молодой преподаватель МИИТа" на 2016 – 2019 г. после конкурсного отбора в соответствии с Положением о грантах молодым преподавателям МИИТа и Стипендии Президента Российской Федерации на 2018 - 2020 г. для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, направление модернизации: Энергоэффективность и энергосбережение, в том числе вопросы разработки новых видов топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекиров Э.А., Асанов М.М., Алькаата А. Оптимизация режимов работы систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии. Строительство и техногенная безопасность, 13(65), 2018, с. 107-112.
2. Новикова О.В., Мельниченко А.С., Лучникова А.Д. Методические подходы к энергоснабжению с использованием возобновляемых источников энергии на объектах транспортной инфраструктуры федерального значения. Строительство и техногенная безопасность, 12(64), 2018, с. 81-90.
3. Шеина С.Г., Петров К.С., Федоров А.А. Исследование этапов развития ВИМ-технологий в мировой практике и России. Строительство и техногенная безопасность, 14(66), 2019, с. 7-14.
4. Голикова А.А., Нагаева З.С. Пассивный дом (экодом). Строительство и техногенная безопасность, 14(66), 2019, с. 15-20.
5. Гапеева Н.А., Жиленко О.Б. Автономное теплоснабжение высотных зданий. Строительство и техногенная безопасность, 10(62), 2018, с. 77-89.
6. Соловьев А.К. Экономия энергии при эксплуатации зданий и пассивные системы использования солнечной энергии. Строительство и техногенная безопасность, 10(62), 2018, с. 179-191.
7. Дегтярёв К.С., Панченко В.А., Майоров С.В. Перспективы энергоснабжения инфраструктурных объектов на основе возобновляемых источников энергии в российской Арктике. Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта, 2018, с. 79-91.
8. Амерханов Р.А., Бекиров Э.А., Асанов М.М. Методы оптимизации работы теплоэлектростанции при совместной генерации с ветро- и солнечной электростанциями. Строительство и техногенная безопасность, 14(66), 2019, с. 93-100.
9. Муровский С.П., Сокут Л.Д. Перспективные направления модернизации солнечных электростанций Республики Крым. Строительство и техногенная безопасность, 15(67), 2019, с. 149-158.
10. V. Poulek, D.S. Strebkov, I.S. Persic, M. Libra. Towards 50 years lifetime of PV panels laminated with

silicone gel technology. *Solar Energy*, 2012, 86, 3103-3108.

11. Бекиров Э.А., Асанов М.М. Анализ систем водяного охлаждения фотоэлектрических панелей. *Строительство и техногенная безопасность*, 6(58), 2017, с. 55-59.

12. Асанов М.М., Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н. Снижение влияния нагрева поверхности фотоэлемента на эффективность его работы. *Строительство и техногенная безопасность*, 51, 2014, с. 92-97.

13. Кувшинов В.В., Бекиров Э.А. Теплофотоэлектрическая установка для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии. *Строительство и техногенная безопасность*, 15(67), 2019, с. 141-148.

14. Стребков Д.С., Персиц И.С., Панченко В.А. Солнечные модули с увеличенным сроком службы. *Инновации в сельском хозяйстве*, 3(8), 2014, с. 154-158.

15. Strebkov D., Panchenko V., Irodionov A., Kirsanov A.. The development of roof solar panels. *Research in Agricultural Electric Engineering*, volume 3, № 4, 2015, p 123-127.

16. Стребков Д.С., Бобовников Н.Ю., Иродионов А.Е., Кирсанов А.И., Панченко В.А., Филиппченкова Н.С. Программа "Один миллион солнечных крыш" в России. *Вестник ВИЭСХ*, 2016, 3(24), с.84-87.

17. Бекиров Э.А., Каркач Д.В. Двумерная модель тепловых процессов в солнечном коллекторе и ее экспериментальная проверка. *Строительство и техногенная безопасность*, 10(62), 2018, с. 191-201.

18. Панченко В.А., Чирский С.П. Разработка и исследование солнечных теплофотоэлектрических модулей в системах автоматизированного проектирования и конечно-элементного анализа. *Строительство и техногенная безопасность*, 14(66), 2019, с. 57-72.

19. Панченко В.А. Моделирование солнечных теплофотоэлектрических модулей. *Электротехнологии и электрооборудование в АПК*, 2019, 2(35), с. 71 – 77.

20. Панченко В.А. Моделирование теплофотоэлектрической кровельной панели для энергоснабжения объектов. *Строительство и техногенная безопасность*, 13(65), 2018, с. 143-158.

21. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А., Осьмаков М.И., Плохих С.А. Солнечная установка с матричными фотоэлементами и концентратором. *Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность*, 2013, №2, С. 50-52.

22. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А. Солнечный модуль с параболическим концентратором и фотоэлектрическим приёмником. *Энергетик*, 2013, № 5, с. 55-57.

23. Сеницын С.А., Стребков Д.С., Панченко В.А. Паркетирование поверхности параболического концентратора солнечного теплофотоэлектрического модуля по заданным

дифференциально-геометрическим требованиям. *Геометрия и графика*, том 7, №3, 2019, с. 15-27.

24. Сеницын С.А., Дубровин В.С. Универсальный алгоритм построения обратимого чертежа. *Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта*, №14, 2014, с. 287-294.

25. Сеницын С.А. Задача синтеза геометрической информации при оптимальном моделировании гладких дифференциальных поверхностей. *Инновации и инвестиции*, №10, 2018, с. 211-214.

26. Сеницын С.А. Формализация погрешностей в задачах оптимизации геометрических моделей. *Инновации и инвестиции*, №11, 2018, с. 175-180.

27. Сеницын С.А., Дубровин В.С. Основные принципы геометрического моделирования на различных этапах конструирования сложных технических объектов. *Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта*, №12, 2016, с. 218-221.

28. Сеницын С.А., Дубровин В.С. Современный взгляд на развитие теории точности формообразования технических объектов. *Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта*, №12, 2016, с. 221-225.

29. Стребков Д.С., Поляков В.И., Арбузов Ю.Д., Панченко В.А. Высоковольтные солнечные модули третьего поколения. *Инновации в сельском хозяйстве*, 3(8), 2014, с. 159-165.

REFERENCES

1. Bekirov E.A., Asanov M.M., Alkaata A. Optimization of operating modes of power supply systems using renewable energy sources. *Construction and technogenic safety*, 13(65), 2018, 107-112.

2. Novikova O.V., Melnichenko A.S., Luchnikova A.D. Methodological approaches to energy supply using renewable energy sources at the objects of transport infrastructure of federal significance. *Construction and technogenic safety*, 12(64), 2018, 81-90.

3. Sheina S.G., Petrov K.S., Fedorov A.A. Study of the stages of development of BIM-technologies in world practice and in Russia. *Construction and technogenic safety*, 14(66), 2019, 7-14.

4. Golikova A.A., Nagaeva Z.S. Passive house (eco house). *Construction and technogenic safety*, 14(66), 2019, 15-20.

5. Gapeeva N.A., Zhilenko O.B. Autonomous heat supply of high-rise buildings. *Construction and technogenic safety*, 10(62), 2018, 77-89.

6. Soloviev A.K. Energy savings in building operations and passive solar systems. *Construction and technogenic safety*, 10(62), 2018, 179-191.

7. Degtyarev K.S., Panchenko V.A., Mayorov S.V. Prospects for energy supply of infrastructure facilities based on renewable energy sources in the Russian Arctic. *Modern problems of improving the work of railway transport*, 2018, 79-91.

8. Amerkhanov R.A., Bekirov E.A., Asanov M.M. Methods for optimizing the operation of a thermoelectric power station during joint generation with wind and solar power plants. *Construction and technogenic safety*, 14(66), 2019, 93-100.
9. Murovsky S.P., Sokut L.D. Promising areas of modernization of solar power plants in the Republic of Crimea. *Construction and technogenic safety*, 15(67), 2019, 149-158.
10. V. Poulek, D.S. Strebkov, I.S. Persic, M. Libra. Towards 50 years lifetime of PV panels laminated with silicone gel technology. *Solar Energy*, 2012, 86, 3103-3108.
11. Bekirov E.A., Asanov M.M. Analysis of water cooling systems for photovoltaic panels. *Construction and technogenic safety*, 6(58), 2017, 55-59.
12. Asanov M.M., Bekirov E.A., Voskresenskaya S.N. Reducing the effect of heating the surface of the solar cell on its efficiency. *Construction and technogenic safety*, 51, 2014, 92-97.
13. Kuvshinov V.V., Bekirov E.A. Ptotovoltaic thermal installation for the combined generation of thermal and electrical energy. *Construction and technogenic safety*, 15(67), 2019, 141-148.
14. Strebkov D.S., Persits I.S., Panchenko V.A. Long life solar modules. *Innovations in Agriculture*, 3(8), 2014, 154-158.
15. Strebkov D., Panchenko V., Irodionov A., Kirsanov A. The development of roof solar panels. *Research in Agricultural Electric Engineering*, vol. 3, 4, 2015, 123-127.
16. Strebkov D.S., Bobovnikov N.Yu., Irodionov A.E., Kirsanov A.I., Panchenko V.A., Filippchenkova N.S. The One Million Solar Roofs program in Russia. *Vestnik VIESH*, 2016, 3(24), 84-87.
17. Bekirov E.A., Karkach D.V. Two-dimensional model of thermal processes in the solar collector and its experimental verification. *Construction and technogenic safety*, 10(62), 2018, 191-201.
18. Panchenko V.A., Chirsky S.P. Development and research of solar photovoltaic thermal modules in computer-aided design and finite element analysis systems. *Construction and technogenic safety*, 14(66), 2019, 57-72.
19. Panchenko V.A. Modeling of solar photovoltaic thermal modules. *Electrotechnologies and electrical equipment in the agro-industrial complex*, 2019, 2(35), 71 - 77.
20. Panchenko V.A. Modeling of a photovoltaic roofing panel for power supply of objects. *Construction and technogenic safety*, 13(65), 2018, 143-158.
21. Strebkov D.S., Mayorov V.A., Panchenko V.A., Osmakov M.I., Plohih S.A. Solar installation with matrix photocells and a concentrator. *Electro. Electrical Engineering. Electric Power Industry. Electrical Engineering Industry*, 2013, 2, 50-52.
22. Strebkov D.S., Mayorov V.A., Panchenko V.A. Solar module with parabolotoroid concentrator and photoelectric receiver. *Power Engineer*, 2013, 5, 55-57.
23. Sinitsyn S.A., Strebkov D.S., Panchenko V.A. Surface parqueting for a parabolic concentrator of a solar photovoltaic thermal module according to specified differential geometric requirements. *Geometry and Graphics*, vol. 7, 3, 2019, 15-27.
24. Sinitsyn S.A., Dubrovin V.S. A universal algorithm for constructing a reversible drawing. . *Modern problems of improving the work of railway transport*, 14, 2014, 287-294.
25. Sinitsyn S.A. The problem of synthesis of geometric information in the optimal modeling of smooth differential surfaces. *Innovation and Investment*, 10, 2018, 211-214.
26. Sinitsyn S.A. Formalization of errors in optimization problems of geometric models. *Innovation and Investment*, 11, 2018, 175-180.
27. Sinitsyn S.A., Dubrovin V.S. The basic principles of geometric modeling at various stages of the construction of complex technical objects. *Modern problems of improving the work of railway transport*, 12, 2016, 218-221.
28. Sinitsyn S.A., Dubrovin V.S. A modern view of the development of the theory of the accuracy of shaping technical objects. *Modern problems of improving the work of railway transport*, 12, 2016, 221-225.
29. Strebkov D.S., Polyakov V.I., Arbuzov Yu.D., Panchenko V.A. High-voltage solar modules of the third generation. *Innovations in Agriculture*, 3(8), 2014, 159-165.

PERSPECTIVES OF ENERGY SUPPLY OF OBJECTS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION BY USING FROST-RESISTANT SOLAR MODULES OF VARIOUS DESIGN

Panchenko V.A.

Summary. The article is devoted to the prospect of using frost-resistant solar modules with extended service life of various designs for energy supply of infrastructure facilities in the Arctic zone of the Russian Federation. The article gives a general description of the region under consideration and considers its energy specifics, directions of development of energy based on renewable energy sources. Regions are identified where the use of renewable energy converters and, in particular, solar modules is especially relevant and promising. Due to the prevalence of very low ambient temperatures during the year in most of the Arctic zone of the Russian Federation, the use of standard laminated solar modules is not possible due to the rapid degradation of solar cells and sealing material. To solve this problem, the article proposes frost-resistant planar photovoltaic modules and solar roofing panels with an extended service life for power supply to facilities. In the manufacture of the developed solar modules, the technology of laminating solar cells is not used, but the two-component polysiloxane compound and the encapsulation technology of solar cells are used, which has several advantages over the technology of laminating with ethylene vinyl acetate films. For simultaneous heat and power generation, frost-resistant planar photovoltaic thermal roofing panels and a concentrator solar installation with high-voltage matrix solar modules with a voltage of 1000 V and an electrical efficiency of up to 28% are proposed. The considered solar modules have an extended rated power period due to the use of the technology of sealing solar cells with a two-component polysiloxane compound and are able to work effectively at very low negative ambient temperatures and large ranges of its fluctuations.

Subject of research: solar energy converters capable of working for a long time at the level of rated power at very low negative ambient temperatures and providing heat and power supply to consumers.

Materials and methods: to create the design documentation of the manufactured modules, the Kompas 3D computer-aided design system was used; for modeling and visualization of the thermal state of photovoltaic thermal modules, the ANSYS finite element analysis system was used; for the manufacture of solar modules, encapsulation technology was used with a two-component polysiloxane compound; for laboratory measurements of the current-voltage characteristics of solar modules, the PICOSOLAR solar radiation simulator was used; for accelerated testing of solar modules, various BINDER climate chambers were used.

Results: the result of the research is a line of developed solar modules of various designs designed for heat and power supply of consumers, the design of which allows for a long time to work at the level of rated power at very low negative ambient temperatures.

Conclusions: due to the use of developed solar modules of various design, the manufacturing of which uses the encapsulation technology of solar cells with a two-component polysiloxane compound, it becomes possible to have a long time of power supply at the level of the rated power of the objects of the Arctic zone of the Russian Federation. The developed solar modules have great potential for implementation in the fields of transport, autonomous energy supply of remote settlements, various enterprises, including mining, without centralized energy supply.

Key words: solar modules, sealing of solar cells, Arctic zone of the Russian Federation, energy supply, negative temperature, degradation.

УДК 620.98

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ЭНЕРГОУСТАНОВОК
НА ОСНОВЕ ФОТОЭЛЕМЕНТОВ С РАЗЛИЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ АКТИВНОГО СЛОЯ

Гвоздкова Ю. Д., Гвоздкова И. А.

ФГБОУ ВО «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (национальный исследовательский университет)»,
Россия, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4, gina94@yandex.ru
ОУП ВО «Академия труда и социальных отношений», Россия, 119454, г. Москва, ул. Лобачевского, 90,
gvozdкова@yandex.ru

Аннотация. В статье обоснована необходимость проведения сравнительного многофакторного анализа традиционных и перспективных фотовольтаических технологий солнечной энергетики с целью обеспечения компромисса между технико-экономической эффективностью их создания, внедрения и использования и сохранением окружающей среды. Рассмотрены принципы разработки, ключевые характеристики и особенности практического применения универсального эколого-ориентированного оптимизационного подхода, позволяющего осуществлять с помощью математических инструментальных средств комплексную многокритериальную оценку жизненных циклов фотоэлектрических энергоустановок, различающихся материалом активного слоя, с учетом социально-экономических приоритетов в сфере обеспечения энергетической и техногенной безопасности. Продемонстрированы возможности методов анализа иерархий и Монте-Карло, а также вариантов их программных реализаций для решения сформулированной задачи о статистически надежном выборе оптимальных фотоэлектрических энергосистем, обладающих характеристиками, соответствующими как можно меньшему негативному экологическому воздействию и достаточно высокой технико-экономической эффективности. Систематизированы критерии оценки преимуществ и недостатков тонкопленочных фотоэлементов и модулей – устройств, обладающих большим потенциалом для развития фотовольтаического сегмента солнечной энергетики. Обобщены результаты исследований различных стадий жизненных циклов наиболее распространенных солнечных батарей на тонких пленках (с активным слоем из теллурида кадмия, диселенида меди-индия-галлия и композита из аморфного, микрокристаллического и нанокристаллического кремния) и энергоустановок на их основе. С помощью разработанного алгоритма рассчитан эколого-технический рейтинг указанных типов фотоэлектрических систем, значения которого сопоставлены с предпочтениями производителей и потребителей на рынке тонкопленочной фотовольтаики. Сформулированы перспективные направления развития предложенной методики и рекомендации по ее использованию в различных регионах и сферах деятельности.

Предмет исследования: экологические и технико-экономические характеристики фотоэлектрических энергоустановок с активным слоем их различных материалов на всех стадиях их жизненного цикла

Материалы и методы: традиционные и перспективные материалы активного слоя солнечных фотоэлементов и энергоустановки на их основе, метод анализа иерархий, метод Монте-Карло, методы математической статистики, компьютерное моделирование с использованием средств MS Excel и VBA

Результаты: разработан универсальный алгоритм многокритериальной сравнительной оценки экологических и технико-экономических характеристик жизненных циклов энергоустановок на основе фотоэлементов с активным слоем из различных материалов с помощью оптимизационных математических методов; выявлен оптимальный для эксплуатации тип тонкопленочных фотовольтаических систем

Выводы: аргументировано проведение многокритериальной математической оптимизации эколого-ориентированного выбора технологических решений по аналогии с комплексной оценкой преимуществ и недостатков рассмотренных фотоэлектрических энергоустановок

Ключевые слова: фотоэлектрические энергоустановки, тонкопленочные фотоэлементы, материалы активного слоя, многокритериальная эколого-ориентированная оценка, метод анализа иерархий, метод Монте-Карло.

ВВЕДЕНИЕ

Современная солнечная энергетика – это интенсивно развивающаяся энергетическая отрасль, для которой характерны самые высокие для возобновляемых источников энергии темпы роста (по установленной мощности более 30%/год), доступность, неисчерпаемость, высокая экологическая безопасность, значительно более

низкие капитальные и эксплуатационные затраты по сравнению с традиционной углеводородной энергетикой, а также постоянное снижение стоимости «солнечной» электроэнергии. Наиболее перспективным сегментом мирового солнечно-энергетического комплекса стал фотовольтаический сектор, основанный на прямом преобразовании энергии Солнца в электричество с

помощью активного слоя солнечных батарей (фотоэлементов).

В настоящее время в различных научно-технологических центрах мира идет интенсивный поиск новых процессов получения и видов органических и неорганических материалов для фотоэлектрических энергоустановок. Несмотря на наличие целого ряда экологических и технологических преимуществ солнечных батарей, себестоимость электроэнергии, полученной с помощью них, в большинстве случаев продолжает быть выше средних показателей по отрасли. Главные критерии оценки конкурентоспособности рассматриваемых устройств – КПД, долговечность, стабильность, стоимость и степень экологичности.

Основным движущим фактором развития различных технологических областей является рост КПД, но проектирование и эксплуатация любых устройств предполагают проведение научно обоснованной оценки степени их безопасности на всех стадиях жизненного цикла (ЖЦ) от добычи сырья, необходимого для изготовления изделия или сооружения конструкции, до их переработки и утилизации с целью снижения рисков и угроз, связанных с жизненно важными интересами человека. Так как ЖЦ фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) солнечной энергии могут сильно различаться как по технико-экономическим характеристикам, так и по степени воздействия на окружающую среду (ОС), целесообразно сформировать комплексный многофакторный подход к анализу традиционных и перспективных вариантов развития рассматриваемой технологической области с учетом особенностей решаемых задач и приоритетов в сфере обеспечения энергетической, экологической и техногенной безопасности.

Целью данного исследования стала разработка универсального алгоритма многокритериальной сравнительной оценки экологических и технико-экономических характеристик жизненных циклов энергоустановок на основе фотоэлементов с различным материалом активного слоя с помощью оптимизационных математических методов.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Многочисленные научно-практические исследования показали, что технико-экономическая эффективность, а, следовательно, и конкурентоспособность фотоэлементов во многом зависят от вида материалов, на основе которых они создаются [1-4]. Для производства активного слоя солнечных батарей используют различные типы кремния, теллурид кадмия, арсенид галлия, медь, селен, индий, галлий, некоторые органические соединения (например, фуллерены, донорно-акцепторные низкомолекулярные и высокомолекулярные полупроводники и др.), перовскиты. Кристаллический кремний (с-Si) является доминирующим полупроводниковым материалом, используемым в фотоэлектрической технологии для производства преобразователей

солнечной энергии, и подразделяется на мультикристаллический кремний (multi-Si), состоящий из мелких кристаллов, и монокристаллический кремний (mono-Si), представляющий собой непрерывный кристалл [5]. Фотоэлементы, изготовленные из пластин кристаллического кремния, называют традиционными, или солнечными элементами первого поколения, поскольку они были разработаны в 1950-х годах и остаются наиболее распространенным типом устройств рассматриваемого класса до настоящего времени. Солнечные элементы (ячейки) собираются в фотоэлектрические панели (модули) и представляют собой часть фотоэлектрической системы для выработки электроэнергии из солнечного света.

Из анализа ЖЦ фотоэлектрических ячеек, изготовленных из различных материалов, следует, что степень экологической безопасности (ЭБ) указанных источников энергии также определяется типом материала [1-3, 5]. При производстве ФЭП и аккумуляторов электроэнергии, произведенной с помощью них, могут применяться токсичные вещества, что ограничивает масштабное использование и утилизацию таких устройств. А переход на экологически чистые технологии получения кремния является одним из главных экологических приоритетов, с учетом которых должна развиваться солнечная фотоэнергетика в интересах существенного уменьшения негативного воздействия ее технологических объектов на среду обитания.

Несмотря на актуальность проблемы снижения загрязнения ОС, математические подходы к комплексной оценке экологической безопасности материалов только начинают разрабатываться. Это, в первую очередь, связано с тем, что в течение длительного промежутка времени технологии и материалы разрабатывались и использовались с учетом только их технико-экономических характеристик, а их экологические аспекты не учитывались. Кроме этого, многообразие форм и видов воздействия материалов на окружающую среду на разных стадиях их жизненных циклов и наличие региональных особенностей указанного воздействия осложняют проведение сравнительного анализа экологической безопасности рассматриваемых объектов.

В зависимости от варианта назначения к солнечным батареям могут предъявляться особые требования, устанавливающие ограничения на их применение. К примерам выявленных технических ограничений использования фотоэлементов в авиации вне зависимости от вида материала их активного слоя относится неспособность энергоустановок на основе ФЭП к конкуренции с традиционными источниками энергии при создании тяги современных пассажирских турбореактивных самолетов [3]. Поэтому в рассматриваемой области целесообразно развивать только те технологии, которые связаны с применением фотоэлементов в

системах бортового питания летательных аппаратов и с покрытием ими легких самолетов, не развивающих больших скоростей в полетах.

Подробный анализ различных подходов к расчету и проектированию систем автономного электроснабжения с использованием фотопреобразователей солнечной энергии приведен в работах [6, 7].

В работе [8] продемонстрированы возможности оптимизационных математических средств и их программных реализаций для решения многокритериальных задач по выбору оптимальных авиационных материалов и технологий с учетом экологических предпочтений лиц, принимающих решение (ЛПР), и обоснована целесообразность использования для этого технических, экологических и экономических критериев, при помощи которых можно произвести комплексную оценку изучаемых альтернатив.

Другим примером многокритериального эколого-ориентированного подхода к научно обоснованному выбору технологических решений является методика оценки ЭБ конструкционных материалов с помощью индекса экологической безопасности и критерия экологической эффективности, предложенная для определения степени воздействия материала на ОС на всех стадиях ЖЦ изготовленного из него изделия с заданными эксплуатационными параметрами (в том числе с учетом достижения удовлетворительного социально-экономического эффекта от его производства и применения) и апробированная только для стадий подготовки сырья, получения материала и его использования без конкретизации вида устройства [9].

Для комплексного исследования результирующих экологических эффектов ФЭП может быть использована методика анализа и оценки жизненного цикла, разработанная в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 14040 и основанная на данных базы EcoInvent по семи наиболее значимым категориям воздействия: окисление, изменение климата, пресноводная экотоксичность, экотоксичность для человека, ионизирующее излучение, землепользование и стратосферное истончение озонового слоя [10].

Таблица 1. Алгоритм комплексного эколого-ориентированного выбора оптимальной фотоэлектрической энергоустановки из совокупности альтернатив с различным материалом активного слоя

Table 1. Algorithm for complex environmental-oriented selection of the optimal photovoltaic power plant from a set of alternatives with an active layer of different materials

№ этапа	Содержание
1	Эколого-ориентированный анализ ЖЦ сравниваемых фотоэлементов с учетом особенностей их использования в энергоустановках определенного типа; выявление сходств и различий
2	Отбор критериев оценки изучаемых энергоустановок с учетом выявленных различий в стадиях ЖЦ соответствующих им фотоэлементов
3	Выбор математического метода многокритериальной оценки фотоэлектрических энергоустановок и варианта его программной реализации
4	Составление комплексной эколого-ориентированной модели сравнительной оценки энергоустановок на основе ФЭП
5	Выбор оптимальной фотоэлектрической системы на основе математического критерия эффективности
6	Оценка надежности решения статистическими методами

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Чтобы реализовать многофакторный подход к подбору оптимальной энергоустановки из совокупности альтернативных вариантов, которые могут быть сконструированы из солнечных батарей с различным материалом активного слоя, необходимо сформулировать требования к эксплуатационным характеристикам указанных объектов и выявить не только технические и социально-экономические, но и экологические ограничения, связанные с их полными жизненными циклами. Это позволит исключить из рассмотрения материалы и конструкции, не удовлетворяющие требованиям технико-экономической эффективности, а также экологической и техногенной безопасности. Далее с учетом региональных аспектов следует проанализировать особенности различных стадий ЖЦ изучаемых фотоэлементов, к которым относятся: подготовка сырья (включая его добычу), получение материала из сырья, проектирование и изготовление солнечной батареи и модуля, монтаж и эксплуатация энергоустановки, ее переработка и утилизация.

После изучения сходств и различий жизненных циклов конкурирующих технологий фотовольтаики необходимо определить критерии их сравнительной оценки исходя из специфики решаемой инженерной задачи. Если оценку будет осуществлять группа экспертов, то каждый эксперт может выбрать критерии в соответствии с его предпочтениями.

Для комплексного экологически ориентированного выбора оптимальной фотоэлектрической системы с активным слоем из определенного материала предлагается универсальный алгоритм, учитывающий особенности всех стадий ЖЦ анализируемых устройств (табл. 1). Указанный алгоритм представляет собой детализированное развитие сформированного в работах [8, 11] общего подхода к решению оптимизационных многокритериальных технологических задач с учетом экологических ограничений.

Модель сравнительной оценки фотовольтаических энергоустановок должна обеспечивать оптимальный баланс между техническими, эксплуатационными, экологическими и социально-экономическими требованиями к ним. Кроме этого, процесс построения указанной модели не должен быть громоздким и трудоемким, т. к. предполагается, что он будет осуществляться специалистами из различных областей научно-практической деятельности, большинство из которых не владеет навыками составления и решения сложных математических задач.

Оптимальное инженерное решение, найденное с помощью выбранного математического инструментария, должно обладать характеристиками, соответствующими как можно меньшему негативному воздействию на ОС и достаточно высокой технической и экономической эффективности. При этом оно должно быть устойчивым и статистически надежным.

Моделирование рассматриваемых решений может быть осуществлено различными оптимизационными средствами, например, методами анализа иерархий (МАИ) [8, 12], Парето (если сравниваются не менее пяти альтернатив) [13], функционально-стоимостного анализа [14], балльной оценки [15].

Одним из наиболее универсальных подходов к многокритериальной оптимизации принимаемых решений является метод анализа иерархий, позволяющий найти оптимальный вариант из имеющихся альтернатив, который лучше других согласуется с пониманием сущности проблемы и требованиями ЛПП к её решению. Применение МАИ основано на алгоритмизированной структуризации выбора в виде иерархии, включающей уровни цели, экспертов, критериев, решений, и универсальном количественном сравнении элементов каждого уровня с использованием безразмерной шкалы от 0 до 1.

Наиболее подходящим средством для оценки надежности полученного решения является компьютерный эксперимент, осуществляемый методом статистических испытаний (методом Монте-Карло) [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для моделирования поиска оптимальной фотоэлектрической энергоустановки был выбран один из самых простых вариантов метода анализа иерархий, в котором итоговые весовые коэффициенты альтернативных решений $V(j)$ (j – номер энергоустановки) определяются совокупностью следующих соотношений:

$$V(j) = \sum_{l=1}^L (e(l) \sum_{i=1}^{N_l} r(i, l) q(i, j, l)), \quad (1)$$

$$j = 1, 2, \dots, P, \quad l = 1, 2, \dots, L, \quad i = 1, 2, \dots, N_l,$$

$$e(l) = \frac{E(l)}{\sum_{l=1}^L E(l)}, \quad (2)$$

$$r(i, l) = \frac{R(i, l)}{\sum_{i=1}^{N_l} R(i, l)}, \quad (3)$$

$$q(i, j, l) = \frac{Q^m(i, j, l)}{\sum_{j=1}^P Q^m(i, j, l)}, \quad (4)$$

где P – количество сравниваемых энергоустановок;

L – количество экспертов, оценивающих энергоустановки;

N_l – количество критериев оценки, используемых l -м экспертом;

$e(l)$ – нормированный весовой коэффициент мнения l -го эксперта;

$E(l)$ – ненормированный рейтинг значимости мнения l -го эксперта ($E(l) > 0$);

$r(i, l)$ – нормированный весовой коэффициент i -го критерия оценки у l -го эксперта;

$R(i, l)$ – ненормированный рейтинг значимости i -го критерия оценки у l -го эксперта ($R(i, l) \geq 0$);

$q(i, j, l)$ – нормированный показатель оценки энергоустановки с номером j по i -у критерию у l -го эксперта;

$Q(i, j, l)$ – ненормированное значение показателя оценки j -ой энергоустановки по i -у критерию у l -го эксперта ($Q(i, j, l) \geq 0$ при $m = 1$; $Q(i, j, l) > 0$ при $m = -1$);

m – параметр, определяющий, какое значение показателя оценки решения по критерию является самым ценным: наибольшее или наименьшее (например, для долговечности фотоэлемента $m = 1$, а для стоимости материала и фотоэлектрических установок на его основе $m = -1$).

Оптимальной будет энергоустановка с наибольшим значением итогового весового коэффициента $V(j)$.

Критерии оценки могут быть объективными (цена, объемы выбросов загрязнителей ОС, КПД и т. д.) и субъективными (улучшение здоровья людей при использовании солнечных батарей определенного типа, степень освоенности технологии и др.), значения которых определяются по определенной шкале предпочтений ЛПП. Если показатели оценки решений по критериям могут быть заданы на основе объективных характеристик (например, стоимость фотоэлектрической панели для энергетической установки), тогда у всех экспертов они будут иметь одинаковые значения.

Среди значений $Q(i, j, l)$ не должно быть отрицательных чисел. Этого можно добиться, прибавляя ко всем показателям данного типа (или к

показателям оценки решений по какому-то одному критерию) достаточно большое положительное число. Если для критерия $m = -1$, то $Q(i, j, l)$ для него, согласно (4), не должны быть равны нулю (вместо нуля выбирается очень маленькое положительное число).

Рейтинговые коэффициенты $V(j)$ принимают значения от 0 до 1, а их сумма, как и суммарное значение нормированных весовых коэффициентов элементов любого иерархического уровня в МАИ, равна 1.

Для сравнения двух элементов определенного уровня можно воспользоваться шкалой относительной важности, согласно которой [17]: при равной важности элементов их показатели оценки будут равны 1, при умеренном превосходстве первого элемента над вторым – 3 и 1/3, при превосходстве первого элемента над вторым – 5 и 1/5, при значительном превосходстве первого элемента над вторым – 7 и 1/7, при очень сильном превосходстве первого элемента над вторым – 9 и 1/9; промежуточным оценкам элементов соответствуют значения 2 и 1/2, 4 и 1/4, 6 и 1/6, 8 и 1/8. С использованием рассматриваемой шкалы расчет нормированных весовых коэффициентов элементов каждого уровня осуществляют как по формулам (2)-(4), так и более сложным способом, основанным на применении принципа парных сравнений [17].

С целью упрощения вычислительных процедур и экономии времени поиск оптимальной энергетической установки был автоматизирован с помощью специальной компьютерной программы, написанной на языке программирования VBA (Visual Basic for Application) для приложения MS Excel 2010 [8].

Для снижения возможных рисков комплексную оценку конкурирующих фотовольтаических энергосистем целесообразно осуществлять не только коллективом экспертов, но и на основе различных оптимизационных математических методов, каждому из которых может быть присвоен рейтинг значимости. Если определенные стадии жизненного цикла или отдельные их этапы у сравниваемых установок не имеют различий, то с целью упрощения расчетов их можно исключить из рассмотрения.

Важным критерием оценки найденных решений (вне зависимости от метода их получения) является степень их устойчивости по отношению к изменениям исходных данных, которые могут быть заданы приближенно и/или подвержены влиянию субъективных факторов. Поэтому для проверки надежности решения необходимо провести минимум несколько альтернативных вычислений со случайными вариациями начальных данных в пределах 30% от исходных значений. При использовании МАИ варьируются показатели оценки решений по критериям и/или рейтинги значимости критериев и мнений экспертов. Получение статистически надежной оценки степени достоверности получаемых результатов требует

проведения не менее тысячи испытаний рассматриваемого типа. Осуществление такой процедуры путем компьютерного моделирования методом Монте-Карло и автоматизированная обработка его результатов при помощи инструментальных средств математической статистики позволяют с достаточно высокой точностью оценить устойчивость решения [16]. В реализованном варианте разработанного алгоритма применение метода Монте-Карло было осуществлено при помощи встроенного в VBA генератора случайных чисел [18].

Предложенная методика была апробирована для сравнительной оценки энергоустановок на основе ФЭП с активным слоем из тонкопленочных материалов. Тонкопленочный фотоэлемент – это солнечный элемент второго поколения, который изготавливается путем нанесения одного или нескольких тонких слоев или тонкой пленки фотоэлектрического материала на стеклянную, металлическую или пластиковую подложку.

Более 60% фотоэлементов и около 70 % солнечных фотоэлектрических модулей изготавливает Китай, но высокотехнологичным производством тонкопленочных солнечных батарей занимаются в основном европейские и американские компании [19]. Средние показатели эффективности преобразования солнечной энергии для тонкопленочных фотоэлементов ниже, чем у их аналогов на основе кристаллического кремния, цена сопоставимая (около 0,5 \$/Вт), но ФЭП на тонких пленках более прочные, имеют меньший вес (что особенно важно при их эксплуатации в движущихся средствах и при транспортировке), могут быть изготовлены на гибких подложках и благодаря высокой степени прозрачности уже используются вместо остекления в различных строительных и иных конструкциях [20-22]. Гибкость тонкопленочных солнечных модулей позволяет покрывать ими поверхности разнообразной формы (как плоские, так и криволинейные), разрезать их на части, выпускать в рулонах. Климатические и экологические изменения, а также слабая освещенность, рассеянность света и высокие температуры оказывают на тонкопленочные солнечные панели гораздо меньшее негативное воздействие, чем на кремниевые кристаллические модули [5, 20, 23]. Поэтому их особенно выгодно использовать в регионах с облачной погодой и в условиях жаркого климата.

Таким образом, у тонкопленочной фотовольтаики имеется большой потенциал по интегрированию ее устройств в различные здания, сооружения, иные конструкции и в транспортные средства с целью осуществления их эффективного автономного электроснабжения и реализации разнообразных концепций «умного дома», «умного автомобиля» и т. д. Эксперты полагают, что потребуется всего несколько лет для того, чтобы коммерчески ориентированные тонкопленочные солнечные панели стали доступными на рынке недвижимости.

За последние два десятилетия доля рынка солнечных батарей на тонких пленках никогда не достигала более 20 %, а в последние годы из-за резкого падения цен на кристаллический кремний она упала до 5 % [20, 21]. Однако, по мнению многих исследователей, развитие фотовольтаического сегмента солнечной энергетики в ближайшем будущем будет связано главным образом с совершенствованием технологий изготовления и эксплуатационных характеристик тонкопленочных солнечных фотоэлементов и энергоустановок на их основе.

Для изготовления активного слоя фотоэлектрических ячеек на тонких пленках чаще всего используют аморфный кремний (a-Si), нанокристаллический кремний (nc-Si), микрокристаллический кремний (μc-Si), диселенид меди-индия-галлия (CIGS, $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{(1-x)}\text{Se}_2$, $0 \leq x \leq 1$), теллурид кадмия (CdTe) [20, 22]. В настоящее время эффективность лабораторных фотоэлементов на основе CdTe (> 21 %) и CIGS (> 23 %) сопоставима с КПД опытных образцов ячеек с активным слоем из мультикристаллического кремния (> 22%) – доминирующего материала фотовольтаики, используемого в большинстве солнечных фотоэлектрических систем [20, 22]. Кроме этого, средний срок энергетической окупаемости тонкопленочных модулей (около 1,18 года), определяемый промежутком времени, в течение которого должна функционировать фотоэлектрическая энергосистема, чтобы сгенерировать такое же количество энергии, какое было использовано для ее создания на всех предыдущих стадиях жизненного цикла, меньше аналогичного показателя кремниевых

кристаллических панелей, составляющего примерно 1,85 года [5].

К перспективным материалам активного слоя солнечных ФЭП на тонких пленках относятся фуллерены, донорно-акцепторные низкомолекулярные и высокомолекулярные органические соединения, перовскиты [2, 4, 21, 24]. Основные преимущества указанных материалов заключаются в потенциально низкой стоимости, высокой экологичности (за исключением содержащих свинец перовскитов) и сильной поглощательной способности в области максимума солнечного излучения, которая обеспечивает возможность создания на их основе ультратонких (с толщиной активного слоя около 100 нм и менее) солнечных ячеек. А главный недостаток таких материалов связан с нестабильностью и деградацией изготовленных из них фотоэлементов, проявляющихся в быстром уменьшении их КПД в условиях воздействия атмосферной влажности, УФ-излучения и повышенных температур. Для решения обозначенной проблемы проводятся исследования по поиску оптимальных способов защиты активного слоя рассматриваемых устройств, которая может быть осуществлена путем введения в материал различных примесей или посредством нанесения на пленку специальных изолирующих покрытий. Солнечные батареи, создаваемые на основе перспективных материалов, относят к фотоэлементам третьего поколения.

В работах [1, 5, 20-23, 25-31] приведены характеристики ЖЦ наиболее распространенных тонкопленочных ФЭП (с активным слоем из CdTe, CIGS и a-Si с добавками nc-Si и/или μc-Si). Результаты анализа указанных характеристик представлены в табл. 2.

Таблица 2. Характеристики ЖЦ наиболее распространенных тонкопленочных ФЭП и энергоустановок на их основе

Table 2. Characteristics of the life cycle of the most common thin-film solar cells and power plants based on them

Материал активного слоя ФЭП	Достоинства	Недостатки
a-Si/nc-Si/μc-Si	Малая толщина активного слоя (может быть менее 1 мкм)	Низкий КПД (рекордные значения: 14 % для ячейки, 12,3 % для модуля)
	Низкие потери мощности при рассеянном и отраженном свете, слабой освещенности и высоких температурах	Снижение КПД на 10-30% в течение первых шести месяцев работы из-за светоиндуцированной деградации
	Развитая технология получения тонких пленок (основной способ – плазменно-усиленное химическое осаждение из паровой фазы при температуре 30-300 ^o С)	Потеря мощности при понижении температур
	Отсутствие в составе материала токсичных химических элементов	Снижение номинальной выходной мощности на 0,87 % в год в течение всего срока эксплуатации
	Низкий расход материала и энергии	
	Высокая производительность производства, позволяющая изготавливать модули большой площади	Необходимость использования больших площадей для монтажа и эксплуатации установок определенной мощности
	Обеспеченность сырьем (кремний – один из самых распространенных в земной коре химических элементов)	Низкая доля на рынке тонкопленочной фотовольтаики (6,7 %)
	Малый срок энергетической окупаемости (0,9 – 2,4 года)	

	Расчетный срок службы около 25 лет	
	Безотходность производства фотоэлементов	
CdTe	Высокий КПД (рекордные значения: 21 % для ячейки, 19 % для модуля)	Трудности, связанные с контролем и воспроизведением процессов производства активного слоя
	Низкие потери мощности при рассеянном и отраженном свете, слабой освещенности и высоких температурах	
	Наличие возможности полного обеспечения потребностей в теллуре за счет его извлечения из переработанных модулей к 2038 г.	Наличие проблемы гарантии поставок редкоземельного умеренно токсичного металла теллура (примерно в 10 раз более редкого, чем индий)
	Выгодное и относительно безопасное использование кадмия, являющегося опасным отходом получения цинка из сульфидных руд	Наличие в составе ФЭП тяжелого токсичного металла кадмия и соответствующих экологических проблем, для решения которых требуются дорогостоящие мероприятия
	Самый низкий в фотовольтаике срок энергетической окупаемости (0,7 – 1,1 года)	Покрывание ячейки тонким слоем токсичного, дорогого и хорошо растворимого в воде CdCl с целью повышения КПД
	Стабильность и на несколько порядков меньшая токсичность CdTe по сравнению с Cd	
	Самое низкое в фотовольтаике водопотребление в пределах жизненного цикла	Снижение номинальной выходной мощности на 0,4 % в год
	Самая низкая в фотовольтаике эмиссия CO ₂ в пределах жизненного цикла	Наличие проблемы обеспечения гарантий приема отработанных модулей на переработку производителями фотоэлементов
	Расчетный срок службы около 55 лет	
	Высокая доля на рынке тонкопленочной фотовольтаики (51,1 %)	
Самая низкая стоимость тонкопленочного фотовольтаического модуля и низкая себестоимость производимой электроэнергии		
CIGS	Высокий КПД (рекордные значения: 23,35 % для ячейки, 19,2 % для модуля)	Необходимость использования высоких температур (500-550 ⁰ С) для получения тонких пленок
	Низкие потери мощности при высоких температурах	Трудности, связанные с контролем и воспроизведением процессов производства ФЭП; сильная зависимость свойств ячеек от метода и условий нанесения пленок
	Малый срок энергетической окупаемости (0,9 – 1,7 года)	Наличие проблемы гарантии поставок редкоземельных металлов индия и галлия
	Расчетный срок службы около 23 лет	Наличие проблемы, связанной с нестабильностью цен на сырье
	Высокая доля на рынке тонкопленочной фотовольтаики (около 42,2 %)	Наличие в составе ФЭП селенидов и соответствующих экологических проблем, для решения которых требуются дорогостоящие мероприятия
		Снижение номинальной выходной мощности на 0,96 % в год
	Наличие проблемы обеспечения гарантий приема отработанных модулей на переработку производителями фотоэлементов	

На рис. 1 представлены результаты сравнительной оценки энергоустановок на основе тонкопленочных фотоэлементов с активным слоем из a-Si/nc-Si/μc-Si, CdTe и CIGS, расчет эколого-технического рейтинга которых проводился для наиболее важных для российских условий стадий

монтажа, эксплуатации, переработки и утилизации фотоэлектрических систем путем программной реализации метода анализа иерархий в предположении отсутствия существенных различий свойств подложек ФЭП.

ПУСК		Резерв	Из резерва	очист. знач.	очист. всё	Рейтинг:	0,265	0,434	0,300		
№	Критерии оценки	Параметр m (если лучший выбор - "минимум для абс. значения", то -1, иначе 1)	Вес критерия (от 0 до 10)	Норм. вес критерия	ФОТОЭЛЕМЕНТЫ С РАЗНЫМ АКТИВНЫМ СЛОЕМ						
					a-Si/nc-Si/μc-Si		CdTe		CIGS		
				Абс. знач.		Вес. коэф.		Абс. знач.		Вес. коэф.	
1	КПД ячейки (%) [22]	1	5	0,0794	14	0,2399	21	0,3599	23,35	0,4002	
2	Площадь ячейки (см²) [22]	1	5	0,0794	1,045	0,3317	1,0623	0,3372	1,043	0,3311	
3	Средний срок энергетической окупаемости (годы) [5]	-1	2	0,0317	1,53333	0,2407	0,8333	0,4429	1,1667	0,3164	
4	Средняя толщина активного слоя (мкм) [20, 25]	-1	2	0,0317	1	0,4286	1,5	0,2857	1,5	0,2857	
5	Потеря мощности в условиях рассеянного света и слабой освещенности 200 Вт/м² (%) [23, 27, 30]	-1	5	0,0794	20	0,4286	20	0,4286	60	0,1429	
6	Потеря мощности при температурах выше 25°C (%/°C) [28, 30]	-1	5	0,0794	0,19	0,3153	0,175	0,3423	0,175	0,3423	
7	Стабильность КПД при температурах ниже 25°C (отн. ед.) [29]	1	5	0,0794	0,5	0,2000	1	0,4000	1	0,4000	
8	Стабильность КПД по отношению к воздействию солнечного света (отн. ед.) [20]	1	5	0,0794	0,4	0,1667	1	0,4167	1	0,4167	
9	КПД модуля (%) [22]	1	5	0,0794	12,3	0,2436	19	0,3762	19,2	0,3802	
10	Доля на рынке тонкопленочной фотовольтаики (%) [21]	1	1	0,0159	6,7	0,0670	51,1	0,5110	42,2	0,4220	
11	Снижение номинальной выходной мощности (%/год) [26]	-1	5	0,0794	0,87	0,245	0,4	0,5329	0,96	0,2221	
12	Расчетный срок службы (годы) [26]	1	5	0,0794	25	0,2427	55	0,534	23	0,2233	
13	Положительное экологическое воздействие (отн. ед.) [10]	1	5	0,0794	0,00862	0,0086	0,9868	0,9868	0,0046	0,0046	
14	Отрицательное экологическое воздействие (отн. ед.) [10]	-1	5	0,0794	0,3	0,3534	0,438	0,242	0,262	0,4046	
15	Необходимость использования больших площадей для монтажа и эксплуатации установок определенной мощности (отн. ед.)	-1	1	0,0159	1,5	0,2500	1	0,375	1	0,375	
16	Обеспечение гарантий производителей по приему на переработку отработанных модулей, содержащих токсичные вещества (отн. ед.)	1	2	0,0317	1	0,5882	0,2	0,1176	0,5	0,2941	

Рис. 1. Многокритериальная эколого-ориентированная оценка энергоустановок на основе ФЭП с активным слоем из a-Si/nc-Si/μc-Si, CdTe и CIGS, проведенная методом анализа иерархий с использованием средств MS Excel и VBA

Fig. 1. Multi-criteria environmental-oriented assessment of power plants based on solar cells with an active layer of a-Si/nc-Si/μc-Si, CdTe and CIGS by the analytic hierarchy process using MS Excel and VBA

Результирующее экологическое воздействие изучаемых объектов оценивалось по МАИ на основе данных, полученных в работе [10] при анализе влияния на ОС жизненных циклов тонкопленочных фотовольтаических установок, размещенных на

наклонных крышах в различных регионах с одинаковым уровнем солнечной инсоляции. На рис. 2 приведены критерии и результаты проведенной оценки.

ПУСК		Резерв	Из резерва	очист. знач.	очист. всё	Итог. вес:	0,009	0,987	0,005		
№	Критерии оценки положительного воздействия на ОС 1 кВт уст. мощности	Параметр m (если лучший выбор - "минимум для абс. значения", то -1, иначе 1)	Вес критерия (от 0 до 10)	Норм. вес критерия	ФОТОЭЛЕМЕНТЫ С РАЗНЫМ АКТИВНЫМ СЛОЕМ						
					a-Si/nc-Si/μc-Si		CdTe		CIGS		
				Абс. знач.		Вес. коэф.		Абс. знач.		Вес. коэф.	
1	Окисление (кг SO ₂ -экв.)	1	1	0,1667	0,00034	0,0517	0,006	0,9205	0,0002	0,0277	
2	Изменение климата (кг CO ₂ -экв.)	1	1	0,1667	0	0,0000	0,5385	1,0000	0	0,0000	
3	Ионизирующее излучение (10 ⁻¹¹ DALYs)	1	1	0,1667	0	0,0000	1,6706	1,0000	0	0,0000	
4	Землепользование (м²/год)	1	2	0,3333	0	0,0000	0,0617	1,0000	0	0,0000	
5	Стратосферное истощение озонового слоя (10 ⁻⁸ кг CFC-11-экв.)	1	1	0,1667	0	0,0000	3,5117	1,0000	0	0,0000	

Рис. 2.а. Многокритериальная оценка положительного воздействия на ОС энергоустановок на основе тонкопленочных ФЭП, проведенная методом анализа иерархий с использованием средств MS Excel и VBA

Fig. 2.a. Multi-criteria assessment of the positive environmental impact of power plants based on thin-film solar cells by the analytic hierarchy process using MS Excel and VBA

ПУСК		Резерв	Из резерва	очист. знач.	очист. всё	Итого. вес:	0,300		0,438		0,262
№	Критерии оценки отрицательного воздействия на ОС 1 кВт уст. мощности	Параметр m (если лучший выбор - "минимум для абс. значения", то -1, иначе 1)	Вес критерия (от 0 до 10)	Норм. вес критерия	ФОТОЭЛЕМЕНТЫ С РАЗНЫМ АКТИВНЫМ СЛОЕМ						
					a-Si/nc-Si/μc-Si		CdTe		CIGS		
					Абс. знач.	Вес. коэф.	Абс. знач.	Вес. коэф.	Абс. знач.	Вес. коэф.	
1	Изменение климата (кг CO ₂ -экв.)	1	1	0,0588	0,06615	0,4538	0	0,0000	0,0796	0,5462	
2	Ионизирующее излучение (10 ⁴ (-11), DALYs)	1	1	0,0588	3,42295	0,3315	0	0,0000	6,9028	0,6685	
3	Землепользование (м ² /год)	1	2	0,1176	0,00474	0,6727	0	0,0000	0,0023	0,3273	
4	Стратосферное истощение озонового слоя (10 ⁴ (-8), кг CFC-11-экв.)	1	1	0,0588	0,24855	0,4361	0	0,0000	0,3214	0,5639	
5	Пресноводная экотоксичность воды (кг 1,4-DCB-экв.)	1	4	0,2353	0,25971	0,1284	1,5524	0,7677	0,2101	0,1039	
6	Пресноводная экотоксичность осадков (кг 1,4-DCB-экв.)	1	4	0,2353	0,57315	0,1439	2,9252	0,7346	0,4837	0,1215	
7	Токсичность для человека (кг 1,4-DCB-экв.)	1	4	0,2353	0,23049	0,3598	0,2314	0,3612	0,1788	0,2791	

Рис. 2. б. Многокритериальная оценка отрицательного воздействия на ОС энергоустановок на основе тонкопленочных ФЭП, проведенная методом анализа иерархий с использованием средств MS Excel и VBA

Fig. 2. б. Multi-criteria assessment of the negative environmental impact of power plants based on thin-film solar cells by the analytic hierarchy process using MS Excel and VBA

В табл. 3 представлены результаты компьютерного эксперимента, осуществленного методом Монте-Карло, из которых следует достаточно высокая степень надежности полученных с помощью МАИ выводов о

наибольшей предпочтительности фотоэлементов с активным слоем из CdTe и небольшом превосходстве ФЭП на основе CIGS над кремниевыми тонкопленочными солнечными батареями.

Таблица 3. Показатели надежности результатов МАИ об энергоустановках на основе тонкопленочных ФЭП, полученные методом Монте-Карло

Table 3. Reliability indicators of analytic hierarchy process results on thin-film power plants obtained by the Monte-Carlo method

Показатели	Фотоэлементы с разным активным слоем		
	a-Si/nc-Si/μc-Si	CdTe	CIGS
Среднее значение рейтинга	0,28	0,43	0,29
Стандартное отклонение	0,02	0,025	0,02
Минимальное значение рейтинга	0,213	0,341	0,22
Максимальное значение рейтинга	0,36	0,524	0,361
Медианное значение рейтинга	0,28	0,43	0,29

ВЫВОДЫ

Разработанный алгоритм позволяет находить надежные инженерные решения, обеспечивающие компромисс между экологическими и технико-экономическими преимуществами и недостатками энергоустановок на основе фотоэлементов, различающихся материалом активного слоя.

Реализация предложенного алгоритма методом анализа иерархий не требует наличия у пользователей глубоких математических знаний, т.к. все его вычислительные процедуры осуществляются без применения сложных расчетов по универсальным формулам и могут быть автоматизированы с помощью наиболее простых программных средств. Поэтому рассмотренная методика рекомендуется для использования широкому кругу специалистов в различных областях научно-практической деятельности, связанной с разработкой, внедрением и

эксплуатацией фотоэлектрических энергоустановок и иных устройств.

Апробация разработки для фотоэлектрических систем с активным слоем из a-Si/nc-Si/μc-Si, CdTe и CIGS, осуществленная методами анализа иерархий и Монте-Карло с использованием средств MS Excel и VBA, показала хорошее согласование полученных результатов с предпочтениями производителей и потребителей на рынке тонкопленочной фотовольтаики. Дальнейшее развитие методики предполагает проведение эколого-ориентированной многокритериальной оценки перспектив использования органических материалов и перовскитов в тонкопленочных ФЭП и энергоустановках на их основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздкова И.А., Парашук Д.Ю. Солнечная энергетика: подрастающий игрок // Химия и жизнь – XXI век. 2007. № 3. С. 6 – 9.
2. Lizin S., Van Passel S., De Schepper E., Maes W., Lutsen L., Mancab J., Vanderzandeb D. Life cycle analyses of organic photovoltaics: a review // Energy and Environmental Science. 2013. V. 6. pp. 3136.
3. Гвоздкова И.А., Гвоздкова Ю.Д. Оценка перспектив замещения традиционного авиационного топлива солнечными батареями // Актуальные проблемы управления – 2018. Материалы 23-й Международной научно-практической конференции. М.: Государственный университет управления. 2019. Вып. 2. С. 137 – 141.
4. Xue R., Zhang J., Li Ya., Li Yo. Organic Solar Cell Materials toward Commercialization // Small. 2018. V. 14(41). pp. 24.
5. Crystalline silicon. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Crystalline_silicon (дата обращения 10.01.2020)
6. Велькин В.И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах. Екатеринбург: УрФУ. 2015.
7. Бекиров Э.А., Асанов М.М., Алькаата А. Оптимизация режимов работы систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии // Строительство и техногенная безопасность. 2018. № 13(65). С. 107 – 111.
8. Гвоздкова Ю.Д., Гвоздкова И.А., Курочкин А.В., Черняев А.В. Информационная система оценки экологической безопасности авиационных материалов и технологий методом анализа иерархий // Информационные технологии. 2019. Т. 25. №3. С. 185 – 192.
9. Мануйлова Н.Б., Горбачев С.И., Булычев С.Н., Дмитренко В.П. К вопросу экологической безопасности конструкционных материалов // Безопасность в техносфере. 2016. Т. 5. №1 (58). С. 12 – 17.
10. Ратнер С.В., Загорская К.А. Оценка экологической эффективности конкурирующих технологий фотовольтаики // Инновации. 2017. № 9(227). С. 77 – 84.
11. Гвоздкова Ю.Д. Многокритериальная экспертная оценка материалов для авиационных энергоустановок на основе солнечных батарей // Гагаринские чтения – 2019. Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции. М.: Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2019. С. 770 – 771.
12. Saaty T.L. Relative measurement and its generalization in decision making: why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors – the analytic hierarchy/network process // RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics). 2008. 102 (2). pp. 251 – 318.
13. Шубин И.И. Использование метода Парето для анализа и отбора инвестиционных проектов для финансирования // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы управления – 2006». М.: ГУУ. 2006. С. 244 – 247.
14. Fang Li F., Xianyi G., Xin M. On reasons of uncontrollable construction cost based on the ABC analysis method and the complete decomposition model // Systems Engineering Procedia. 2012. V. 4. pp. 359 – 365. URL: <https://www.researchgate.net/publication/271609803> (дата обращения 10.12.2019)
15. Белов В.М. Метод балльной оценки показателей коэффициентов весомости // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2009. № 4(35). С. 15 – 19.
16. Гвоздкова И.А., Курочкин А.В. Оценка надежности компьютерно-математических моделей оптимизации кадровых решений статистическими методами // Труд и социальные отношения. 2019. №2. С. 93 – 109.
17. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991.
18. L'Ecuyer P. Random number generation // Springer Handbooks of Computational Statistics. 2007. pp. 93 – 137.
19. Акимова В.В. Территориальная организация солнечно-энергетического комплекса стран мира // Возобновляемые источники энергии. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XI научной молодежной школы: 3 – 6 декабря 2018 г., Москва. М.: МАКС Пресс. 2018. С. 16 – 23.
20. Thin-film solar cell. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_solar_cell (дата обращения 08.01.2020)
21. Photovoltaics Report. 14 November 2019. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de> (дата обращения 11.01.2020)
22. Green M.A., Dunlop E.D., Hohl-Ebinger J., Yoshita M., Kopidakis N., Ho-Baillie A.W.Y. Solar cell efficiency tables (version 55) // Progress in Photovoltaics: Research and Applications. 2020. V. 28. pp. 3 – 15.
23. Tonkin B. Understand thin film solar panels before you regret it // Sun Power Source. 2018. URL: <https://www.sunpowersource.com/> (дата обращения 10.01.2020)
24. Вильданова М.Ф., Никольская А.Б., Козлов С.С., Шевалеевский О.И., Ларина Л.Л. Влияние допирования ионами калия на эффективность и стабильность перовскитных солнечных элементов // Возобновляемые источники энергии. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XI научной молодежной школы: 3 – 6 декабря 2018 г., Москва. М.: МАКС Пресс. 2018. С. 24 – 31.

25. Теруков Е.И. Тонкопленочные солнечные модули на основе аморфного и микрокристаллического кремния по технологии и на оборудовании фирмы Oerlikon // Возобновляемые источники энергии. Материалы Восьмой всероссийской научной молодежной школы с международным участием.: 20 – 23 ноября 2012 года, Москва. М.: Университетская книга. 2012. С. 214 – 233.

26. The real lifespan of solar panels. URL: <https://energyinformative.org/lifespan-solar-panels/> (дата обращения 05.01.2020)

27. Тонкопленочные фотоэлектрические модули из аморфного кремния. URL: <https://www.solarhome.ru/solar/pv/asi.htm> (дата обращения 06.01.2020)

28. Как делают солнечные элементы // Интернет-журнал НЛЮ МИР. 2018. URL: <https://nlo-mir.ru/tech/kak-delajut-solnechnye-jelementy.html> (дата обращения 05.01.2020)

29. Краткие сведения о солнечных панелях. URL: <https://energotrade.su/blog/about-solarbattery.htm> (дата обращения 08.01.2020)

30. Тонкопленочные фотомодули Calyxo CX3. URL: <https://www.atmosfera.msk.ru/news/tonkoplyonochnye-fotomoduli-calyxo-cx3/> (дата обращения 10.01.2020)

31. Как работают солнечные элементы и их основные показатели. URL: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/techcells.htm> (дата обращения 10.01.2020)

REFERENCES

1. Gvozdikova I.A., Parashchuk D.Yu. Solnechnaya energetika: podrastayushchiy igrok [Solar energy: a growing player] // Khimiya i zhizn – XXI vek. 2007. N. 3. pp. 6 – 9. (In Russian)

2. Lizin S., Van Passel S., De Schepper E., Maes W., Lutsen L., Mancab J., Vanderzandeb D. Life cycle analyses of organic photovoltaics: a review // Energy and Environmental Science. 2013. V. 6. pp. 3136.

3. Gvozdikova I.A., Gvozdikova J.D. Assessment of prospects of replacement of traditional aviation fuel with solar cells // Actual problems of management-2018. Proceedings of the 23rd international scientific and practical conference. Moscow: State University of management. 2019. V. 2. pp. 137-141. (In Russian)

4. Xue R., Zhang J., Li Ya., Li Yo. Organic Solar Cell Materials toward Commercialization // Small. 2018. V. 14(41). pp. 24.

5. Crystalline silicon. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Crystalline_silicon (date of access 10.01.2020)

6. Velkin V.I. The methodology for calculating the complex systems of renewable energy for use on autonomous objects. Ekaterinburg: UrFU. 2015. (In Russian)

7. Bekirov E.A., Asanov M.M., Alkaata A. Optimization of operating modes of electrical supply systems with the use of renewable energy sources //

Construction and industrial safety. 2018. N 13(65). pp. 107 – 111. (In Russian)

8. Gvozdikova J.D., Gvozdikova I.A., Kurochkin A.V., Chernyaev A.V. Information system of environmental safety assessment of aviation materials and technologies by the analytic hierarchy process // Information Technologies. 2019. V. 25. N 3. pp. 185-192. (In Russian)

9. Manuylova N.B., Gorbachev S.I., Bulychev S.N., Dmitrenko V.P. On the Question of Construction Materials' Environmental Safety // Safety in technosphere. 2016. V. 5. N 1(58). pp. 12 – 17. (In Russian)

10. Ratner S.V., Zakoretskaya K.A. Assessment of ecological effectiveness of competing photovoltaic technologies // Innovations. 2017. N 9(227). pp. 77 – 84. (In Russian)

11. Gvozdikova J.D. Multi-criteria expert evaluation of materials for aviation power plants based on solar cells // Gagarin readings-2019. A collection of abstracts of the XLV International scientific conference. Moscow: Moscow Aviation Institute (National Research University). 2019. pp. 770-771. (In Russian)

12. Saaty T.L. Relative measurement and its generalization in decision making: why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors – the analytic hierarchy/network process // RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences, Series A, Mathematics). 2008. 102(2). pp. 251 – 318.

13. Shubin I.I. Ispol'zovaniye metoda Pareto dlya analiza i otbora investitsionnykh proektov dlya finansirovaniya [The use of Pareto method for analysis and selection of investment projects for financing] // Actual problems of management-2006. Proceedings of the international scientific and practical conference. Moscow: State University of management. 2006. pp. 244-247. (In Russian)

14. Fang Li F., Xianyi G., Xin M. On reasons of uncontrollable construction cost based on the ABC analysis method and the complete decomposition model // Systems Engineering Procedia. 2012. V. 4. pp. 359 – 365. URL: <https://www.researchgate.net/publication/271609803> (date of access 10.12.2019)

15. Belov V.M. Metod ballnoy otsenki pokazateley koeffitsiyentov vesomosti [Method of the weight coefficients scoring] // Vestnik FGOU VPO MGAU. 2009. N 4(35). pp. 15–19. (In Russian)

16. Gvozdikova I.A., Kurochkin A.V. The reliability evaluation of computer mathematical models of optimization of personnel solutions by statistical methods // Labour and social relations. 2019. N 2. pp. 93 – 109. (In Russian)

17. Saaty T., Kearns K. Analytical Planning. The Organization of Systems. Moscow: Radio i svyaz. 1991. (In Russian)

18. L'Ecuyer P. Random number generation // Springer Handbooks of Computational Statistics. 2007. pp. 93 – 137.

19. Akimova V.V. Territorial organization of the solar energy complex of the countries of the world //

Renewable energy sources: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation and of the XI Scientific Youth School. Moscow: MAKS Press. 2018. pp. 16 – 23. (In Russian)

20. Thin-film solar cell. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Thin-film_solar_cell (date of access 08.01.2020)

21. Photovoltaics Report. 14 November 2019. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de> (date of access 11.01.2020)

22. Green M.A., Dunlop E.D., Hohl-Ebinger J., Yoshita M., Kopidakis N., Ho-Baillie A.W.Y. Solar cell efficiency tables (version 55) // Progress in Photovoltaics: Research and Applications. 2020. V. 28. pp. 3 – 15.

23. Tonkin B. Understand thin film solar panels before you regret it // Sun Power Source. 2018. URL: <https://www.sunpowersource.com/> (date of access 10.01.2020)

24. Vildanova M.F., Nikolskaia A.B., Kozlov S.S., Shevarevskiy O.I., Larina L.L. Enhancing efficiency and stability of perovskite solar cells through potassium doping // Renewable energy sources: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation and of the XI Scientific Youth School. Moscow: MAKS Press. 2018. pp. 24 – 31. (In Russian)

25. Terukov E.I. Tonkoplennochnyye solnechnyye moduli na osnove amorfnoy i mikrokristallicheskogo kremniya po tekhnologii i na oborudovanii firmy Oerlikon [Thin-film solar modules based on amorphous and microcrystalline silicon based on Oerlikon

technology and equipment] // Renewable energy sources: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific Youth School with International Participation. Moscow: Universitetskaya kniga. 2012. pp. 214 – 233 (In Russian)

26. The real lifespan of solar panels. URL: <https://energyinformative.org/lifespan-solar-panels/> (date of access 05.01.2020)

27. Tonkoplennochnyye fotoelektricheskiye moduli iz amorfnoy kremniya [Thin-film photovoltaic modules made of amorphous silicon]. URL: <https://www.solarhome.ru/solar/pv/asi.htm> (date of access 06.01.2020) (In Russian)

28. Kak delayut solnechnyye elementy [How solar cells are made] // Internet-zhurnal NLO MIR. 2018. URL: <https://nlo-mir.ru/tech/kak-delayut-solnechnyye-elementy.html> (date of access 05.01.2020) (In Russian)

29. Kratkiye svedeniya o solnechnykh panelyakh [Brief information about solar panels]. URL: <https://energotrade.su/blog/about-solarbattery.htm> (date of access 08.01.2020) (In Russian)

30. Tonkoplennochnyye fotomoduli Calyxo CX3 [Thin-film photo modules Calyxo CX3]. URL: <https://www.atmosfera.msk.ru/news/tonkoplennochnyye-fotomoduli-calyxo-cx3/> (date of access 10.01.2020) (In Russian)

31. Kak rabotayut solnechnyye elementy i ikh osnovnyye pokazateli [How solar cells work and their main indicators]. URL: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/techcells.htm> (date of access 10.01.2020) (In Russian)

MULTI-CRITERIA ENVIRONMENTAL-ORIENTED ASSESSMENT OF POWER PLANTS BASED ON SOLAR CELLS WITH DIFFERENT ACTIVE LAYER MATERIAL

Gvozdkova J.D., Gvozdkova I.A.

Summary. The article substantiates the need for a comparative multi-factor analysis of traditional and promising photovoltaic solar energy technologies in order to ensure a compromise between the technical and economic efficiency of their creation, implementation, use and the preservation of the environment. The principles of development, key characteristics and features of the practical application of a universal environmental-oriented optimization approach that allows for a comprehensive multi-criteria assessment of the life cycles of photovoltaic power plants that differ in the material of the active layer, taking into account socio-economic priorities in the field of energy and technological security, are considered. The possibilities of analytic hierarchy process and Monte-Carlo method, as well as variants of their software implementations, are demonstrated for solving the formulated problem of statistically reliable selection of optimal photovoltaic power systems with characteristics corresponding to the lowest possible negative environmental impact and sufficiently high technical and economic efficiency. The criteria for evaluating the advantages and disadvantages of thin-film solar cells and modules-devices that have great potential for the development of the photovoltaic segment of solar energy are systematized. The results of studies of various stages of the life cycles of the most common solar cells on thin films (with an active layer of cadmium telluride, copper-indium-gallium diselenide and a composite of amorphous, microcrystalline and nanocrystalline silicon) and power plants based on them are summarized. The developed algorithm is used to calculate the ecological and technical rating of these types of photovoltaic systems, the values of which are compared with the preferences of manufacturers and consumers in the market of thin-film photovoltaics. The authors formulate promising directions for the development of the proposed methodology and recommendations for its use in various regions and areas of activity.

Subject of research: environmental, technical and economic characteristics of photovoltaic power plants with an active layer of their various materials at all stages of their life cycle

Materials and methods: traditional and advanced materials of the active layer of solar cells and power plants based on them, analytic hierarchy process, Monte-Carlo method, methods of mathematical statistics, computer modeling using MS Excel and VBA tools

Results: a universal algorithm for multi-criteria comparative evaluation of environmental, technical and economic characteristics of life cycles of power plants based on solar cells with an active layer of various materials using optimization mathematical methods has been developed, the optimal type of thin-film photovoltaic systems for operation has been identified

Conclusions: it is argued that multi-criteria mathematical optimization of environmental-oriented selection of technological solutions is carried out by analogy with a comprehensive assessment of the advantages and disadvantages of the considered photovoltaic power plants

Key words: photovoltaic power plants, thin-film solar cells, active layer materials, multi-criteria environmental-oriented assessment, analytic hierarchy process, Monte-Carlo method.

УДК 628.339

ОЧИСТКА ВОД ОТ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ РЕАГЕНТАМИ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Степанова С.В., Алексеева А.А. Орлов Д.В.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»),
420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, annank90@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования щелочных сточных вод, образующихся в результате натронной варки целлюлозы из плодовых оболочек злаковых культур, в качестве комплексных реагентов для очистки модельных вод от ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} . Показано, что наибольшая эффективность очистки достигнута при использовании реагента, полученного из плодовых оболочек зерен пшеницы от ионов никеля – 98,84 %, цинка – 83,36 %, при использовании реагента, полученного из плодовых оболочек зерен ячменя, от ионов меди – 91,95 %, а при использовании реагента, полученного из плодовых оболочек зерен овса от ионов железа – 87,17 %. Исследована очистка реальных сточных вод промышленных предприятий Республики Татарстан от ионов Fe^{3+} , при этом степень очистки составила 100%.

Ключевые слова: плодовые оболочки злаковых культур, реагентная очистка, модельная вода, ионы тяжёлых металлов, альтернативный реагент.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема загрязнения и сброса недостаточно очищенных сточных вод остро стоит как в России в целом, так и Республике Татарстан. По данным государственного доклада «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году» объем загрязненных сточных вод в России за последние десятилетия остался неизменным, хотя отмечались уменьшения в 2015 и 2017 года. Так в 2015 г. объем загрязненных сточных вод, сброшенных в водные объекты страны, сократился до 14,4 млрд. м³, что на 2,4% меньше, чем в 2014 г., а в 2016 г. рассматриваемая величина возросла до 14,7 млрд м³. В 2017 г. по сравнению с 2016 г. рассматриваемый объем снизился до уровня 13,6 млрд м³[1]. В целом, за последние семь лет сброс стоков сократился на 18%, при этом доля загрязненных сточных вод (СВ) в

общем объеме водоотведения остается постоянной и составляет третью часть от общего объема, что примерно равно 4,6 млрд. м³. Так же за этот период значительно сократилось количество СВ не подвергнувшиеся очистке. На изменение количества сбрасываемых загрязнённых СВ оказывает влияние строительства и ввода в эксплуатацию очистных сооружений и установок. Однако приведенные в докладе данные свидетельствуют, что качество условно очищенных сбрасываемых СВ остается неудовлетворительным. Особое место среди загрязнителей занимают тяжелые металлы и воды загрязнённые их ионами. Ионы тяжелых металлов (ИТМ) не исчезают из воды самопроизвольно, а наоборот накапливаются или перераспределяются [2]. В таблице 1 представлены данные по сбросу ИТМ со СВ в поверхностные природные водные объекты России за последние 20 лет.

Таблица 1. Данные по сбросу ИТМ в составе СВ в поверхностные природные водные объекты России.

Загрязнитель	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2010 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Никель (Ni^{2+}), кг	285980	Данные отсутствуют	86880	37364	30940	28159	28339	22854
Цинк (Zn^{2+}), кг	877560	710000	442670	588679	404136	411080	365317	223024
Медь (Cu^{2+}), кг	631290	290410	82900	73876	51114	48173	32385	31272
Железо (Fe^{2+} , Fe^{3+} (все растворимые в воде формы), кг	27726	8233	5612	6482	2975	2560	2383	2137

Очевидно, что воздействие в данном случае комплекса факторов, таких как улучшение методов очистки, сокращение сброса загрязнённых СВ, использование оборотного водоснабжения привело к сокращению количества ИТМ в СВ за последние годы. Однако на 2017 год содержание ИТМ остается достаточно высоким, и требуются новые

эффективные, низкочастотные комплексные методы и подходы для очистки загрязненных СВ.

По данным управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Республике Татарстан содержание в сбросах тяжелых металлов, превышает предельно допустимые концентрации более чем в 3 раза, Кроме того, результаты наблюдений управления по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Татарстан показывают, что за период с 2014 по 2018 гг. качество вод, как крупных водных объектов, так и малых рек региона остается неблагоприятным. В основном, качество поверхностных вод Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ колеблется в пределах класса 3 «а» - загрязненные и 3 «б» - очень загрязненные. Уровень загрязненности малых и средних рек остается высоким и составляет от класса 3 «а» – загрязненные до 4 «а» – грязные [3].

На загрязнение рек региона естественные источники загрязнения оказывают незначительное влияние, основными загрязнителями являются СВ химических и нефтехимических предприятий а так же предприятия машиностроения. Тяжелые металлы могут поступать в водные объекты либо с выбросами промышленных предприятий в нижние слои тропосферы, вступая в аэрозольную миграцию и выпадая в виде осадков на поверхность почв и водных объектов, либо загрязняясь химическими поллютантами непосредственно в технологическом процессе. Основные производства-загрязнители Республики Татарстан можно условно разделить на сектора:

- нефтяной – добыча нефти, сопровождающаяся сопутствующим машиностроением (юго-восток республики – ПАО «Татанефть»);

- промышленный – машиностроение (северо-запад республики – АО «КОМЗ», АО «КМПО», АО ПО «Завод им. Серго», восток республики – ПАО «КАМАЗ»);

- нефтехимический – ведущие предприятия нефтехимии (восток республики – ПАО «Нижнекамскнефтехим», ПАО «Таиф-НК») [4].

Основной причиной, по которой загрязненные СВ поступают в водные объекты, является высокая изношенность очистных сооружений и использование морально устаревшего технологического оборудования, не справляющегося с ежегодно возрастающей на него нагрузкой.

Использование реагентных методов является одним из основных направлений, нацеленных на очистку СВ от ИТМ. Наибольшее распространение получили методы, включающие в себя процессы нейтрализации, окислительно-восстановительные реакции, комплексообразования, осаждения и др. [2]. При этом приветствуется переход на новые технологические процессы при которых не производится сброс очищенных или загрязненных СВ, а осуществляется их повторное использование в технологических процессах предприятия. Следует отметить, что применение реагентных способов в промышленности возможно при широком диапазоне концентраций токсичных загрязнителей в воде, этот факт имеет существенное значение, если данный метод сравнивать с биохимическим. Реагентный метод заключается в переводе растворимых соединений металлов в нерастворимые гидроксиды при добавлении различных реагентов с последующим отделением

осадка. Чаще всего, в качестве последних используются гидроксиды кальция и натрия, сульфид натрия и другие.

Недостатком реагентных методов является высокая стоимость, обусловленная использованием химических реагентов. Выходом из создавшегося положения видится их замена на альтернативные, более дешевые, полученные из отходов из других производств [5].

Россия является ведущим в мире производителем зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень) и отходы от производства и переработки в данном секторе значительные в регионах средней полосы, в том числе в Республике Татарстан. При переработке зерна образуется большое количество отходов (солома, шелуха до 3-5 % от общего объема).

В данной работе предлагается использовать плодовые оболочки зерен пшеницы (ПОЗП), овса (ПОЗО), ячменя (ПОЗЯ) – основных зерновых культур, выращиваемых на территории республики Татарстан – для получения реагентов для очистки вод от ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} .

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – изучение возможности использования реагентов из плодовых оболочек злаковых культур (ПОЗК) для очистки СВ от ИТМ.

Задачи:

1. Исследование очистки модельных вод от ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} традиционными реагентами.

2. Исследование очистки модельных вод от ионов Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} коагуляционно-флокуляционным методом.

3. Исследование возможности использования сточных вод, образующихся в результате натронной варки целлюлозы из плодовых оболочек злаковых культур (ячменя, овса и пшеницы) в качестве реагентов для очистки модельных растворов (МР).

4. Сравнение эффективности очистки при применении для удаления ИТМ из вод традиционными и альтернативными реагентами и разработка рекомендаций по их применению в практике водоочистки.

5. Исследование возможности использования сточных вод, образующихся в результате натронной варки целлюлозы из плодовых оболочек злаковых культур (ячменя, овса и пшеницы) в качестве реагентов для очистки сточных вод ПАО «Казаньоргсинтез» и ПАО «Нижнекамскнефтехим».

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДОВ

Для удаления ионов металлов из сточных вод в качестве реагентов обычно используются гидроксиды кальция и натрия, сульфид натрия и другие, а коллоидных и взвешенных частиц – флокулянты, при введении которых резко

ускоряется процесс образования и осаждения хлопьев, увеличивается плотность агрегатов и осадков, расширяется диапазон рН. В качестве флокулянтов используют производные полиакриламида в виде водных растворов малой концентрации, для увеличения скорости седиментации образующихся осадков в несколько раз.

Для очистки СВ от ИМ также можно использовать более эффективные методы: обратный осмос, нанофильтрацию, электрокоагуляцию и другие. Однако они дорогостоящие, в связи с этим необходимо внедрять новые реагентные способы, не требующие больших финансовых затрат и не оказывающие негативного влияния на природную среду.

В настоящее время для удаления поллютантов из сточных вод, в том числе и ИМ, предложено использовать отходы промышленного и сельскохозяйственного производства, в том числе и сточные воды других производств [6]

Анализ предприятий целлюлозно-бумажной промышленности показывает, что в результате натронной варки целлюлозы, где в качестве реагента используется едкий натр, образуется черный щелок, в состав которого входят извлеченные из древесины составляющие компоненты [7-9]. Наличие в стоках последних, а также гидроксида натрия, объясняет высокое значение рН 13,5 и возможность использования данных растворов для других целей, в частности, для нейтрализации кислых гальваносточков и

очистки последних от ИМ, в том числе и от ионов железа, никеля, меди и цинка [9-11].

Преимуществом данного способа является возможность очистки СВ от ионов металлов с одновременной утилизацией щелочных стоков, образующихся после натронной варки целлюлозы, а также снижение себестоимости процесса очистки за счет исключения дорогостоящих реагентов.

В данной работе определялась возможность использования щелочных сточных вод, образующихся в результате натронной варки целлюлозы из ПОЗО, ПОЗЯ, ПОЗО(отходов ОАО «Набережночелнинский элеватор» Республики Татарстан), для очистки модельных растворов (МР) и производственных сточных вод от ионов металлов.

В результате натронного способа получения целлюлозы(соотношение растительных отходов к 20 % раствору NaOH 1:100 при температуре 100 °С и времени выдержки 60 минут) [12], образуются щелочные сточные воды со значением рН 13,5 (таблица 2), которые содержат большую часть лигнина, пентозанов, жиров и смол. При натронных способах варки часть щелочи расходуется на взаимодействие с лигнином, органическими кислотами и оксикислотами, образующимися при распаде пентозанов и других полисахаридов растительного сырья [13]. Очистка сточных вод одного производства сточными жидкостями других производств представляет несомненный интерес с точки зрения экономии реагентов [14-18].

Таблица 2. Характеристики щелочных реагентов из плодовых оболочек злаковых культур

Щелочные Реагенты	Плотность, г/см ³	Вязкость, Па·с	Концентрация едкого натра, %	Температура, °С	Прокаленный остаток, мг/дм ³	Сухой остаток, мг/дм ³
Реагент из ПОЗП	1,099	1,860	10	100	71,45	460,95
Реагент из ПОЗО	1,084	21,597	5	100	49,40	475,06
Реагент из ПОЗЯ	1,144	0,916	10	100	72,60	460,80

В качестве объектов исследования рассматривались МР, загрязненные ионами металлов (таблица3).

Таблица 3. Параметры исходных модельных растворов

ИМ	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Cu ²⁺	Fe ³⁺
С _{Me++} , мг/дм ³	100	100	100	100
ХПК, мг О/дм ³	177	208	127,4	73
рН	5,49	2,63	6,01	2,26

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Механизм очистки воды от ионов металлов заключается в том, что при взаимодействии соли с основаниями выпадает осадок гидроксида металла при определенном значении рН.

В качестве реагентов для удаления ИТМ из МВ исследовались:

- 1) раствор NaOH концентрацией 20 г/дм³;
- 2) раствор Ca(OH)₂ концентрацией 1,85 г/дм³;
- 3) 0,1 % растворы Праестолов (катионоактивный «Праестол 611», анионоактивный «Праестол 2640»

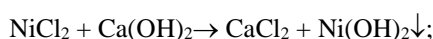
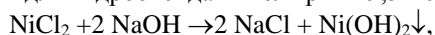
и неионогенный «Праестола 2500») и 0,1 см³5 % раствором FeSO₄;

4) сточные воды, образующиеся при получении целлюлозы методом натронной варки плодовых оболочек зерен овса (ПОЗО), пшеницы (ПОЗП), ячменя (ПОЗЯ), являющихся отходами от послеуборочной обработки зерна [19-24].

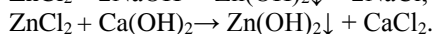
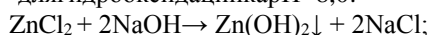
Первоначально определялось количество растворов NaOH и Ca(OH)₂, необходимых для удаления ионов металлов из МР. При проведении процесса очистки в мерные цилиндры емкостью 200 см³ наливалось по 100 см³МР, содержащих ионы Me²⁺ концентрацией 100 мг/дм³, добавлялись растворы реагентов до достижения необходимого значения pH раствора.

Величина pH полного осаждения составляет:

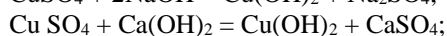
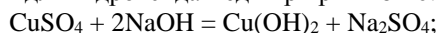
- для гидроксида никеля pH = 9,5-10:



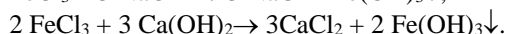
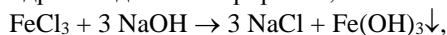
- для гидроксида цинка pH = 8,0:



- для гидроксида меди при pH = 8-10:



гидроксида железа при pH = 4,1:



При достижении значений pH указанных выше начиналось образование и выпадение хлопьев гидроксидов металлов. Осадок отфильтровывался, сушился и взвешивался, а у фильтрата определялись значения ХПК, pH и остаточная концентрация ионов металлов (таблица 4) согласно стандартным методикам.

Таблица 4. Параметры условно очищенной модельной воды от ионов металлов исследуемыми реагентами

Реагент	ХПК, мг О/л	pH	m, г/дм ³	C _{Me⁺⁺} , мг/ дм ³	Эффективность очистки, %
Ni²⁺					
NaOH	78,74	9,69	0,204	1,29	98,70
Ca(OH) ₂	156,86	9,52	0,212	7,53	92,47
Праестол 611+5 %-ный раствор FeSO ₄	629,89	7,50	0,391	5,13	94,87
Праестол 2640+5 %-ный раствор FeSO ₄	669,26	7,36	0,280	5,96	94,07
Праестол 2500+5 %-ный раствор FeSO ₄	275,58	7,39	0,539	3,45	96,55
ПОЗП	98,43	9,67	0,412	1,16	98,84
ПОЗЯ	118,12	9,66	0,327	1,33	98,67
ПОЗО	157,49	9,63	0,301	4,25	95,76
Zn²⁺					
NaOH	80,00	8,11	0,1852	43,20	56,80
Ca(OH) ₂	165,00	8,11	0,140	72,69	27,31
Праестол 611+5 %-ный раствора FeSO ₄	828,22	7,04	0,454	21,28	78,72
Праестол 2640+5 %-ный раствора FeSO ₄	786,25	7,05	0,695	16,34	83,66
Праестол 2500+5 %-ный раствора FeSO ₄	823,42	7,04	0,521	19,20	80,80
ПОЗП	32,00	8,1	0,287	16,64	83,36
ПОЗЯ	144,00	8,12	0,160	32,95	67,05
ПОЗО	96,00	8,12	0,169	24,69	75,31
Cu²⁺					
NaOH	18,20	8,67	0,422	6,039	93,96
Ca(OH) ₂	56,82	8,63	0,263	60,40	39,60
Праестол 611+5 %-ный раствора FeSO ₄	151,52	6,57	0,575	49,31	53,69
Праестол 2640+5 %-ный раствора FeSO ₄	37,88	6,22	0,543	28,86	71,14
Праестол 2500+5 %-ный раствора FeSO ₄	75,76	6,22	0,556	32,49	67,51
ПОЗП	109,20	8,78	0,366	71,81	28,19
ПОЗЯ	36,40	8,66	0,735	8,053	91,95
ПОЗО	72,80	8,66	0,578	53,69	46,31
Fe³⁺					
NaOH	39,37	7,09	0,407	14,97	85,03
Ca(OH) ₂	372,55	7,05	0,438	4,28	95,72
Праестол 611+5 %-ный раствора FeSO ₄	649,64	7,73	1,015	2,14	97,86
Праестол 2640+5 %-ный раствора FeSO ₄	984,30	7,02	0,612	8,55	91,45
Праестол 2500+5 %-ный раствора FeSO ₄	787,44	7,05	0,839	5,70	94,30
ПОЗП	108,92	7,34	0,403	14,97	85,03
ПОЗЯ	275,60	7,04	0,363	25,66	74,34
ПОЗО	36,31	7,58	0,648	12,83	87,17

Раствор NaOH является дорогостоящим и в реальных условиях на производстве гораздо чаще для снижения стоимости очистки используют

раствор гидроксида кальция, так называемое «известковое молоко». Растворы, содержащие в своем составе NaOH или KOH, применяют только в

тех случаях, когда названные реагенты являются отходами местного производства. Использование раствора NaOH имеет еще один существенный недостаток – частицы образующихся гидроксидов металлов имеют малые размеры и весьма продолжительное время оседают на дно реакционного сосуда [10]. В промышленных условиях данное обстоятельство неприемлемо из-за увеличения времени седиментации.

При анализе результатов очистки МР коагуляционно-флокуляционным методом можно сделать вывод, что наилучшая очистка достигается при использовании анионоактивного и неионогенного раствора Праестола. Это связано с тем, что данные флокулянты способны закрепляться на поверхности частиц благодаря химическому взаимодействию анионов с катионами, находящимися на поверхности частиц, при этом образуются комплексы ионов металлов с органическими компонентами. При добавлении в воду анионного флокулянта происходит взаимодействие функциональных групп

(карбокисильных, сульфогрупп) с катионами металла. Данный факт обуславливается дополнительным взаимодействием анионов флокулянта, которые имели отрицательный заряд, с катионами, находящимися в МР, имеющих положительный заряд с дополнительными образовавшимися химическими связями.

Анализируя эффективность очистки МВреагентами изПОЗК, можно сказать, что результаты сравнимы со стандартными методами очистки сточных вод в промышленности.

Далее в работе исследовалась возможность очистки реальных СВ промышленных предприятий Республики Татарстан – ПАО «Казаньоргсинтез», ПАО «Нижнекамскнефтехим». Поскольку основным загрязнителем в стоках данных предприятий являются ионы Fe^{3+} , то в качестве реагента выбран реагент из ПОЗО т.к. он обладает более высокой эффективностью очистки. Предварительно проводились опыты по определению параметров исходных сточных вод (Таблица 5)

Таблица 5. Параметры сточных вод предприятий

Сточная вода	Концентрация Fe^{2+} , мг/дм ³	pH	ХПК, мг O_2 /дм ³
ПАО «Казаньоргсинтез»	3,36	7,11	352,8
ПАО «Нижнекамскнефтехим»	3,136	7,15	352,8

В таблице 6 приведено сравнение результатов очистки производственных сточных вод раствором NaOH с реагентом из ПОЗО.

Таблица 6. Параметры очищенных сточных вод предприятий от ионов Fe^{3+} исследуемыми реагентами

Параметр	ПАО «Казаньоргсинтез»		ПАО «Нижнекамскнефтехим»	
	NaOH	Реагент ПОЗО	NaOH	Реагент ПОЗО
Объем раствора реагента, см ³ на 100 см ³	0,08	0,1	0,14	0,08
ХПК, мг O_2 /дм ³	122,4	122,4	367,2	571,2
pH	9,23	8,95	8,01	8,58
Концентрация $Fe_{общ}$, мг/дм ³	0	0	0	0
$m_{осад}$, г/дм ³	0,235	0,14	0,202	0,17
Эффективность очистки, %	100	100	100	100

Из полученных данных видно, что эффективность очистки СВ при использовании щелочного реагента из ПОЗО и раствора NaOH достигла 100 %, в плане экономики и технологии реализации использование традиционных реагентов требуют больших затрат.

Таким образом, проведенными экспериментами показана возможность использования щелочных сточных вод, образующихся при получении целлюлозы натронным способом из плодовых оболочек зерновых культур, в качестве альтернативных реагентов для локальной очистки вод содержащих ионы Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , при этом получены результаты, сравнимые с традиционными. Кроме того, снизится себестоимость очистки сточных вод для предприятий химической отрасли промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2017 году». – М.: НИИ-Природа, 2018. – 298 с.
2. Мальков И.В. Тяжелые металлы в сточных водах / И.В. Мальков, А.В. Павловский // Наука и техника Казахстана. – 2005. – №4. – С 47-50
3. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2018 году».[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm> (дата обращения 07.11.2019).].

4. Митина Н.Н. Экологическое состояние водных ресурсов республики Татарстан / Н.Н. Митина, Д.Р. Гарифуллина // *Вода: химия и экология*. — 2009. — № 9. — С. 26-31
5. Касиков А. Г. Эколога-экономический подход к решению задачи утилизации металлургических отходов медно-никелевого производства// *Инженерная экология*. — 2002. — № 4. С. 52—60
6. Иванов С.Ю. Современные способы варки сульфатной целлюлозы. Учебное пособие – СПб: ГОУ ВПО СПбГТУРП – 2005 – 63 с.
7. Колесникова А.В. Развитие целлюлозно-бумажной промышленности в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах: Динамика, тенденции, проблемы // *Вестник ЗабГУ*. – 2017. – №7. – С. 134-144 DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-7-134-144
8. Наилучшие доступные технологии (НДТ). Справочный документ для производства целлюлозы, бумаги и картона. Директива о Промышленных Выбросах 2010/75/ЕС. (Комплексное предотвращение и контроль загрязнений) 2015 г. European Commission. Best Available Techniques Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. – 2015. – С. 900.
9. Иванова В.Н., Уварова Д.Ю., Махотина Л.Г., Аким Э.Л. Переработка волокнистых полуфабрикатов высокого выхода // *Известия ВУЗов. Лесной журнал*. – 2017. – №6 (360) С. 145-150. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2017.6.145
10. Анохина Е.Ю. Очистка модельной воды от ионов трехвалентного железа раствором реагента из плодовых оболочек зерен овса / Е.Ю. Анохина, С.В. Степанова // *Вестник технологического университета*. – 2016. – Т.19, № 3. – С. 116-119
11. Степанова С.В. Получение целлюлозы из семенных оболочек злаковых культур / Е.В. Барынина, О.А. Кондаленко, С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев // *Экологические проблемы горнопромышленных регионов: материалы докладов и выступлений участников Международной молодежной конференции (12-13 сентября 2012 года)*. – Казань, 2012. – С. 43-46
12. Натронный способ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ngpedia.ru/id468586p1.html> (дата обращения 20.05.2017).
13. Определение лигнина [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://knowledge.allbest.ru/chemistry/2c0a65625a3ac68b5d53b89421216c37_0.html (дата обращения 16.05.2017).
14. Шайхиев И.Г. Очистка сточных вод одних производств стоками других производств часть 3. Очистка сточных вод производственных сточных вод стоками других производств / И.Г. Шайхиев, Г.А. Минлигулова // *Вода и экология: проблемы и решения*. – 2008. – № 3. – С. 3-13
15. Шайхиев И.Г. Очистка производственных сточных вод стоками других производств часть 2. очистка сточных вод гальванических производств/ И.Г. Шайхиев, Г.А. Минлигулова // *Вода и экология: проблемы и решения*. – 2008. – № 4 – С. 16-30
16. Шайхиев И.Г. Очистка сточных вод одних производств стоками других производств часть 3. Очистка сточных вод, содержащих примеси органического происхождения / И.Г. Шайхиев, Г.А. Минлигулова // *Вода и экология: проблемы и решения*. – 2009. – № 1. – С. 49-60
17. Шайхиев И.Г. Очистка сточных вод одних производств стоками других производств / И.Г. Шайхиев, Г.А. Минлигулова // *Вода и экология: проблемы и решения*. – 2009. – № 2. – С. 28-39
18. Шайхиев И.Г. Очистка сточных вод одних производств стоками других производств часть 5. Использование примесей, содержащихся в стоках, в качестве реагентов для очистки сточных вод/ И.Г. Шайхиев, Г.А. Минлигулова // *Вода и экология: проблемы и решения*. – 2009. – № 3. – С. 13-23
19. Барынина Е.А. Материалы докладов и выступлений участников Международной молодежной конференции «Экологические проблемы горнопромышленных регионов», / Е.А. Барынина, О.А. Кондаленко, С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев // Казань: КНИТУ – 2012. – С. 43-46
20. Кондаленко О.А. Получение целлюлозы из отходов ячменя / О.А. Кондаленко, С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев // *Research Journal of International Studies. Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal: сборник по результатам XV заочной научной конференции*. – 2013. – № 5 (12), Часть 3. – С. 116-118
21. Данилова Е.Г. Переработка березового опада с целью получения товарного продукта (целлюлозы) / Е.Г. Данилова, С.В. Степанова // *Вестник технологического университета*. – 2017. – Т. 20, № . – С. 37-40
22. Степанова, С.В. Очистка модельных вод от ионов трехвалентного железа сточными водами производства целлюлозы из отходов злаковых культур / С.В. Степанова // *Вестник технологического университета*. – 2017. – Т. 20., № 16. – С. 137-141.
23. Степанова, С.В. Очистка вод от ионов меди сточными водами производства целлюлозы из отходов злаковых культур / С.В. Степанова // *Вестник технологического университета*. – 2017. – Т. 20, № 19. – С. 142-146.
24. Фахертдинова Л.Р. Удаление из модельных растворов ионов никеля сточными водами от процесса натронной варки целлюлозы из плодовых оболочек злаковых культур / Л.Р. Фахертдинова, С.В. Степанова, И. Г. Шайхиев // *Вестник технологического университета*. – 2015. – Т.18, №24. – С. 117-120

REFERENCES

1. State report “On the state and use of water resources of the Russian Federation in 2017”. - М.: NIA-Priroda, 2018. -- 298 p.
2. Malkov I.V. Heavy metals in wastewater / I.V. Malkov, A.V. Pavlovsky // *Science and technology of Kazakhstan*. - 2005. - No. 4. - С 47-50

3. State report "On the state of natural resources and on environmental protection of the Republic of Tatarstan in 2018." [Electronic resource]. Access mode: <http://eco.tatarstan.ru/gosdoklad.htm> (accessed 11/07/2019).].
4. Mitina N.N. Ecological condition of water resources of the Republic of Tatarstan / N.N. Mitina, D.R. Garifullina // *Water: chemistry and ecology*. - 2009. - No. 9. - S. 26-31
5. Kasikov A. G. Ecological and economic approach to solving the problem of utilization of metallurgical wastes of copper-nickel production // *Engineering Ecology*. - 2002. - No. 4. P. 52-60
6. Ivanov S.Yu. Modern methods of cooking sulfate pulp. Textbook - St. Petersburg: GOU VPO SPbGTURP - 2005 - 63 p.
7. Kolesnikova A.V. The development of the pulp and paper industry in the Siberian and Far Eastern Federal Districts: Dynamics, Trends, Problems // *Vestnik ZabGU*. - 2017. - No. 7. - S. 134-144 DOI: 10.21209 / 222792452017237134144
8. The best available technology (BAT). Background document for the production of pulp, paper and paperboard. Industrial Emissions Directive 2010/75 / EC. (Integrated Pollution Prevention and Control) 2015 European Commission. Best Available Techniques Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. - 2015. -- S. 900.
9. Ivanova V.N., Uvarova D.Yu., Mahotina L.G., Akim E.L. Processing of fibrous semi-finished products of high yield // *News of universities. Forest magazine*. - 2017. - No. 6 (360) S. 145-150. DOI: 10.17238 / issn0536-1036.2017.6.145
10. Anokhina E.Yu. Purification of model water from ferric ions by a reagent solution from the fruit shells of oat grains / E.Yu. Anokhina, S.V. Stepanova // *Bulletin of the Technological University*. - 2016. - T. 19, No. 3. - S. 116-119
11. Stepanova S.V. Obtaining cellulose from the seed coat of cereal crops / E.V. Barynina, O.A. Kondalenko, S.V. Stepanova, I.G. Shaikhiev // *Environmental problems of mining regions: materials of reports and speeches of participants of the International Youth Conference (September 12-13, 2012)*. - Kazan, 2012. -- S. 43-46
12. Sodium method [Electronic resource]. Access mode: <http://www.ngpedia.ru/id468586p1.html> (accessed 05.05.2017).].
13. Definition of lignin [Electronic resource]. Access mode: http://knowledge.allbest.ru/chemistry/2c0a65625a3ac68b5d53b89421216c37_0.html (accessed 05.16.2017).
14. Shaikhiev I.G. Wastewater treatment of some industries by wastewater from other industries Part 3. Wastewater treatment of industrial wastewater by wastewater from other industries / I.G. Shaikhiev, G.A. Minligulova // *Water and ecology: problems and solutions*. - 2008. - No. 3. - S. 3-13
15. Shaikhiev I.G. Purification of industrial wastewater by drains of other industries Part 2. Wastewater treatment of galvanic plants / I.G. Shaikhiev, G.A. Minligulova // *Water and ecology: problems and solutions*. - 2008. - No. 4 - S. 16-30
16. Shaikhiev I.G. Wastewater treatment of some industries with effluents of other industries Part 3. Wastewater treatment containing organic impurities / I.G. Shaikhiev, G.A. Minligulova // *Water and ecology: problems and solutions*. - 2009. - No. 1. - S. 49-60
17. Shaikhiev I.G. Wastewater treatment of some industries by drains of other industries / I.G. Shaikhiev, G.A. Minligulova // *Water and ecology: problems and solutions*. - 2009. - No. 2. - S. 28-39
18. Shaikhiev I.G. Wastewater treatment of some industries by effluents of other industries Part 5. Use of impurities contained in effluents as reagents for wastewater treatment / I.G. Shaikhiev, G.A. Minligulova // *Water and ecology: problems and solutions*. - 2009. - No. 3. - S. 13-23
19. Barynina EA Materials of reports and speeches of participants of the International Youth Conference "Environmental Problems of Mining Regions", / E.A. Barynina, O.A. Kondalenko, S.V. Stepanova, I.G. Shaikhiev // *Kazan: KNITU - 2012* -- S. 43-46
20. Kondalenko O.A. Obtaining cellulose from barley waste / O.A. Kondalenko, S.V. Stepanova, I.G. Shaikhiev // *Research Journal of International Studies. Meždunarodnyj naučno-issledovatel'skij žurnal: collection of results*

CLEANING WATERS FROM METAL IONS BY REAGENTS FROM PLANT WASTE OF CEREAL CROPS OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Stepanova S.V., Alekseeva A.A. Orlov D.V.

Summary. The article considers the possibility of using alkaline wastewater generated as a result of sodium pulping from the fruit shells of cereal crops as complex reagents for the treatment of model waters from ions of Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} . It was shown that the greatest cleaning efficiency was achieved using a reagent obtained from the fruit shells of wheat grains, from nickel ions - 98.84%, zinc - 83.36%, using a reagent obtained from the fruit shells of barley grains, from copper ions - 91, 95%, and when using a reagent obtained from the fruit shells of oat grains, from iron ions - 87.17%. The treatment of real wastewater of industrial enterprises of the Republic of Tatarstan from Fe^{3+} ions was studied, while the degree of purification was 100%.

Key words: fruit coatings of cereal crops, reagent purification, model water, heavy metal ions, alternative reagent.

Алексева Анна Александровна – к.т.н., доцент каф. «Инженерная экология» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Степанова Светлана Владимировна – к.т.н., доцент каф. «Инженерная экология» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Орлов Денис Вадимович – студент (магистр) каф. «Инженерная экология» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Авдиенко Т.О., Жиленко О.Б.

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
295493 РК г. Симферополь, ул. Киевская, 18
e-mail: tatyana_av@inbox.ru; e-mail: o.b.zhilenko@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена тема совмещения архитектурной выразительности фасадов с новейшими энергоэффективными технологиями при строительстве современных высотных зданий. Изучены тенденции развития и внедрения высоких технологий в строительство, а также выполнена оценка их эффективности на примере здания мэрии, расположенного в Лондоне. Выполнен сравнительный анализ новых технологий, определены преимущества, перспективы развития и внедрения на территории Республики Крым.

Предмет исследования: новейшие энергоэффективные технологии.

Материалы и методы исследования: анализ информации, находящейся в открытом доступе, обработка полученных данных, сравнительный анализ.

Ключевые слова: энергоэффективное здание; экологичность; технологии; энергоэффективные решения.

ВВЕДЕНИЕ

По мере совершенствования человеком окружающего мира появились проблемы, связанные с экологией планеты. Основной причиной нарушения экологического баланса является развитие промышленности. В настоящее время все страны мира работают над поиском методик по улучшению экологии, что приводит к стремлению производить более экологичные продукты. Согласно исследованиям ученых, запасов основных источников энергии, а именно: нефти, газа и угля, осталось приблизительно на 100 лет. Около половины из потребляемой энергии приходится на жилые дома. Для решения вопроса экологичного и безопасного энергообеспечения жилых домов – необходимо создание высокотехнологичных и энергоэффективных конструкций в структуре здания.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Энергоэффективным называется здание, включающее в себя совокупность архитектурных и инженерных решений, наилучшим образом отвечающих целям минимизации расходования энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания. Это достигается путем системного анализа сооружения как единой энергетической системы. Важно, чтобы технические параметры проектируемого объекта были энергетически взаимосвязаны. Научные основы системного анализа были разработаны Ю.А. Табунщиковым и М. М. Бородач.

В середине 1980-х годов немецкий инженер-физик Вольфганг Файст сделал первые математические расчеты пассивного дома, а вернее дома-термоса, который не требовал бы обогрева. Главным результатом расчетов стал факт того, что проект такого дома можно осуществить. Принципы

проектирования зданий с низким потреблением энергии он описал в своей книге «Основные положения по проектированию пассивных домов». В книге подробно расписаны требования к различным конструктивным элементам и все факторы, влияющие на поступление и потерю тепла в энергоэффективных домах.

Российский конструктор и физик Ю.Н. Лапин изучал вопрос экономичности и экологичности домов. Интересно то, что свои расчеты он проводил также в середине 1980-х годов независимо от Файста. Юрий Николаевич обосновал и подтвердил тезис о том, что города с, преимущественно, малой и средней экологической застройкой и инфраструктурой могут быть столь же территориально компактными, что и города с высотной застройкой. Это зафиксировано в его монографии «Экожилье – ключ к будущему». Также в 2005 году на данную тему опубликовал книгу «Автономные экологические дома».

Первое энергоэффективное сооружение появилось в 1972 г. в г. Манчестере (штат Нью-Хэмпшир, США) для Администрации общих служб в виде офисного семиэтажного здания с техническим этажом и двухъярусным гаражом. Энергопотребление сооружения сокращалось за счет эффективного использования солнечной радиации, двухслойных ограждающих конструкций и компьютерного управления инженерным оборудованием здания («умный дом»). Постройка была экспериментальной и в то же время положила начало строительству энергосберегающих домов по всему миру.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы, используемые для исследования, – поиск и анализ информации, ее обработка и последующее сравнение. Они позволят как можно точнее выявить преимущества используемых

технологий и описать принцип работы инженерного оборудования.

В качестве примера, в статье рассмотрено здание мэрии в Лондоне или, как о нем еще отзываются, зданию высоких технологий. Проект Сити-Холла, или Совета Большого Лондона, был выполнен в 1998 г. Резиденция Администрации Большого Лондона располагается на берегу реки Темза. Строительство сооружения заняло около 5 лет и обошлось в 65 миллионов фунтов (5 млрд. российских рублей). Окончательный вид мэрия обрела в 2002 году благодаря знаменитым британским архитекторам Норману Фостеру (Sir Norman Robert Foster) и Кену Шаттлворту (Ken Shuttleworth). Разработкой инновационных решений по энергосбережению занималась известная международная компания «Acur».

Здание располагается на участке площадью 5,5 га (общая площадь помещений - 18 тыс. м²). Его высота составляет 45 м, что включает в себя 10 этажей, соединенных лестницей. Внешне здание напоминает нарезанное яйцо. Некоторые сравнивают его форму с символическим глобусом, парусом футуристического корабля или рыцарским забралом (рис. 1, 2). Постройка как бы сужается от самой широкой средней к нижней части. Сооружение будто бы нарезано, где каждый «кусочек» смещен на 17 градусов в южную сторону. Каждое последующее перекрытие образует

«козырек от солнца» для предыдущего. Десятиэтажный Совет Большого Лондона возведен в традициях пост-модернизма. Внутри сооружения располагаются офис мэра и кабинеты для 25 членов лондонской ассамблеи. Помимо этого, Сити-Холл включает в себя места для 500 чиновников, залы для собраний и заседаний, помещения для приемов и выставок, смотровые галереи, публичную библиотеку и рестораны. Полукилометровая галерея опоясывает все здание мэрии. Предполагается, что эта идея была позаимствована архитекторами из знаменитого нью-йоркского музея Соломона Гуггенхайма. На верхней части «яйца» находится естественно освещенная площадка, где проводятся встречи и выставки, так называемая, «Лондонская гостиная».

В здании предусмотрена свободная планировка, которую можно либо разделить на необходимое число помещений при помощи прозрачных или непрозрачных перегородок, либо оставить пространство открытым. На настоящий момент Сити-Холл разделен на 54 офисных помещения.

Рядом со зданием Совета Большого Лондона располагается открытый амфитеатр, именуемый «The scoop» («Совок»), который освещается в ночное время благодаря единственному источнику света. Он располагается на мачте освещения на южной стороне амфитеатра.



Рис.1. Общий вид здания мэрии в Лондоне с амфитеатром.
Fig.1. General view of the city hall in London with an amphitheater.



Рис.2. Вид на здание мэрии Лондона сбоку.
Fig.2. Side view of the London City Hall.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Опираясь на главное условие системного анализа, можно сказать, что все технические параметры Сити-Холла, т.е. форма, расположение относительно сторон света, ограждающие конструкции, поддержание микроклимата помещений, устройства для защиты от солнца и т.д.,

энергетически взаимосвязаны между собой. Внешние признаки (форма, ориентация и размер) были определены при помощи метода компьютерного моделирования, а также под воздействием целевой функции здания (рис. 3). Рассмотрим более подробно энергоэффективные решения, реализуемые в здании, и их преимущества перед традиционными технологиями.

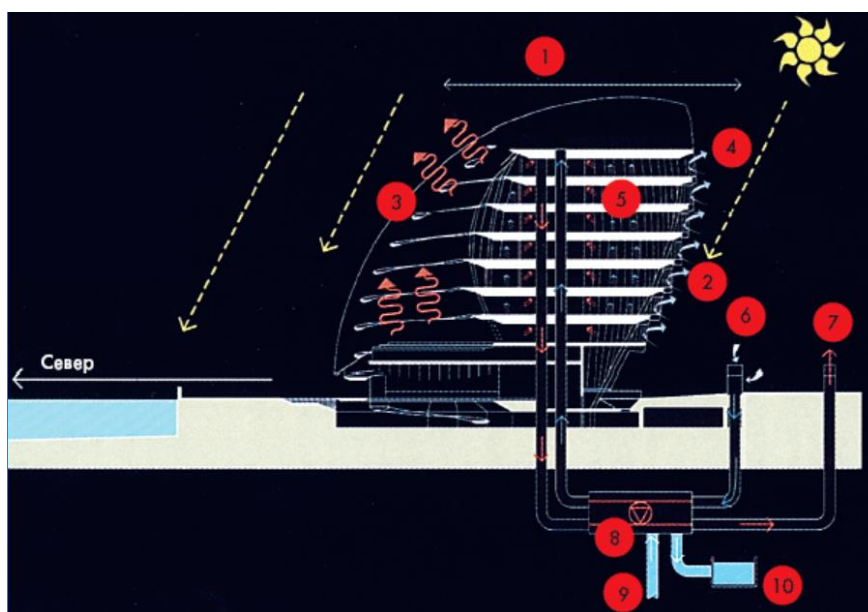


Рис.3. Схема здания мэрии с указанием основных энергоэффективных мероприятий: 1 – минимальная площадь поверхности, на которую воздействует солнечная радиация; 2 – использование элементов наружных ограждающих конструкций в качестве солнцезащитных устройств; 3 – большая площадь остекления с северной стороны, не подверженной воздействию прямой солнечной радиации; 4 – возможность естественного проветривания офисных помещений через открываемые окна; 5 – потолочное охлаждение воздуха в помещении; 6 – наружный воздух; 7 – удаляемый воздух; 8 – центральная установка механической приточно-вытяжной вентиляции с утилизацией тепла; 9 – скважина низкотемпературных грунтовых вод; 10 – сборный резервуар.

Fig.3. The scheme of the city hall building indicating the main energy-efficient measures: 1 - the minimum surface area that is affected by solar radiation; 2 - the use of elements of the external building envelopes as sun protection devices; 3 - a large area of glazing on the north side, not exposed to direct solar radiation; 4 - the possibility of natural ventilation of office premises through openable windows; 5 - ceiling air cooling in the room; 6 - outside air; 7 - removed air; 8 - a central installation of mechanical supply and exhaust ventilation with heat recovery; 9 - well low-temperature groundwater; 10 - collection tank.

Сити-Холл имеет яйцеобразную форму с увеличением диаметра к самой широкой и уменьшением к нижней части, а также расположен под определенным углом к Солнцу.

Преимущества: Форма здания влияет на площадь наружных стен, через которые проходит тепло. Полагается, что чем больше площадь стен, тем выше тепловые потери, т.е. квадрат и прямоугольник – наиболее подходящие формы здания. Эффективнее будет только форма круга, т.к., во-первых, минимизируется количество

потенциальных мостиков холода, углов в сооружении, а, во-вторых, площадь поверхности ограждающих конструкций уменьшается еще на 25%. Форма «яйца» позволяет заключить в себе максимальный объем при минимальной площади поверхности, а значит, и повлиять на теплопотери (рис. 4). К тому же, мэрия повернута к солнцу таким образом, чтобы температура внутри была оптимальной для работы всего оборудования в ней и людей.

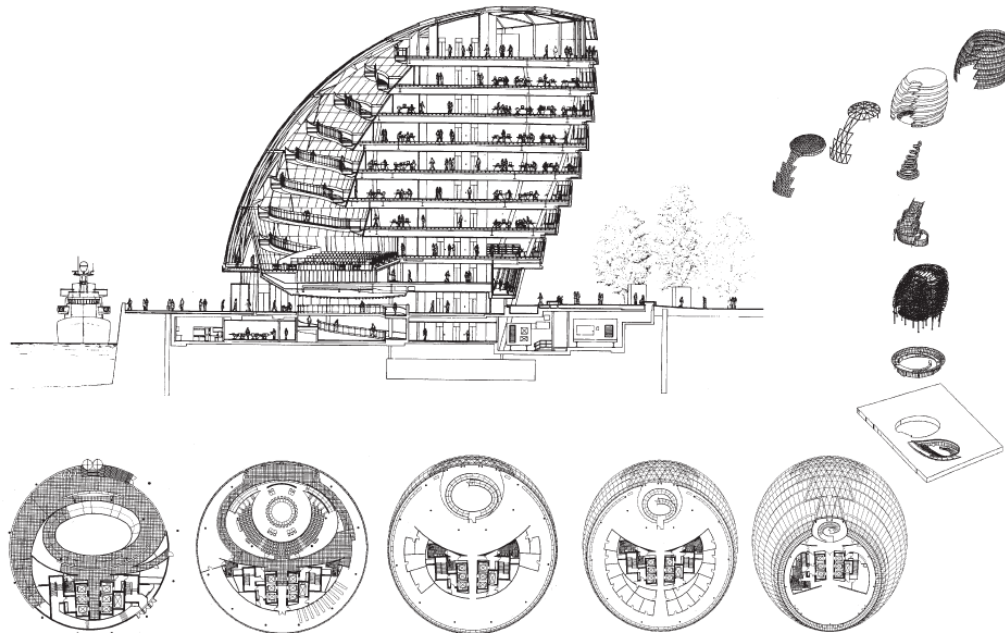


Рис.4. Схема здания мэрии в Лондоне.
Fig.4. City hall building scheme in London.

Элементы наружных ограждающих конструкций представлены в виде перекрытий этажей, немного смещенных по отношению друг к другу, т.к. каждый этаж смещен с южной стороны здания на 17° (нижние этажи шире верхних). К тому же, здание покрывают 3844 уникальные стеклянные панели, где каждой заранее было определено место. В рассматриваемом сооружении сопротивление теплопередаче светопрозрачных элементов наружных ограждающих конструкций составляет $0,83 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а непрозрачных ограждающих конструкций – $5,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Преимущества: Элементы наружных ограждающих конструкций являются одним из комплексов мероприятий, проводимых для уменьшения воздействия вредных факторов прямой солнечной радиации на микроклимат помещений, т.е. солнцезащиты здания. Благодаря особенностям расположения этажей и свойствам стеклянных панелей, Большой Совет использует преимущественно естественное освещение. Приведенное выше сопротивление теплопередаче наружных ограждающих конструкций позволяет достичь высокой энергоэффективности, потому что

теплоизоляционный материал должен обладать низкой теплопроводностью. Итак, панели, созданные специально для данного сооружения, обладают долговечностью, устойчивостью к атмосферным явлениям и высоким температурам, отвечают самым высоким стандартам качества.

Фасад постройки представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев стекла (обшивки), между которыми имеется пространство для вентиляции («двойной вентилируемый фасад»). Ширина межконтурного пространства может быть различной. Под внешним стеклом есть щелевое отверстие, а между обшивками располагаются еще шторы-жалюзи.

Преимущества: Первый стеклянный слой выполняет функцию несущей конструкции и изоляционного материала, а второй – защиты от ветра, теплообмена между наружным воздухом и поверхностью окна и, наконец, архитектурного облика. Первый слой и воздушный промежуток первоначально ослабляют солнечную радиацию, а затем ее понижает солнцезащитные устройства (рис. 5). Чтобы попасть в здание, воздух попадает в межконтурное пространство, нагревается и попадает в помещение через отверстие. В зависимости от погодных условий, возможно

регулировать вентиляционную и тепловую нагрузку. А также есть возможность вручную открыть, например, щелевое отверстие.

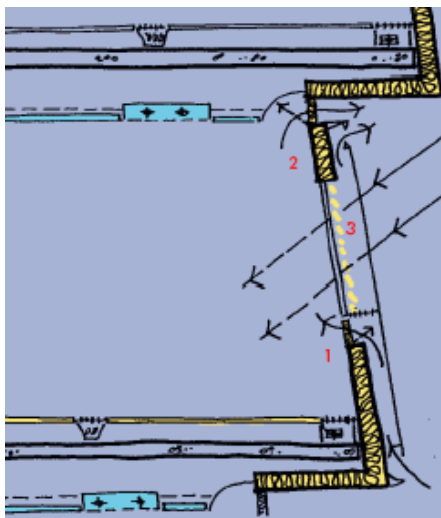


Рис.5. Схема естественной вентиляции помещений: 1 – приток воздуха через щелевое отверстие в нижней части окна; 2 – удаление воздуха через щелевое отверстие в верхней части помещения; 3 – солнцезащитные устройства (шторы-жалюзи).

Fig.5. The scheme of natural ventilation of the premises: 1 - air flow through a slot in the bottom of the window; 2 - air removal through a slot in the upper part of the room; 3 - sun protection devices (curtains, blinds).

Для обеспечения воздухом более высокого качества традиционную перемешивающую систему вентиляции заменили на вытесняющую, а для регуляции подачи воздуха, естественную – на механическую.

Преимущества: Вентиляция вытеснением считается наиболее эффективным методом воздухообмена. Суть метода заключается в использовании естественных конвективных потоков, восходящих от тепловых источников в помещении. Чистый и немного прохладный приточный воздух подается сначала в вентиляционный канал, а затем по горизонтальным воздуховодам, расположенным на каждом этаже под фальшполом. Далее он попадает непосредственно в помещение через воздухораспределительные решетки в полу. Нагретый и загрязненный воздух вытесняется в

верхнюю часть помещения, где удаляется при помощи горизонтальных воздуховодов, располагающих выше подвесного потолка. Воздуховоды отправляют его в сборный вентиляционный канал, расположенный в центре здания.

Механическая система вентиляции – отличная замена естественной. Опять же механическая система является более эффективной, т.к. обеспечивает регуляцию подачи воздуха.

Ключевую роль в этом процессе играет роторный рекуператор (рис. 6). Он обеспечивает подогрев (в зимний период) или охлаждение (в летний период) нагретого воздуха и регулирует его влажность. Роторные рекуператоры, как правило, устанавливают в габаритных помещениях.

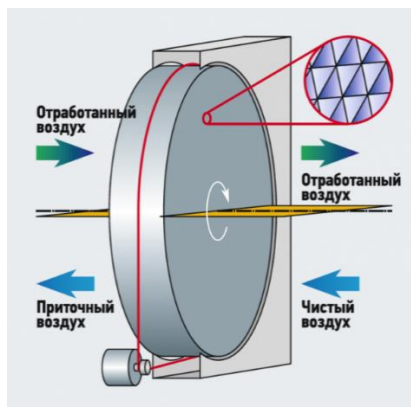


Рис.6. Принцип работы роторного рекуператора.

Fig.6. The principle of operation of a rotary recuperator.

В основе устройства находится вращающийся барабан (ротор) из алюминиевой фольги. Он выполняет функцию теплообменника. И так, воздух, удаляемый из помещений, собирается в вертикальном сборном вентиляционном канале и пропускается через барабаны гигроскопических роторных рекуператоров. При их вращении множество мельчайших сот ротора забирают тепло воздуха, а гигроскопическое покрытие позволяет собрать еще и влагу. Так и получается утилизация и влаги, и скрытого тепла.

Хотя роторный рекуператор и имеет высокую эффективность теплоутилизации (до 80%), ему присущ один недостаток – возможность контакта воздушных потоков. По этой причине загрязненный воздух может поступать в приток. Полностью герметичных рекуператоров нет.

Способ создания и поддержания температурного режима. Кондиционирование воздуха.

Здание Совета находится на берегу реки Темзы, поэтому под самой постройкой выгодно располагается водоносный слой (глубина – 125 м). Температура грунтовых вод варьируется от 12° до 14°. Они используются в двух целях: работа

«охлаждающих потолков» и для охлаждения приточного воздуха в системе вентиляции. Традиционную систему кондиционирования заменили системой «охлаждающих потолков».

Преимущества: Потребление электроэнергии существенно снижается вследствие замены последней на грунтовые воды, охлажденные в водоохлаждающих машинах. Сами по себе «охлаждающие потолки» имеют преимущество перед привычными для нас кондиционерами – влияние на здоровье человека, находящегося в помещении. Принцип работы устраняет сквозняки, которые появляются при традиционном кондиционировании.

Принцип всей работы состоит в охлаждении теплого воздуха, поднимающегося вверх. В потолке находятся трубки, как правило, из полипропилена, т.к. это позволяет легче соединять их между собой. Некоторая часть тепла от работающей техники и людей в помещении передается воде в трубках, охлаждается и опускается до уровня пола. Жидкость, находящаяся в потолке, нагревается до 1-2° и по обратному трубопроводу собирается в сборном резервуаре. Оттуда воду либо используют в технических целях, либо сбрасывают в реку (рис. 7).

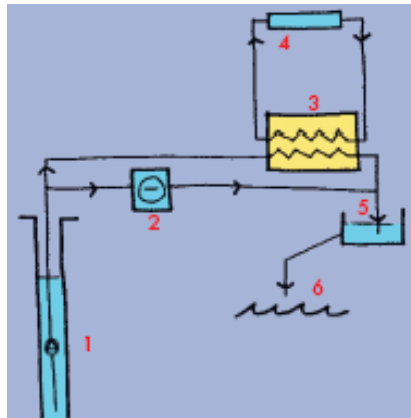


Рис.7. Схема холодоснабжения здания с использованием низкотемпературных грунтовых вод: 1 – скважина глубиной 125 м; 2 – охлаждающий змеевик приточной установки; 3 – теплообменник; 4 – охлаждающий потолок; 5 – сборный резервуар; 6 – р. Темза.

Fig.7. The cooling scheme of the building using low-temperature groundwater: 1 - well 125 m deep; 2 - cooling coil of the supply unit; 3 - heat exchanger; 4 - cooling ceiling; 5 - collection tank; 6 - p. Thames.

Отопление

Заменили нерегулируемые насосы в системе водяного отопления на насосы с автоматически регулируемой скоростью вращения.

Преимущества: Речь идет о циркуляционном насосе с интеллектуальной системой отопления. Такие насосы имеют большое преимущество перед нерегулируемыми. Как правило, вторые весь отопительный сезон работают на максимальном режиме. В то время как фактически этого не требуется из-за постоянной меняющейся температуры наружного воздуха. Большую часть времени отопительная система работает в режиме неполной нагрузки. А значит, появляется

избыточная тепловая мощность, которую можно было бы перераспределить.

Автоматизированная система управления домом, или АСУЗ (Building Management System, или BMS).

Обеспечение безопасности, ресурсосбережения и комфорта, путем распознавания конкретных реакций и действия на них – задача «умного дома». Техническая основа – Автоматизированная система управления, или АСУЗ (Building Management System, или BMS).

Преимущества: Позволяет в первую очередь сберечь энергию и поддерживать комфортные

условия в сооружении. Как пример действия системы, при повышении температуры помещений (а она может повышаться при нахождении внутри людей) регулируется воздухообмен.

Перспективы внедрения высоких технологий в строительство на территории Республики Крым.

Применение нетрадиционных источников энергии в строительстве жилых зданий на территории Республики Крым никогда не теряло актуальность. Солнечная и ветровая энергия эффективно используются в различных регионах полуострова. Величина суммарной солнечной радиации, поступающей на территорию Крыма составляет 118-127 ккал/см², что составляет 4944-5321 МДж/м² (1 ккал/см²=41,9 МДж/м²). Сейчас Крым находится на стадии модернизации, выполняются различные строительные работы по замене старого оборудования и коммуникаций на новые. Постановлением Совета министров Республики Крым от 24 апреля 2018 года № 196 была принята Государственная программа под названием "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Крым на 2018 – 2019 годы и на перспективу до 2020 года". Одной из целей программы является снижение энергоёмкости валового регионального продукта Республики Крым за счет рационального использования энергетических ресурсов и эффективной реализации регионального потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности на 12,67% до 2021 г. Соответственно поставлены задачи по подготовке кадров в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности и создание необходимых и достаточных условий по реализации типовых, пилотных энергосберегающих проектов, которые могут широко применяться в разных секторах экономики с минимальными накладными расходами на их реализацию. Таким образом, в перспективе ожидается ускорение внедрения современных энергоэффективных решений в строительство на стадии проектирования.

ВЫВОДЫ

1. Энергоэффективное сооружение – это сооружение, в котором совокупность архитектурных и инженерных решений наилучшим образом обеспечивают минимизацию расходов энергии на обеспечение микроклимата в помещениях здания.

2. Применение новейших технологий и замена традиционных компонентов или даже целых систем компонентов может существенно понизить эффективность расходов тепловой и электрической энергии.

3. При помощи архитектурных приемов и использования новейших инженерных технологий можно достичь снижения затрат энергии здания до

75%, по сравнению с «традиционной конструкцией».

4. Постановлением Совета министров Республики Крым от 24 апреля 2018 года № 196 была принята Государственная программа "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Крым на 2018 – 2019 годы и на перспективу до 2020 года", что подтверждает актуальность вопроса о применении нетрадиционных источников энергии в строительстве жилых зданий на территории Республики Крым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Умный дом [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Умное_здание, свободный. (дата обращения 15.10.2019).
2. Сити-Холл (Лондон) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сити-холл_\(Лондон\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сити-холл_(Лондон)), свободный. (дата обращения 15.10.2019).
3. Н.В. Шилкин. Здание высоких технологий // М.: АВОК-ПРЕСС. 2003. №7. С. 18-28.
4. А.А. Голикова, З.С. Нагаева. Пассивный дом (экодом) // Строительство и техногенная безопасность. №14(66)-2019. С. 16.
5. Ю.А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. Энергоэффективные здания. // М.: АВОК-ПРЕСС. 2003. Раздел I.
6. Ю.А. Табунщиков, М. М. Бродач. Научные основы проектирования энергоэффективных зданий. // М.: АВОК-ПРЕСС. 1998. №1. С. 5-13.
7. Вольфганг Файст. Основные положения по проектированию пассивных домов. М.: АСВ. 2011. 148 с.
8. Ю.Н. Лапин. Экожилье – ключ к будущему. М.: Алгоритм. 1998. 155 с.
9. Ю.Н. Лапин. Автономные экологические дома. М.: Алгоритм. 2005. 414 с.
10. Как форма здания влияет на тепловые потери [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://term.od.ua/blog/teplopoteri-i-forma-doma/>, свободный доступ. (дата обращения 15.10.2019).
11. Е.В. Свиридова. Эффективная теплоизоляция. // Технологии строительства. №3.119. 2017. С. 34-35.
12. Двойной фасад – универсальное решение для современных зданий [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://glazingmag.ru/dvojnnoj-fasad-universalnoe-reshenie/>, свободный доступ. (дата обращения 20.10.2019).
13. Вентиляция вытеснением [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.airfresh.ru/ventilyatsiya-vytesneniem.htm>, свободный доступ. (дата обращения 20.10.2019).
14. Система устройства холодного потолка [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://crio.pro/kondicionirovanie->

vozduxa/sistema-ustrojstva-xolodnogo-potolka/ , свободный доступ. (дата обращения 20.10.2019).

15. Роторный рекуператор [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://dnp-studio.ru/pages/rotornyj-rekuperator/> , свободный. (дата обращения 20.10.2019)

16. «Умный» циркуляционный насос в системе отопления: преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <https://www.forumhouse.ru/articles/engineering-systems/7337> , свободный. (дата обращения 20.10.2019).

17. Об утверждении Государственной программы Республики Крым «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в Республике Крым на 2018 - 2019 годы и на перспективу до 2020 года: Постановление Совета министров Республики Крым от 24 апреля 2018 года № 196 // Собрание законодательства – 2018.

REFERENCES

1. Smart home. - Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Умное_здание , free. (accessed: 10/15/2019).

2. City Hall (London). - Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сити-холл_\(Лондон\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сити-холл_(Лондон)) , free. (accessed: 10/15/2019).

3. N.V. Shilkin. High tech building // M.: AVOK-PRESS. 2003. No. 7. Pp. 18-28. (In Russian).

1. A.A. Golikova, Z.S. Nagaeva. Passive house (eco house) // Stroitel'stvo i tehnogennaja bezopasnost'. No. 14(66)-2019. p. 16. (In Russian).

2. Ju.A. Tabunshnikov, M. M. Brodach, N. V. Shilkin. Energy efficient buildings. // M.: AVOK-PRESS. 2003. Part I. (In Russian).

3. Ju.A. Tabunshnikov, M. M. Brodach. Scientific basis for the design of energy-efficient buildings. // M.: AVOK-PRESS. 1998. No. 1. Pp. 5-13. (In Russian).

4. Wolfgang Feist. Basics of designing passive houses. M.: ACB. 2011. P. 148.

5. Ju.N. Lapin. Eco-housing is the key to the future. M.: Algoritm. 1998. 155 p. (In Russian).

6. Ju.N. Lapin. Autonomous ecological houses. M.: Algoritm. 2005. 414 p. (In Russian).

4. How the shape of the building affects heat loss. - Available at: <https://term.od.ua/blog/teplopoteri-forma-doma/> , free. (accessed: 10/15/2019).

7. E.V. Sviridova. Effective thermal insulation.// Tehnologii stroitel'stva. No. 3.119. 2017. Pp. 34-35. (In Russian).

8. Double facade - a universal solution for modern buildings. - Available at: <https://glazingmag.ru/dvojnno-fasad-universalnoe-reshenie/> , free. (accessed: 10/15/2019).

9. Displacement ventilation. - Available at: <https://www.airfresh.ru/ventilyatsiya-vytesneniem.htm> , free. (accessed: 10/15/2019).

10. Cold ceiling device system. – Available at: <http://crio.pro/kondicionirovanie-vozduxa/sistema-ustrojstva-xolodnogo-potolka/> , free. (accessed: 10/20/2019).

11. Rotary recuperator. - Available at <http://dnp-studio.ru/pages/rotornyj-rekuperator/> , free. (accessed: 10/20/2019).

12. "Smart" circulation pump in the heating system: advantages and disadvantages. - Available at: <https://www.forumhouse.ru/articles/engineering-systems/7337> , free. (accessed: 10/20/2019).

13. Ob utverzhdenii Gosudarstvennoj programmy Respubliki Krym «Jenergosberezhenie i povyshenie jenergeticheskoj jeffektivnosti v Respublike Krym na 2018 - 2019 gody i na perspektivu do 2020 goda: Postanovlenie Soveta ministrov Respubliki Krym April 24, 2018 No. 196 // Sobranie zakonodatel'stva [Legislation meeting]– 2018.

HIGH TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

Avdienko T.O., Zhilenko O.B.

Academy of Construction and Architecture (structural unit)
FGAOU VO «KFU im. V.I. Vernadskogo»,
295493 RK g. Simferopol', ul. Kievskaja, 18
e-mail: tatyana_av@inbox.ru; e-mail: o.b.zhilenko@mail.ru

Annotation. The article considers the theme of combining the architectural expressiveness of facades with the latest energy-efficient technologies in the construction of modern high-rise buildings. The trends in the development and implementation of high technologies in construction were studied, and their effectiveness was evaluated using the example of the city hall building located in London. A comparative analysis of new technologies was carried out, advantages, prospects for development and implementation in the territory of the Republic of Crimea were determined.

Subject of research: the latest energy-efficient technologies.

Materials and research methods: analysis of information in the public domain, processing of data, comparative analysis.

Key words: energy efficient building; environmental friendliness; technologies; energy efficient solutions.

УДК 662.612

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ ВБЛИЗИ БОКОВОГО ВСАСЫВАЮЩЕГО КАНАЛА

Логачев К.И.¹, Аверкова О.А.¹, Зиганшин А.М.², Крюкова О.С.¹,
Уваров В.А.¹, Гольцов А.Б.¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова», 308012, г.Белгород, ул. Костюкова, 46, logachev.ki@bstu.ru

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», ул. Зеленая, 1, Казань 420043, amziganshin@kgasu.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования динамики пылевых частиц в спектре действия круглого всасывающего канала с фланцем, установленного на плоскую горизонтальную поверхность. Ось симметрии перпендикулярна вектору ускорения свободного падения. При определении поля скоростей воздушной среды использовался метод дискретных вихрей в стационарной постановке. Для оценки эффективности улавливания пылевых частиц предложено использовать расстояние предельной траектории пылевых частиц, вылетающих на заданной высоте от непроницаемой плоскости. Построены траектории пылевых частиц, вылетающих на разных расстояниях от непроницаемой плоскости. Оценена эффективность улавливания при разных скоростях всасывания и скорости витания пылевых частиц. Найденные закономерности полезны для обоснования необходимого объема аспирации боковых отсосов, расположенных на непроницаемой плоскости.

Ключевые слова: системы местной вытяжной вентиляции, боковой отсос, пылевые частицы, предельные траектории, эффективность улавливания.

ВВЕДЕНИЕ

Местный отсос является наиболее эффективным устройством для улавливания избытков теплоты [1-3], вредных газообразных выбросов [4-5], жидких и пылевых аэрозолей [6-10]. В ряде случаев для улавливания загрязняющих веществ, в частности пыли, удобно использовать боковой отсос. Например, отсосы от гальванических ванн. Удобно расположения отсоса сбоку при локализации пылевыделений в косметологических кабинетах. Поэтому представляется интерес исследовать поведение пылевых частиц во всасывающем факеле бокового отсоса.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Многие работы посвящены исследованию влияния фланцев, козырьков или механических экранов на эффективность захвата загрязняющих веществ вытяжными зонтами. В работе [11] показано, что добавление фланцев (механических экранов) повышает эффективность захвата загрязняющих веществ на 88%. Скорость воздуха, захватывающего загрязняющие вещества при использовании фланца выше, чем без него [9, 12, 13]. В работе [14] для увеличения скорости местного отсоса-раструба предлагается газовый направляющий прибор.

Наибольшая осевая скорость всасываемого воздушного потока достигается вблизи

всасывающего зонта с круговым фланцем, т.е. в случае угла наклона полки зонта равного 90° [9, 15]. Аналогичный результат получен и для щелевидных местных отсосов [9]. При значении угла наклона козырька к оси отсоса равным 90° осевая скорость воздуха наибольшая. Поэтому использование таких вытяжек в случае невозмущенной среды наиболее эффективно для улавливания загрязняющих веществ, в том числе и пыли. Для квадратных и прямоугольных свободных открытых вытяжек была оценена скорость захвата воздушным потоком загрязняющих веществ с учетом геометрических размеров и сил вязкости [16]. Определено распределение скорости в зависимости от размеров зонта, соотношения ширины и длины входного проема вытяжки. Построена линия отрыва потока с острых кромок вытяжки. Была предложена формула для скорости воздушного потока вблизи вытяжных отверстий. Определение величины этой скорости необходимо для правильного выбора вентилятора и эффективного захвата загрязняющих веществ. Влияние набегающего потока и динамика пылевых частиц не рассматривались.

Использование тонких козырьков способствует повышению эффективности местного отсоса и в случае наличия набегающего на него воздушного потока [2]. Известны численные, при помощи методов CFD, и экспериментальные исследования течений вблизи открытого вытяжного зонта, на который набегают конвективная воздушная струя от высокотемпературного источника [3]. Здесь предложен способ снижения температуры воздуха в помещении в случае недостаточной эффективности

отсоса, неполно улавливающего тепловую струю за счет применения не только местной, но и общей вентиляции.

Поведение пылевых частиц в спектре действия местного отсоса рассматривалось при покоящейся внешней среде в работах [17-19]. Захват пылевых частиц открытым местным отсосом в виде всасывающего патрубка [20] исследовался в покоящейся среде при изменении диаметра, плотности частицы, начальной скорости и времени релаксации. Рассматривалось стоксовское обтекание воздухом частицы. Движение воздушного потока инициировалось только всасывающим отверстием. Пылевые частицы размерами от 1 до 60 мкм вылетали из точечного источника вертикально или горизонтально. При помощи численного интегрирования уравнения движения пылевой частицы определялся ее захват при разных скоростях вылета. Исследования поведения пылевых частиц вблизи круглого всасывающего патрубка в покоящейся среде [17] показало доминирующее влияние диаметра всасывающего отверстия и скорости всасывания на длину захвата пылевых частиц. Под длиной захвата понималось максимальное расстояние по вертикали от всасывающего зонта до точки, в которой частица улавливается. В закрытых местных отсосах – укрытиях основной целью является снижение концентрации на входе в вытяжное отверстие и минимальное осаждение пыли на стенках вытяжного колпака [21].

Родственными задачами улавливания пылевых частиц местными отсосами являются задачи аспирации аэрозоля в пробоотборники [22]. При набегании низкоскоростного потока, который как раз и характерен для задач местной вентиляции, исследовался захват пылевых частиц в круглые всасывающие каналы [23]. Строились предельные траектории, и определялся коэффициент аспирации в зависимости от отношения скорости набегающего потока к скорости всасывания, в рамках моделей потенциального и вязкого газа, без учета и с учетом гравитации. Изучены пространственные распределения концентраций частиц в окрестности и внутри пробоотборника при различных числах Стокса [24].

Набегающий на местный вытяжной зонт пылевоздушный поток нами рассматривался в работах [25-26]. Построен ряд предельных траекторий пылевых частиц для разных чисел Стокса и скорости набегающего потока. Обсуждался вопрос о влиянии на коэффициент аспирации угла наклона полки зонта и его длины. В работе [27] получены графические зависимости коэффициента аспирации от скорости витания пылевых частиц, скорости набегающего потока и скорости всасывания, длины и угла наклона зонта. Зонт располагался вертикально, т.е. ось его симметрии была параллельна вектору ускорения силы тяжести.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рассматривается боковой круглый отсос с фланцем (рис.1). Ось Ox направлена перпендикулярно вектору ускорения свободного падения g и непроницаема вдоль направления нормали к ней. Ось Oy противоположно направлена вектору g . Радиус всасывающего канала R , длина фланца d , скорость всасывания u_0 .

В расчетах $R = 0.1$ м. Затем геометрические размеры приводились к безразмерному виду.

Цель: определить при разных скоростях всасывания u_0 , скорости витания c пылевых частиц и удалении r от непроницаемой оси Ox расстояния h от входа в отсос, при котором данные частицы пыли улавливаются.

Для расчета несущей среды использовался метод дискретных вихревых колец с учетом образования двух вихревых зон, образующихся при срыве потока с острых кромок. Линии тока и границы вихревых зон показаны на рис.1. Вычислительный алгоритм расчета с доказательством его адекватности и достоверности изложен в работе [28].

Траектории пылевых частиц построены при помощи численного интегрирования системы дифференциальных уравнений:

$$\frac{dv_{px}}{dt} = -g - \frac{g}{c}(v_{px} - v_{ax}), \quad \frac{dx}{dt} = v_{px},$$

$$\frac{dv_{pr}}{dt} = -\frac{g}{c}(v_{pr} - v_{ar}), \quad \frac{dr}{dt} = v_{pr}$$

с нулевыми начальными скоростями, где $c = \rho_p g d_e^2 / (\bar{\psi} \chi 18 \mu)$ - скорость витания (осаждения) пылевой частицы; $v_a(v_{ax}, v_{ar})$ - скорость воздуха;

ρ_a - плотность воздуха; $v_p(v_{px}, v_{pr})$ - скорость частицы; ρ_p - плотность частицы; d_e - эквивалентный диаметр частицы (диаметр равного по объёму шара); g - ускорение свободного падения; $S_m = \pi d_e^2 / 4$ - площадь миделевого сечения частицы; χ - коэффициент ее динамической формы; $\bar{\psi}$ - нормированный коэффициент лобового сопротивления частицы (отношение коэффициента сопротивления к коэффициенту сопротивления при стоксовском режиме обтекания), вычисляемый по формулам Стокса, Клячко, Адамова:

$$\bar{\psi} = 1, \text{ если } Re < 1;$$

$$\bar{\psi} = (1 + 1/6 \cdot Re^{2/3}), \text{ если } 1 \leq Re < 10^3;$$

$$\bar{\psi} = (1 + 0,065 Re^{2/3})^{1.5}, \text{ если } Re \geq 10^3$$

где $Re = \rho_a |v_p - v_a| d_e / \mu$, μ - коэффициент динамической вязкости воздуха.

Достоверность разработанного вычислительного алгоритма построения предельных траекторий пылевых частиц доказана в работе [27] для задачи определения коэффициента аспирации круглого

всасывающего патрубка в условиях набегающего потока.

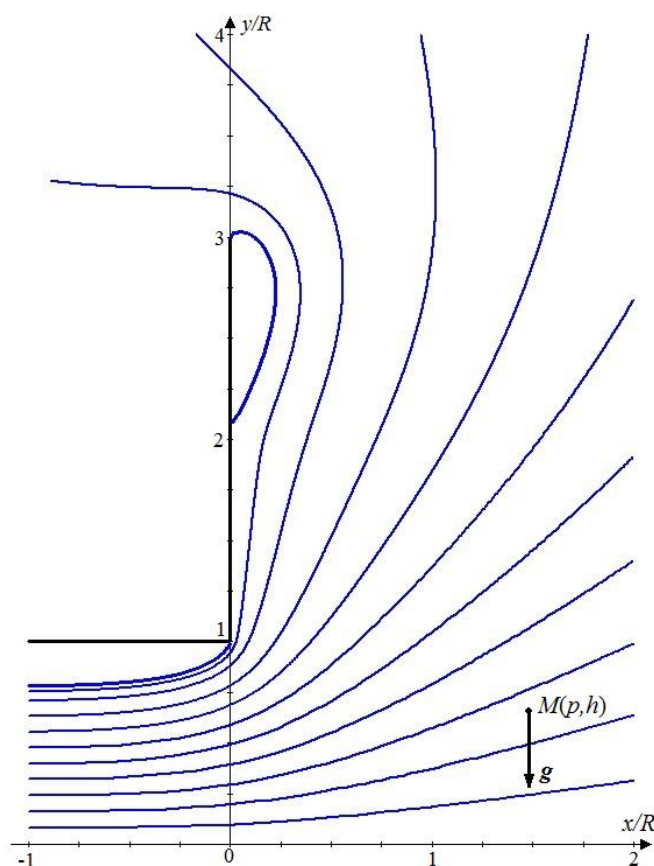


Рис.1. Воздушное течение вблизи щелевого отсоса с фланцем длиной $d = 2R$

Fig.1. Air flow near the slot exhaust with a flange of length $d = 2R$

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для определения искомого расстояния h строились предельные траектории пылевых частиц при заданных u_0 , p , c . Скорости витания принимали значения 0.01; 0.05; 0.1; 0.2; 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; 1; 2; 4. Сверху траекторий (рис.2 - 4) эти числа нанесены. В случае близости траекторий значения скоростей витания не наносились, но они следуют в указанном порядке справа налево, поэтому легко определяются. При увеличении скорости всасывания предельные траектории всех частиц удаляются от входа в отсос. В случае увеличения высоты p/R образования пылевых частиц, дальность их улавливания h/R увеличивается не всегда. Для крупных частиц величина h/R сначала увеличивается, затем уменьшается. Это хорошо заметно для частиц со скоростью витания $c = 2 - 4$ (рис.4). Данное обстоятельство связано с большей инертностью крупных частиц. Чем выше высота вылета, тем больше она разгоняется и тем сложнее ее уловить.

Из представленных предельных траекторий (рис.2 - 4) следует, что они становятся более близки

с повышением скорости витания c . Это хорошо заметно для частиц со скоростями витания $c = 0.1 - 1$. С каждой следующей траекторией расстояние до предыдущей снижается. С уменьшением скорости витания это расстояние, напротив, увеличивается.

Вычислительные эксперименты показали, что предельные траектории пылевых частиц с малыми скоростями витания накладываются друг на друга (рис.5). Так, для частиц со скоростью витания $c = 0.1$ предельные траектории, построенные для разных величин $p = 0.1, 0.5, 1, 2, 4.5$, ложатся на одну линию. При возрастании скорости витания предельные траектории не ложатся на одну линию ($c = 1$ рис.5). Данный результат связан с большим влиянием скорости падения частиц большей крупности. При построении предельной траектории начальная скорость частицы равнялась нулю. При падении же частицы с большей высоты, с которой строится данная предельная траектория, влияние скорости падения для крупных частиц становится существенным. Для мелких частиц, вследствие их малой инертности, скорость вылета быстро становится равной скорости среды, поэтому и предельные траектории совпадают.

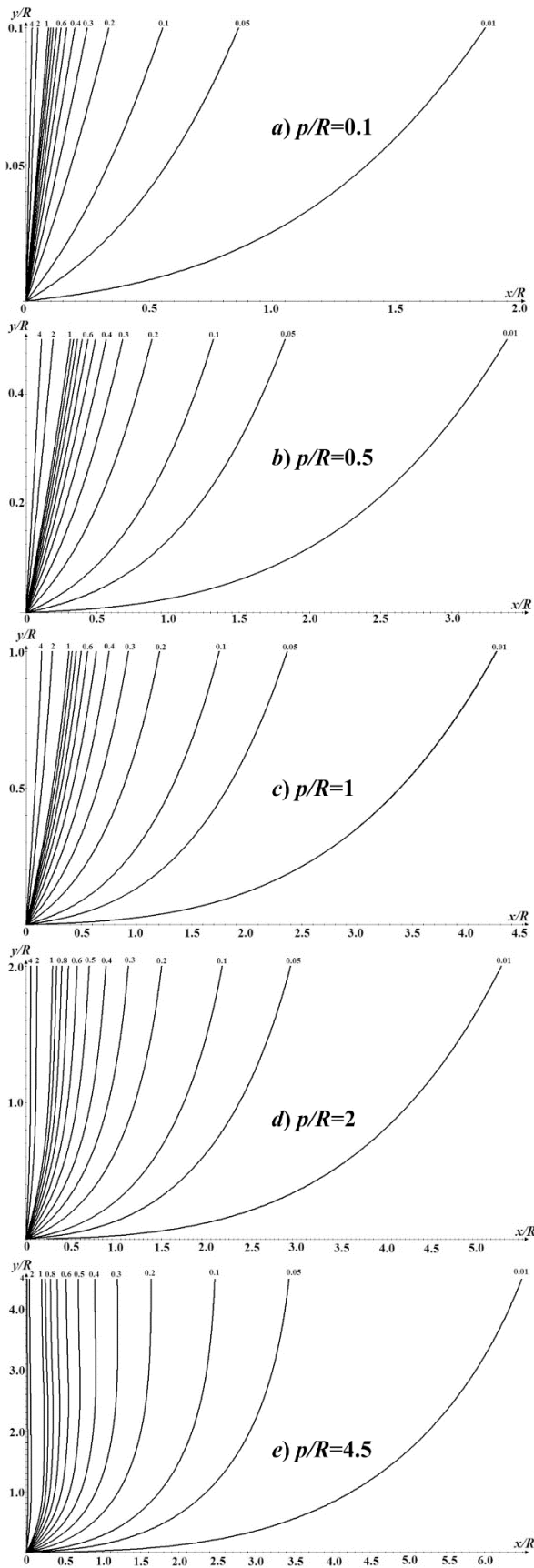


Рис.2. Воздушное течение вблизи щелевого отсоса с фланцем длиной $d = 2R$ при скорости $u_0 = 1$ м/с
Fig.2. Air flow near the slot exhaust with a flange of length $d = 2R$ and the exhaust velocity $u_0 = 1$ m/s

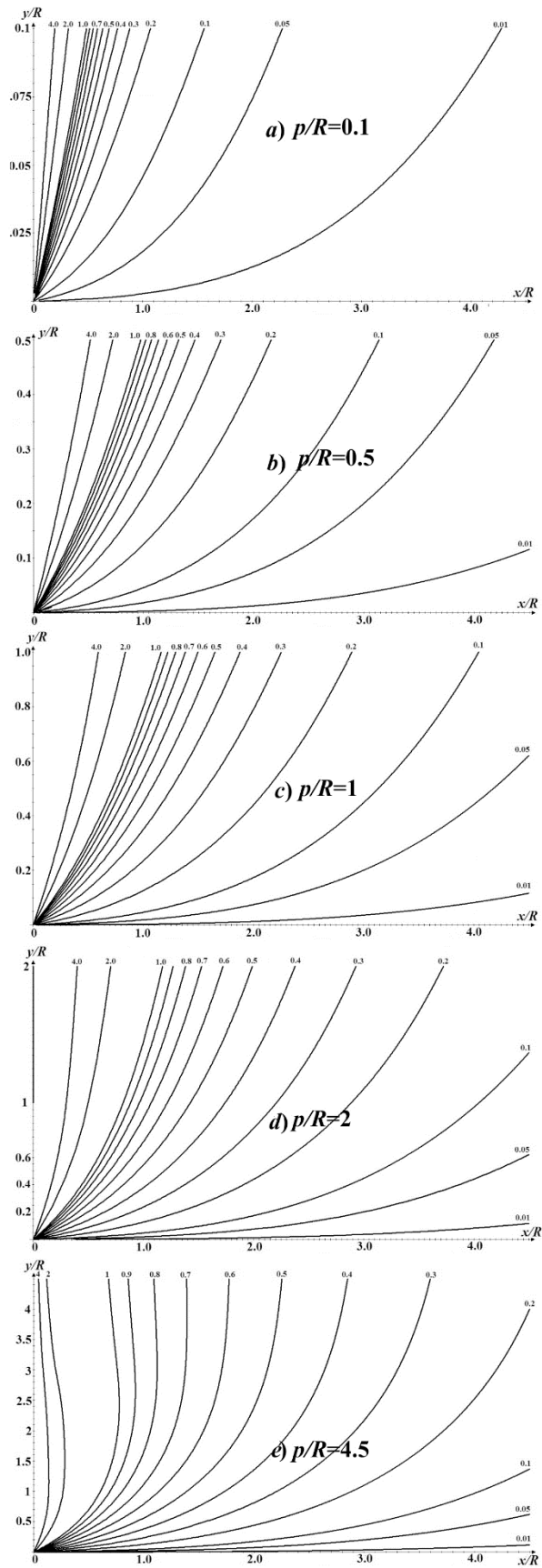


Рис.3. Воздушное течение вблизи щелевого отсоса с фланцем длиной $d = 2R$ при скорости $u_0 = 10$ м/с
Fig.3. Air flow near the slot exhaust with a flange of length $d = 2R$ and the exhaust velocity $u_0 = 10$ m/s

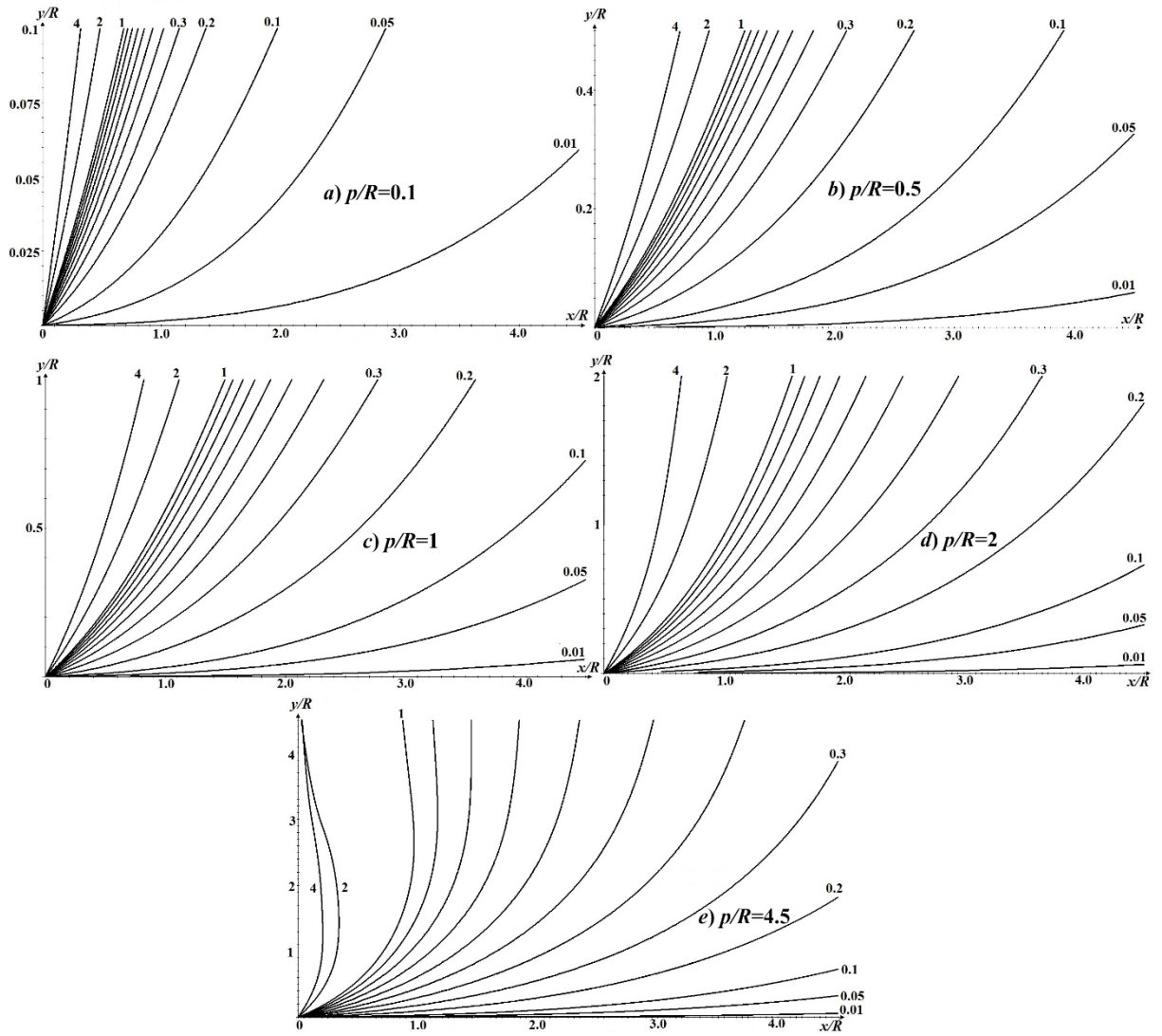


Рис.4. Воздушное течение вблизи щелевого отсоса с фланцем длиной $d = 2R$ при скорости всасывания $u_0 = 20$ м/с
Fig.4. Air flow near the slot exhaust with a flange of length $d = 2R$ and the exhaust velocity $u_0 = 20$ m/s

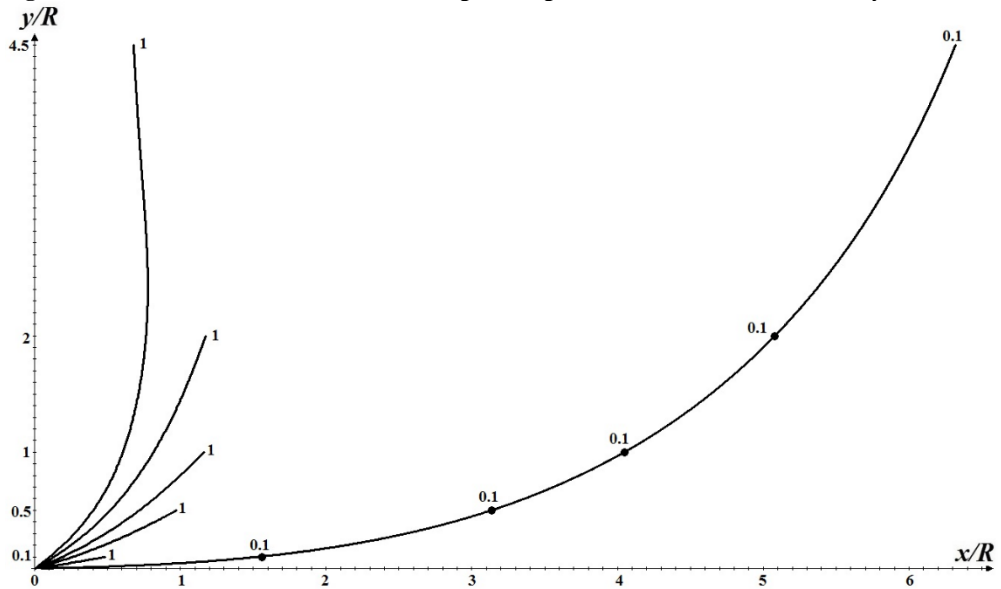


Рис.5. Предельные траектории пылевых частиц при разных ординатах точки вылета
Fig.5. Limiting trajectories of dust particles at different ordinates of the release points

Из графиков рис.6 можно определить дальность h улавливания частиц разных скоростей витания и образующихся на разных высотах p от непроницаемой плоскости. Над графиками числами обозначены $p/R = 0.1, 0.5, 1, 2, 4.5$. Наиболее резкое изменение величины h/R наблюдается при

изменении скорости витания до $c = 1$, затем падение h/R более плавное. На этих графиках также заметно влияние инертности крупных частиц на дальность их улавливания h/R . Линия зависимости при $p/R = 4.5$ пересекает все остальные при $c > 0.5$.

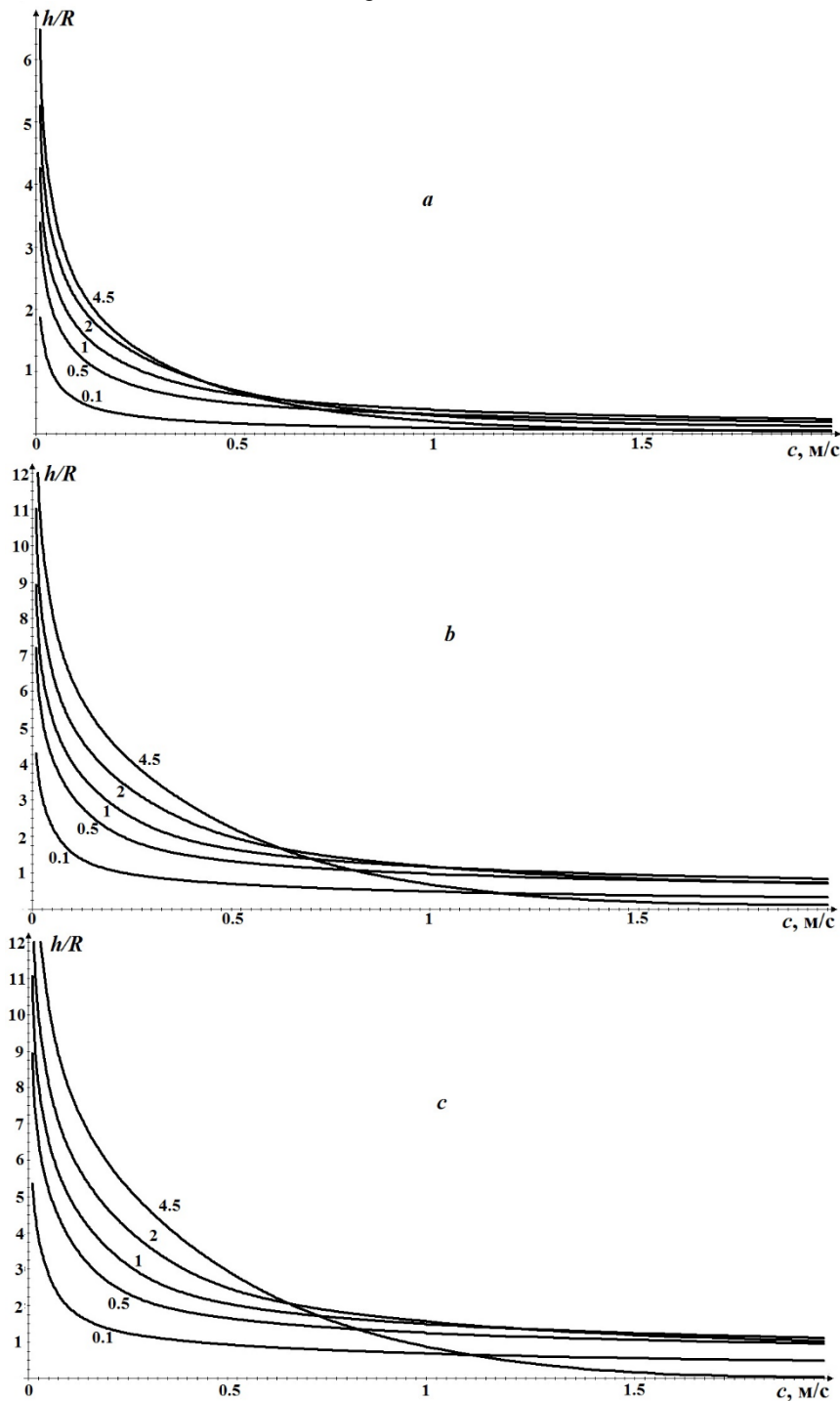


Рис.6. Зависимость дальности h улавливания пылевых частиц от скорости витания c :
 $a - u_0 = 1$ м/с; $b - u_0 = 10$ м/с; $c - u_0 = 20$ м/с
Fig.6. The dependence of the distance h of trapping dust particles from the settling velocity c :
 $a - u_0 = 1$ м/с; $b - u_0 = 10$ м/с; $c - u_0 = 20$ м/с

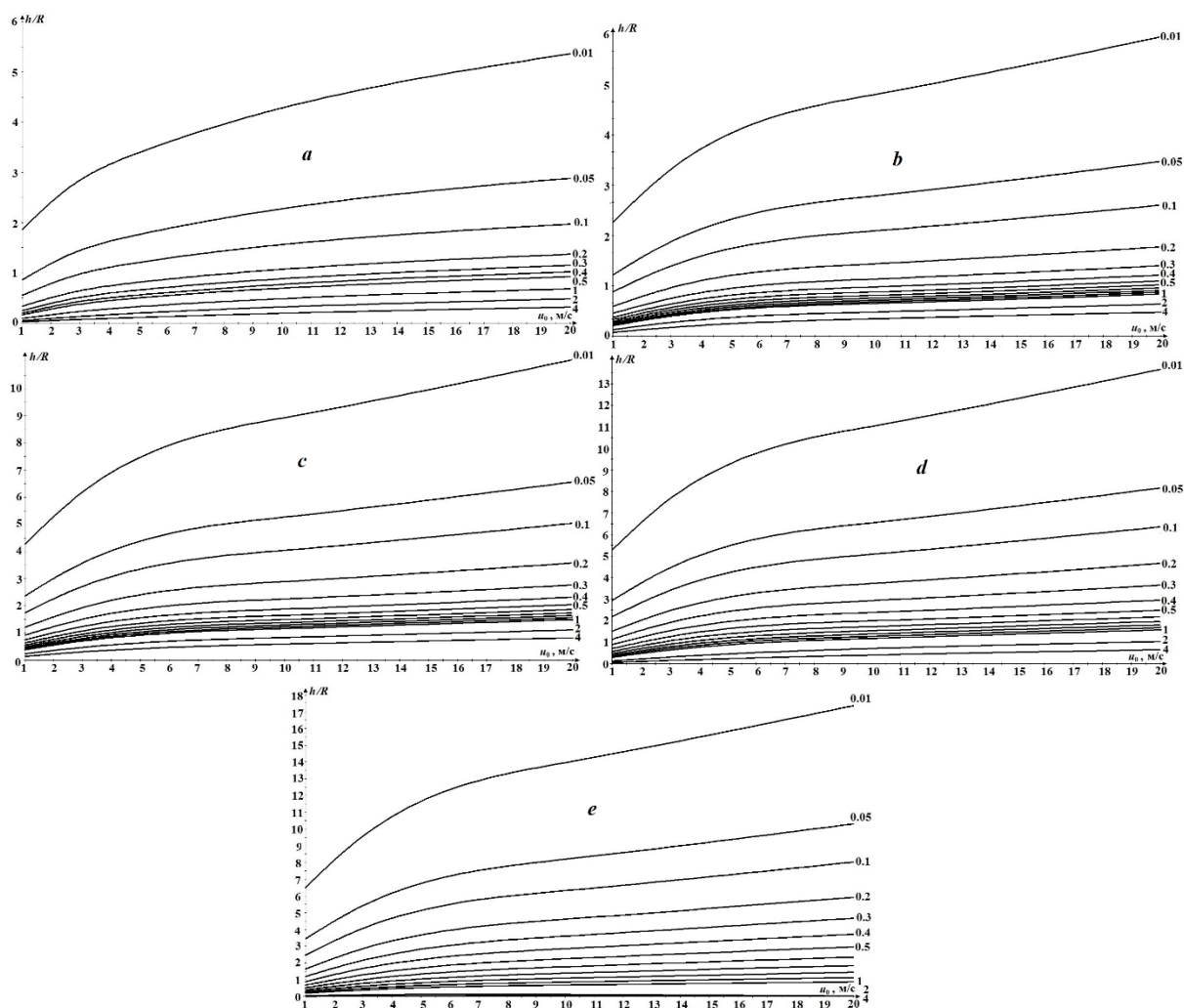


Рис.7. Зависимость дальности h улавливания пылевых частиц от скорости всасывания при разных скоростях витания (числа справа от графиков): $a - p/R = 0.1$; $b - p/R = 0.5$; $c - p/R = 1$; $d - p/R = 2$; $e - p/R = 4.5$

Fig.7. Dependence of the h range of dust particles capturing on the exhaust velocity at different settling velocities (the numbers to the right of the graphs): $a - p/R = 0.1$; $b - p/R = 0.5$; $c - p/R = 1$; $d - p/R = 2$; $e - p/R = 4.5$

Зависимости величины h/R от скорости всасывания (рис.7) демонстрируют рост этой величины с увеличением скорости всасывания u_0 . По этим графикам зависимостям можно найти необходимую скорость всасывания для эффективного улавливания пыли на определенном расстоянии от отсоса и удалении от непроницаемой плоскости.

ВЫВОДЫ

Построенные предельные траектории пылевых частиц и найденные зависимости дальности улавливания пылевых частиц на разных высотах их образования могут быть использованы для определения необходимого расхода отсасываемого воздуха для эффективной локализации пылевых выделений и определения расстояния для установки бокового отсоса. Дальнейшие исследования будут направлены на выявление зависимости дальности улавливания частиц разных скоростей витания от величины и направления

начальной скорости вылета пылевых частиц и длины фланца. Представляет интерес также определить влияния профилирования отсосов на дальность улавливания пылевых частиц.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10025).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Huang, Y., Wang, Y., Liu, L., Nielsen P.V., Jensen, R. L. and Yan F. (2015). Reduced-scale experimental investigation on ventilation performance of a local exhaust hood in an industrial plant. *Build. Environ.* 85: 94-103. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.11.038
2. Huang, Y., Wang, Y., Liu, Nielsen, P.V., L. Jensen, R.L. and Yang, X. (2017). Performance of constant exhaust ventilation for removal of transient high-temperature contaminated airflows and ventilation-performance comparison between two local

- exhaust hoods. *Energ. and Buildings*. 154: 207-216. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.08.
3. Jeong, S.H., Kwon, H.M., Ahn, S.J. and Yang, J.H. (2016). A Study on the Improvement of Ventilation Rate Using Air-flow Inducing Local Exhaust Ventilation System. *J. Asian Architect. Build.* 15(1): 119-126. DOI: <http://doi.org/10.3130/jaabe.15.119>
4. Flynn, M.R. (2012). Local Exhaust Ventilation for the Control of Welding Fumes in the Construction Industry-A Literature Review, *Ann. Occup. Hyg.* 56(7): 764-776. DOI: 10.1093/annhyg/mes018
5. Gonzalez E., Marzal F., Minana A., Doval M. Influence of exhaust hood geometry on the capture efficiency of lateral exhaust and push-pull ventilation systems in surface treatment tanks. *Environ. Prog.* 2008.Vol.27, No. 3, pp. 405-411. DOI: 10.1002/ep.10287
6. Ojimai, J. (2007). Efficiency of a tool-mounted local exhaust ventilation system for controlling dust exposure during metal grinding operations, *Ind. Health* 45(6): 817-819. DOI: 10.2486/indhealth.45.817
7. Shepherd, S., Woskie, S. R., Holcroft, C. and Ellenbecker, M. (2008). Reducing Silica and Dust Exposures in Construction During Use of Powered Concrete-Cutting Hand Tools: Efficacy of Local Exhaust Ventilation on Hammer Drills. *J. Occup. Environ. Hyg.* 6(1): 42-51. DOI: 10.1080/15459620802561471
8. Vekteris V., Tetsman I., Mokshin V. Investigation of the efficiency of the lateral exhaust hood enhanced by aeroacoustic air flow. *Process Saf. Environ. Prot.* 2017. Vol. 109, pp. 224–232. DOI: 10.1016/j.psep.2017.04.004
9. Logachev, I.N., Logachev, K.I., and Averkova, O.A. (2015). Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. CRC Press. 564 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b18488-2>
10. Logachev, I.N. and Logachev, K.I. (2017). *Industrial Air Quality and Ventilation: Controlling Dust Emissions*. CRC Press. 414 p.
11. Reif R.H., Houck R.S. Poor design of local exhaust hood leads to radioactive release in the work area. *Health Phys.* 2000. Vol. 78, No.2, pp. 222-225. DOI: 10.1097/00004032-200002000-00011
12. Cascetta, F. and Rosano, F.M. (2001). Assessment of velocity fields in the vicinity of rectangular exhaust hood openings. *Build. Environ.* 36: 1137–1141. DOI: 10.1016/S0360-1323(00)00087-1
13. Huang, R.F., Liu, G.S., Chen, Y.K., Lin, S.Y.; Chen, Y.K., Wang, S.C., Peng, C.Y., Yeh, W.Y., Chen, C.W. and Chang, C.P. (2004). Effects of Flange Size on Dividing Streamlines of Exterior Hoods in Cross Drafts. *J. Occup. Environ. Hyg.* 1: 283–288. DOI: 10.1080/15459620490439045
14. Oh, Y.K., Kim, Y.S. and Yoon, H.S. (2008). A study on improvement capture velocity for increasing inhalation efficiency of hood in local ventilation system. *Adv. Mat. Res.* 47-50: 1039-1042. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.47-50.1039
15. Cascetta F., Bellia L. Velocity fields in proximity of local exhaust hood openings: an intercomparison between current recommended formulas and experimental studies. *Building and Environment*. 1996. Vol. 31, No.5, pp. 451-459. DOI: 10.1016/0360-1323(96)00010-8
16. Pinelli, M., and Suman, A. (2014). A numerical method for the efficient design of free opening hoods in industrial and domestic applications. *Energy*. 74: 484-493. DOI: 10.1016/j.energy.2014.07.014
17. Flynn, M.R. (2003). On the inertial range of particles under the influence of local exhaust hoods. *Ann. occup. Hyg.* 47(2): 151–156. DOI: 10.1093/annhyg/meg014
18. Logachev, K.I., Averkova, O.A., Logachev, A.K., Tolmacheva, E.I., and Dmitrienko, V.G. (2016). Modeling of Air and Dust Flows in the Range of Action of a Round Suction Funnel Above an Impermeable Plane. Part 1. A Mathematical Model and Algorithm for its Computer Implementation. *Refract. Ind. Ceram.* 56(6): 679-683. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9911-z>
19. Logachev, K.I., Averkova, O.A., Logachev, A.K., Tolmacheva, E.I., and Dmitrienko, V.G. (2016). Modeling of Air and Dust Flows in the Range of Action of a Round Suction Funnel Above an Impermeable Plane. Part 2. Characteristics of Separation Region and Efficiency of Capture of Dust Particles // *Refractories and Industrial Ceramics*. *Refract. Ind. Ceram.* 57(1): 103-107. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9936-3>
20. Madsen, U., Fontaine, J.R., Nielsenc, P.V., Aubertinb, G. and Breum, N.O. (1996). A Numerical Study of Dispersion and Local Exhaust Capture of Aerosols Generated from a Variety of Sources and Airflow Conditions. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 57: 134-141. DOI: <https://doi.org/10.1080/15428119691015061>
21. Cao Z., Wang Y., Zhu H., Duan M. Study of the vortex principle for improving the efficiency of an exhaust ventilation system. *Energy and Buildings*. 2017. Vol. 142, pp. 39-48. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.03.007
22. Görner, P., Witschger, O., Roger, F., Wrobela, R. and Fabriès, J.F. (2008). Aerosol sampling by annular aspiration slots. *J. Environ. Monit.* 10: 1437-1447. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/B802881H>
23. Zaripov, S.K., Gilfanov, A.K. and Maklakov, D.V. (2010). Numerical study of thin-walled sampler performance for aerosols in low windspeed environments. *Aerosol Sci. Tech.* 44(2):152-160. DOI: <https://doi.org/10.1080/02786820903447214>
24. Gilfanov, A.K., Zaripov, S.K. and Maklakov, D.V. (2009). Calculation of particle concentration in the problem of aerosol aspiration into a thin-walled tube. *Fluid Dyn.* 44 (6): 873-881. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0015462809060106>
25. Averkova, O.A., Logachev, K.I., Gritskevich, M.S. and Logachev, A. K. (2017). Ventilation of Aerosol in a Thin-Walled Suction Funnel with Incoming Flow. Part 1. Development of Mathematical Model and Computational Algorithm. *Refract. Ind. Ceram.* 58(2): 242-246. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-017-0088-x>
26. Averkova, O.A., Logachev, K.I., Gritskevich, M.S. and Logachev, A. K. (2017). Ventilation of

Aerosol in a Thin-Walled Suction Funnel with Incoming Flow. Part 2. Dynamics of Dust Particles. *Refract. Ind. Ceram.* 58: 343-347. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-017-0107-y>

27. Logachev K.I., Ziganshin A.M., Averkova O.A., Simulations of dust dynamics around a cone hood in updraft conditions, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* (2018), DOI: 10.1080/15459624.2018.1492137

28. Logachev K.I., Ziganshin A.M., Averkova O.A., On the resistance of a round exhaust hood, shaped by outlines of the vortex zones occurring at its inlet, *Build. Environ.* 151 (2019) 338–347. doi:10.1016/j.buildenv.2019.01.039.

REFERENCES

- Huang, Y., Wang, Y., Liu, L., Nielsen P.V., Jensen, R. L. and Yan F. (2015). Reduced-scale experimental investigation on ventilation performance of a local exhaust hood in an industrial plant. *Build. Environ.* 85: 94-103. DOI: 10.1016/j.buildenv.2014.11.038
- Huang, Y., Wang, Y., Liu, Nielsen, P.V., L. Jensen, R.L. and Yang, X. (2017). Performance of constant exhaust ventilation for removal of transient high-temperature contaminated airflows and ventilation-performance comparison between two local exhaust hoods. *Energ. and Buildings.* 154: 207-216. DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.08.
- Jeong, S.H., Kwon, H.M., Ahn, S.J. and Yang, J.H. (2016). A Study on the Improvement of Ventilation Rate Using Air-flow Inducing Local Exhaust Ventilation System. *J. Asian Architect. Build.* 15(1): 119-126. DOI: <http://doi.org/10.3130/jaabe.15.119>
- Flynn, M.R. (2012). Local Exhaust Ventilation for the Control of Welding Fumes in the Construction Industry-A Literature Review, *Ann. Occup. Hyg.* 56(7): 764-776. DOI: 10.1093/annhyg/mes018
- Gonzalez E., Marzal F., Minana A., Doval M. Influence of exhaust hood geometry on the capture efficiency of lateral exhaust and push-pull ventilation systems in surface treatment tanks. *Environ. Prog.* 2008, Vol.27, No. 3, pp. 405-411. DOI: 10.1002/ep.10287
- Ojimai, J. (2007). Efficiency of a tool-mounted local exhaust ventilation system for controlling dust exposure during metal grinding operations, *Ind. Health* 45(6): 817-819. DOI: 10.2486/indhealth.45.817
- Shepherd, S., Woskie, S. R., Holcroft, C. and Ellenbecker, M. (2008). Reducing Silica and Dust Exposures in Construction During Use of Powered Concrete-Cutting Hand Tools: Efficacy of Local Exhaust Ventilation on Hammer Drills. *J. Occup. Environ. Hyg.* 6(1): 42-51. DOI: 10.1080/15459620802561471
- Vekteris V., Tetsman I., Mokshin V. Investigation of the efficiency of the lateral exhaust hood enhanced by aeroacoustic air flow. *Process Saf. Environ. Prot.* 2017. Vol. 109, pp. 224–232. DOI: 10.1016/j.psep.2017.04.004
- Logachev, I.N., Logachev, K.I., and Averkova, O.A. (2015). Local Exhaust Ventilation: Aerodynamic Processes and Calculations of Dust Emissions. CRC Press. 564 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/b18488-2>
- Logachev, I.N. and Logachev, K.I. (2017). *Industrial Air Quality and Ventilation: Controlling Dust Emissions.* CRC Press. 414 p.
- Reif R.H., Houck R.S. Poor design of local exhaust hood leads to radioactive release in the work area. *Health Phys.* 2000. Vol. 78, No.2, pp. 222-225. DOI: 10.1097/00004032-200002000-00011
- Cascetta, F. and Rosano, F.M. (2001). Assessment of velocity fields in the vicinity of rectangular exhaust hood openings. *Build. Environ.* 36: 1137–1141. DOI: 10.1016/S0360-1323(00)00087-1
- Huang, R.F., Liu, G.S., Chen, Y.K., Lin, S.Y.; Chen, Y.K., Wang, S.C., Peng, C.Y., Yeh, W.Y., Chen, C.W. and Chang, C.P. (2004). Effects of Flange Size on Dividing Streamlines of Exterior Hoods in Cross Drafts. *J. Occup. Environ. Hyg.* 1: 283–288. DOI: 10.1080/15459620490439045
- Oh, Y.K., Kim, Y.S. and Yoon, H.S. (2008). A study on improvement capture velocity for increasing inhalation efficiency of hood in local ventilation system. *Adv. Mat. Res.* 47-50: 1039-1042. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.47-50.1039
- Cascetta F., Bellia L. Velocity fields in proximity of local exhaust hood openings: an intercomparison between current recommended formulas and experimental studies. *Building and Environment.* 1996. Vol. 31, No.5, pp. 451-459. DOI: 10.1016/0360-1323(96)00010-8
- Pinelli, M., and Suman, A. (2014). A numerical method for the efficient design of free opening hoods in industrial and domestic applications. *Energy.* 74: 484-493. DOI: 10.1016/j.energy.2014.07.014
- Flynn, M.R. (2003). On the inertial range of particles under the influence of local exhaust hoods. *Ann. occup. Hyg.* 47(2): 151–156. DOI: 10.1093/annhyg/meg014
- Logachev, K.I., Averkova, O.A., Logachev, A.K., Tolmacheva, E.I., and Dmitrienko, V.G. (2016). Modeling of Air and Dust Flows in the Range of Action of a Round Suction Funnel Above an Impermeable Plane. Part 1. A Mathematical Model and Algorithm for its Computer Implementation. *Refract. Ind. Ceram.* 56(6): 679-683. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9911-z>
- Logachev, K.I., Averkova, O.A., Logachev, A.K., Tolmacheva, E.I., and Dmitrienko, V.G. (2016). Modeling of Air and Dust Flows in the Range of Action of a Round Suction Funnel Above an Impermeable Plane. Part 2. Characteristics of Separation Region and Efficiency of Capture of Dust Particles // *Refractories and Industrial Ceramics.* *Refract. Ind. Ceram.* 57(1): 103-107. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9936-3>
- Madsen, U., Fontaine, J.R., Nielsenc, P.V., Aubertinb, G. and Breum, N.O. (1996). A Numerical Study of Dispersion and Local Exhaust Capture of Aerosols Generated from a Variety of Sources and

Airflow Conditions. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 57: 134-141. DOI: <https://doi.org/10.1080/15428119691015061>

21. Cao Z., Wang Y., Zhu H., Duan M. Study of the vortex principle for improving the efficiency of an exhaust ventilation system. *Energy and Buildings*. 2017. Vol. 142, pp. 39-48. DOI: [10.1016/j.enbuild.2017.03.007](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.007)

22. Görner, P., Witschger, O., Roger, F., Wrobel, R. and Fabriès, J.F. (2008). Aerosol sampling by annular aspiration slots. *J. Environ. Monit.* 10: 1437-1447. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/B802881H>

23. Zaripov, S.K., Gilfanov, A.K. and Maklakov, D.V. (2010). Numerical study of thin-walled sampler performance for aerosols in low windspeed environments. *Aerosol Sci. Tech.* 44(2):152-160. DOI: <https://doi.org/10.1080/02786820903447214>

24. Gilfanov, A.K., Zaripov, S.K. and Maklakov, D.V. (2009). Calculation of particle concentration in the problem of aerosol aspiration into a thin-walled tube. *Fluid Dyn.* 44 (6): 873-881. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0015462809060106>

25. Averkova, O.A., Logachev, K.I., Gritskevich, M.S. and Logachev, A. K. (2017). Ventilation of

Aerosol in a Thin-Walled Suction Funnel with Incoming Flow. Part 1. Development of Mathematical Model and Computational Algorithm. *Refract. Ind. Ceram.* 58(2): 242-246. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-017-0088-x>

26. Averkova, O.A., Logachev, K.I., Gritskevich, M.S. and Logachev, A. K. (2017). Ventilation of Aerosol in a Thin-Walled Suction Funnel with Incoming Flow. Part 2. Dynamics of Dust Particles. *Refract. Ind. Ceram.* 58: 343-347. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11148-017-0107-y>

27. Logachev K.I., Ziganshin A.M., Averkova O.A., Simulations of dust dynamics around a cone hood in updraft conditions, *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* (2018), DOI: [10.1080/15459624.2018.1492137](https://doi.org/10.1080/15459624.2018.1492137)

28. Logachev K.I., Ziganshin A.M., Averkova O.A., On the resistance of a round exhaust hood, shaped by outlines of the vortex zones occurring at its inlet, *Build. Environ.* 151 (2019) 338-347. doi:10.1016/j.buildenv.2019.01.039.

NUMERICAL MODELING OF THE MOVEMENT OF DUST PARTICLES NEAR THE LATERAL EXHAUST CHANNEL

Logachev K.I.¹, Averkova O.A.¹, Ziganshin A.M.², Kryukova O.S.¹,

Uvarov V.A.¹, Gol'tsov A.B.¹

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Kostyukov str., 46 - 308012, Belgorod, Russia, logachev.ki@bstu.ru

² Kazan State University of Architecture and Engineering, Russia, Zelenaya Str., 1 - 420043 Kazan, Tatarstan, Russia, amziganshin@kgasu.ru

Abstract. The article presents the results of the study of the dynamics of dust particles in the action spectrum of a circular exhaust channel with a flange installed on a flat horizontal surface. The axis of symmetry is perpendicular to the vector of gravitational acceleration. When determining the velocity field of the air, the discrete vortex method was used in the stationary formulation. To assess the efficiency of capturing the dust particles, it is proposed to use the distance of the limiting trajectory of dust particles released at a given height from the impermeable plane. The trajectories of dust particles emitted at different distances from the impenetrable plane are computed. The capture efficiency is estimated at different exhaust rates and settling velocities of dust particles. The found patterns are necessary to substantiate the required flow rate of aspiration of a lateral exhaust located on an impenetrable plane.

Key words: local exhaust systems, lateral exhaust, dust particles, limiting trajectories, capturing efficiency

УДК

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ФИЛЬТРАТОВ ПОЛИГОНОВ ТБО С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ОБРАТНОГО ОСМОСА

Ширкова Т.Н., Первов А.Г.

ФГБОУ ВО НИУ МГСУ

Аннотация. Представлены результаты работ, направленных на изучение возможности очистки фильтратов полигонов хранения твердых бытовых отходов (ТБО), проводившихся в период с 2010 по 2020 гг. Описаны подходы к решению проблемы, состоящие в химическом осаждении органических веществ, содержащихся в фильтратах ТБО, с применением коагулянтов и флокулянтов, а также извести. Для дальнейшего удаления из фильтратов ТБО соединений азота и фосфора, а также снижения величины общего солесодержания, используется метод обратного осмоса. Дано описание технологий, использующих обработку фильтрата ТБО методом обратного осмоса в две ступени для глубокого удаления из воды аммония до требований, предъявляемых к воде, сбрасываемой в водоемы рыбохозяйственного назначения. Описана новая технология очистки фильтрата ТБО, также основанная на реагентном осаждении растворенных органических веществ и последующей обработкой методом обратного осмоса. Отличительной чертой технологии является отсутствие концентрата установки обратного осмоса: утилизация концентрата достигается за счет сокращения его расхода до величины, составляющей менее 1 процента от расхода фильтрата ТБО, поступающего на обработку. Концентрат выводится вместе с осадком, при этом влажность осадка составляет не более 80 %.

Предмет исследования: фильтраты полигонов ТБО с различного состава, определяемого показателями ХПК (химическое потребление кислорода), концентраций ионов аммония, нитрат-ионов, фосфат ионов, а также жесткости и щелочности; определение расходов сбрасываемого концентрата и изучение возможностей их сокращения; определение затрат на реагенты и электроэнергию.

Материалы методы: изучены схемы проведения процессов очистки. Представлены и рассмотрены химические уравнения проходящих в сооружениях процессов, определены стехиометрические концентрации используемых реагентов. Составлены балансовые схемы, позволяющие определить расходы фильтрата ТБО, очищенной воды, осадка и концентратов установок обратного осмоса, а также концентрации в них различных загрязнений на каждой ступени очистки на входе и выходе из сооружений.

Ключевые слова: фильтрат полигонов ТБО; обратный осмос; нанофильтрация; осадкообразование на мембранах; выход фильтрата; снижение расхода концентрата.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для хранения твердых бытовых отходов (ТБО) организуются специальные полигоны. В теле «полигона» (точнее – свалки) в результате осадков в виде дождя и снега, а также в результате окисления органики формируется сточная жидкость с чрезвычайно токсичными свойствами. Эту жидкость принято называть фильтратом [1]. Токсичность фильтрата обусловлена тем обстоятельством, что среди бытовых (коммунальных) отходов на полигон попадают медицинские, промышленные, биологические и другие виды отходов [2].

Попадая в водоносные горизонты (особенно при отсутствии водонепроницаемого основания полигона), фильтрат загрязняет подземные воды, делая их не пригодными для питьевых целей [1,2].

Для очистки фильтратов ТБО используются различные методы: как биологические, так и химические [2,3]. Для снижения величины общего солесодержания фильтрата ТБО и удаления из него биогенных элементов используется метод обратного осмоса [4,5], часто в комбинации с химическими методами [6,7]. В последние годы метод обратного осмоса уже широко применяется для глубокой доочистки сточных вод [6,7]. Обратноосмотические мембраны позволяют одновременно удалять из воды как неорганические загрязнения (соли аммония, фосфаты), так и органические вещества (гуминовые и фульво-

кислоты, фенолы, летучие органические вещества) [8-10]. Однако для очистки стоков ТБО методом обратного осмоса серьезную проблему представляет наличие у мембранных установок потоков концентратов (расходы которых могут составлять 15 до 30 процентов общего расхода поступающей на очистку сточной воды), которые необходимо утилизировать [11-14]. В практике применения метода обратного осмоса для очистки фильтратов полигонов ТБО концентрат обычно возвращают в «тело» полигона [2,5], что вызывает опасность постоянного роста концентраций загрязнений в фильтрате полигона с течением времени. В работе [15] авторами описывалась технология сокращения расхода концентрата установок обратного осмоса. В соответствии с предложенной технологией очистки сточных вод [15-16], расход концентрата сокращается до величины, не превышающей 0,3-1% общего расхода воды, поступающей на очистку. Благодаря этому концентрат «утилизируется» вместе с обезвоженным осадком взвешенных веществ, образующимся при отстаивании. В настоящей работе рассмотрена возможность применения, описанного выше подхода [12] для очистки фильтратов полигонов ТБО и разделения фильтрата на очищенную воду (пригодную для сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения) и обезвоженный осадок, удаляемый с полигона для дальнейшей его утилизации (использования при рекультивации полигона, для захоронения,

сжигания, остекловывания и др.). При разработке технологии очистки фильтрата ТБО авторами взята за основу технология реагентного осаждения органических соединений [8,9]. Как было показано авторами ранее [15], наличие высокомолекулярных органических соединений в обрабатываемой воде вызывает снижение удельной проницаемости обратноосмотических мембран. Поэтому химическое осаждение органических соединений при проведении процесса предочистки повышает эффективность обратноосмотического процесса [7,8]. Кроме того, получение осадка позволяет эффективнее «спрятать» концентрат установки обратного осмоса [15]: при величине влажности обезвоженного осадка 80% вес воды в осадке оказывается в 5 раз больше веса твёрдых веществ, составляющих осадок. Поэтому высокие значения

концентраций взвешенных веществ (200-1000 мг/л) и величин ХПК (1000-5000 мг/л) в фильтратах полигонов ТБО позволяют эффективно использовать разработанную авторами технологию утилизации концентратов.

Технология реагентной очистки включает реагентную обработку фильтрата и его последующую обработку на мембранной установке обратного осмоса [15] с получением очищенной воды и осадка с влажностью 80% (рис.1). Концентрат установки обратного осмоса утилизируемая и отводится с установки вместе с осадком [8,15,16]. Балансовая схема очистки показана на рис.1, а схема процессов химического осаждения с применением сульфата железа [8] показана на рис.2.

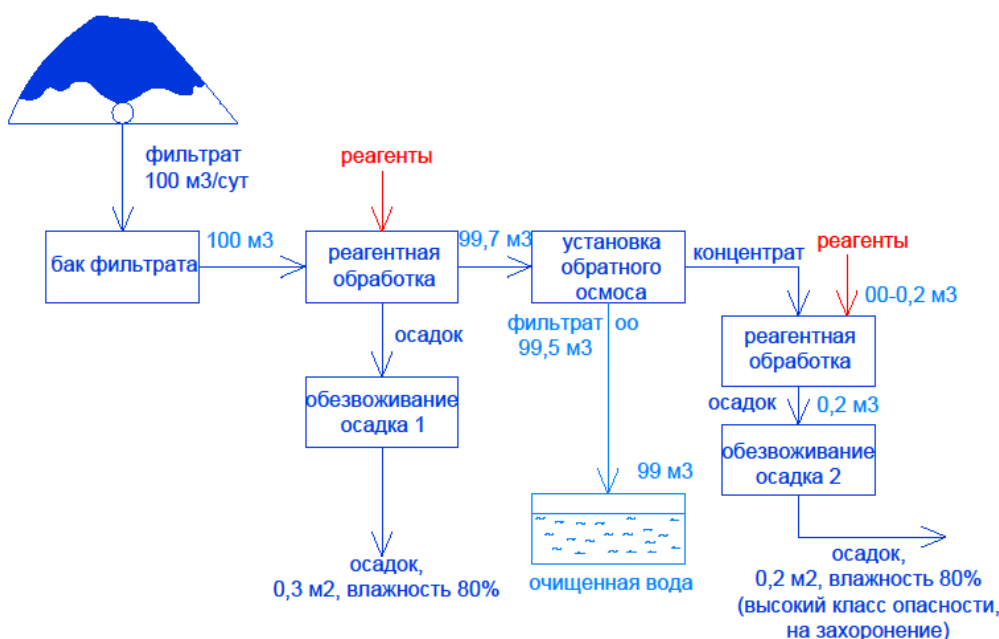
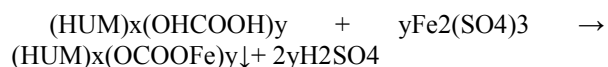


Рис.1. Балансовая схема обработки фильтрата полигона ТБО производительностью 100 куб.м в сутки.

Fig. 1. The balance sheet for processing the filtrate of a landfill with a capacity of 100 cubic meters per day.

Фильтрат по дренажной системе сбора с карт полигона ТБО направляется в приемную емкость канализационной насосной станции, откуда насосами перекачивается в «емкость для обработки фильтрата» (2). Поскольку в «старом» фильтрате, возраст которого 10-15 лет количество гуматов относительно небольшое (ХПК 5-8 г/л) для осаждения используется сульфат железа:



$3H_2O + Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + 3 H_2SO_4$
с образованием гидроксида железа для совместного осаждения гуматов на гидроксида железа.

Одновременно в ёмкость подается кислота для нейтрализации раствора, для получения на выходе pH до значения близкого 6. Осветленный фильтрат подается на «тонкослойный отстойник» (3), а затем в «отстойник» и далее в «промежуточную емкость» (4). Образовавшийся осадок перекачивается в отдельный «резервуар-накопитель осадка» для дальнейшего использования в качестве изолирующего слоя на полигоне. На выходе фильтрата из тонкослойного отстойника, для определения динамики процесса окисления и уточнения необходимой дозы гипохлорита, в осветленном фильтрате непрерывно автоматическим датчиком измеряется (ClO) и при необходимости меняется дозировка гипохлорита натрия (NaOCl). Доочистка фильтрата осуществляется на контактном осветлителе(5) (фильтр с зернистой загрузкой).

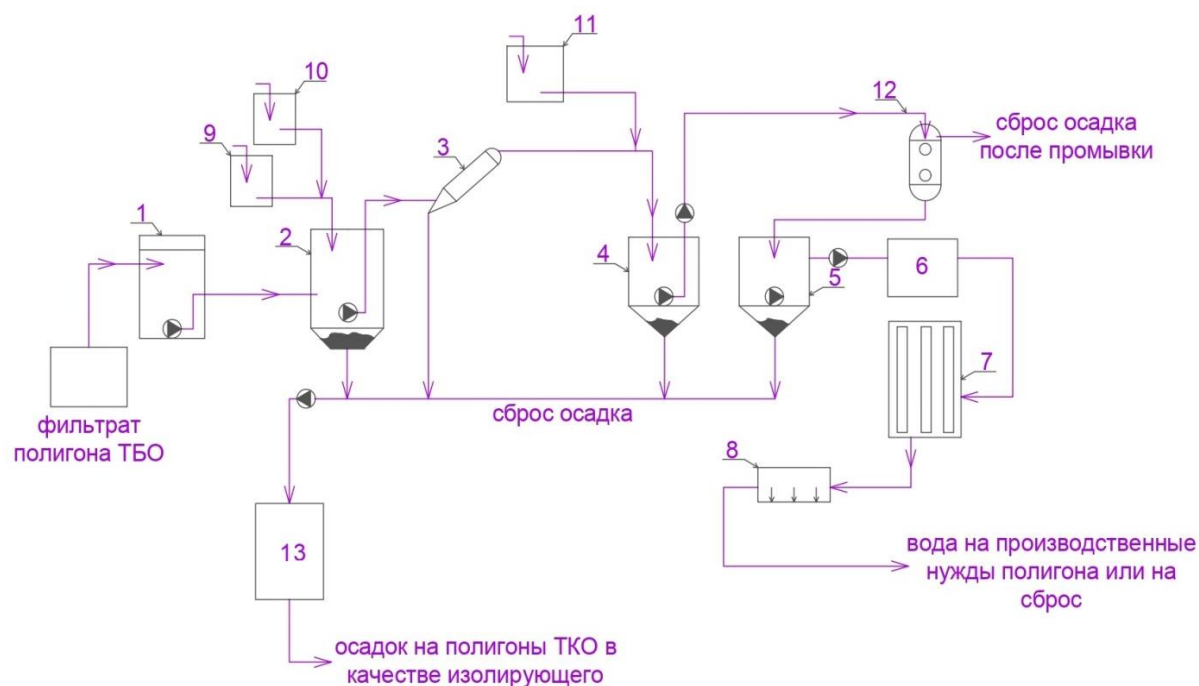


Рис.2. Технологическая схема обработки и обезвреживания фильтрата полигона ТБО (ПАТЕНТ РФ №2099294 от 20.12.1997г.) (сульфат железа)

Fig. 2. Technological scheme of processing and disposal of the solid waste landfill filtrate (PATENT of the Russian Federation No. 2099294 dated 12/20/1997) (iron sulfate)

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1 – станция перекачивания фильтрата | 8 – пруд аэрируемый |
| 2 – ёмкость для обработки фильтрата | 9 – узел подачи реагента $Fe_2(SO_4)_3$ |
| 3 – тонкослойный отстойник | 10 – нейтрализация кислотой |
| 4,5 - отстойник | 11 – узел подачи реагента NaOCl |
| 6 – установка ультрафильтрации | 12 – контактный осветлитель |
| 7 – установка обратного осмоса | 13 – резервуар-накопитель осадка |

Очищенный фильтрат накапливается в промежуточной емкости (6), откуда направляется на финальную стадию очистки – установку обратного осмоса (7) с блоком предочистки («установка ультрафильтрации»), на котором удаляются мельчайшие взвешенные частицы. Очищенный фильтрат попадает в аэрируемый (с целью предотвращения загнивания воды) пруд (8). Очищенный фильтрат может быть использован для любых хозяйственных нужд полигона. Солевой концентрат после обратного осмоса упаривается на выпарной установке до кристаллогидратов, упаковывается в бочки и отправляется на хранение.

Фильтрат по дренажной системе сбора с карт полигона ТБО направляется в приемную емкость канализационной насосной станции, откуда насосами перекачивается в «ёмкость для обработки фильтрата» (2). Поскольку в «молодом» фильтрате, возраст которого 1-3 года, количество гуматов достаточно велико (ХПК 20-25 г/л). В этом случае в качестве реагента и одновременно коагулянта может выступать гидроокись кальция, реакция идёт с образованием карбоната кальция как осадителя гуматов [8-10]. В этом случае технологическая схема выглядит следующим образом (рис.3).

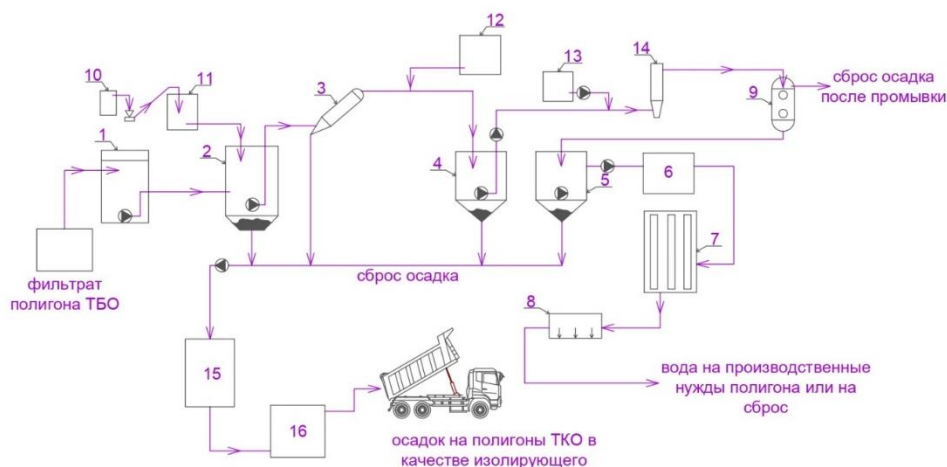


Рис.3. Технологическая схема обработки фильтрата полигона ТБО (ПАТЕНТ № 2099294 от 20.12.1997 г.) (гидроокись кальция)

Fig. 3: Process flow diagram for processing the filtrate of the MSW landfill (PATENT No. 2099294 dated 12/20/1997) (calcium hydroxide)

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1 – станция перекачивания фильтрата | 10 – известь |
| 2 – ёмкость для обработки фильтрата | 11 – растворный узел известкового молока |
| 3 – тонкослойный отстойник | 12 – узел подачи реагента NaOCl |
| 4,5 - отстойник | 13 – ёмкость с нейтрализующим раствором |
| 6 – установка ультраfiltrации | 14 – смеситель |
| 7 – установка обратного осмоса | 15 – резервуар-накопитель осадка |
| 8 – пруд аэрируемый | 16 – ленточный транспортёр |
| 9 – контактный осветлитель | |

Для осаждения трудно окисляемой органики в емкость направляется расчетное количество известкового молока. Образовавшийся осадок направляется в «резервуар-накопитель осадка», в котором собирается весь осадок, осевший в промежуточных отстойниках для использования его в качестве изолирующего слоя на полигоне. Осветленный фильтрат подается насосом на «тонкослойный отстойник», а затем в промежуточную емкость – «отстойник». Для окисления аммиака в целях предотвращения распространения запаха из открытого отстойника используется гипохлорит натрия [9]. Осветленный в отстойнике фильтрат смешивается с нейтрализующим раствором для получения на выходе pH близкое по значению 6. Для определения динамики процесса окисления и уточнения необходимой дозы гипохлорита, в осветленном фильтрате непрерывно автоматическим датчиком измеряется (ClO) и при необходимости меняется дозировка реагента (NaOCl). Из отстойников (промежуточные ёмкости) фильтрат подается в «смеситель» для интенсификации процесса нейтрализации. В качестве нейтрализующего реагента используется серная (или соляная) кислота, находящаяся в емкости. После смесителя, где pH фильтрата контролируется потенциометрическим датчиком pH, доочистка фильтрата осуществляется на «контактном осветлителе» (фильтр с зернистой загрузкой).

Очищенный фильтрат накапливается в промежуточной емкости - «отстойник», откуда

направляется на финальную стадию очистки – установку «обратного осмоса» с блоком предочистки – «узел ультраfiltrации», на котором удаляются мельчайшие взвешенные частицы. Очищенный фильтрат попадает в аэрируемый (с целью предотвращения загнивания воды) пруд. Очищенный фильтрат может быть использован для любых хозяйственных нужд полигона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящей работе авторами была поставлена цель экспериментально определить характеристики и параметры проведения процесса обратного осмоса для разделения фильтрата одного из подмосковных полигонов ТБО на очищенную воду и обезвоженный осадок, пригодный для его дальнейшей утилизации. Для расчёта мембранной установки необходимо определить: типы и марки применяемых мембран, количество ступеней обработки, схемы подключения аппаратов, величины рабочего давления, селективности и производительности мембран на каждой ступени обработки, а также величины выхода фильтрата на каждой ступени. Принципы очистки фильтрата ТБО с применением двухступенчатой обработки методом обратного осмоса [11,15] показан на рис.4.

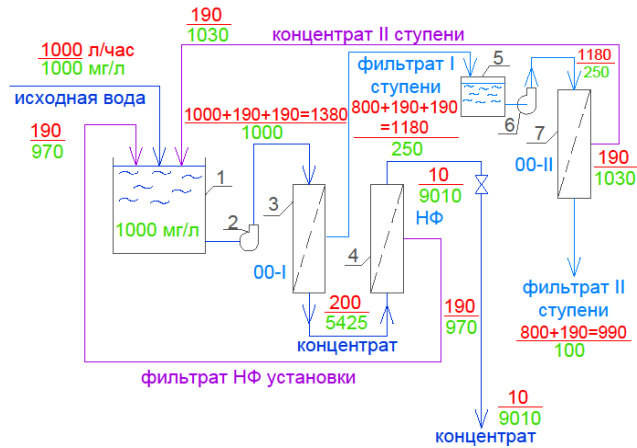


Рис.4. Балансовая схема обработки фильтрата ТБО с применением метода обратного осмоса в две ступени и утилизацией концентрата (сокращения его расхода до 1% от общего расхода поступающей на очистку воды)

Fig. 4. The balance sheet for the processing of solid waste filtrate using the reverse osmosis method in two stages and the utilization of the concentrate (reduction of its consumption to 1% of the total flow rate of water supplied to the treatment)

- | | |
|---|---|
| 1 - приемный бак | 5 - бак фильтрата II ступени |
| 2 - насос мембранной установки I ступени | 6 - насос мембранной установки II ступени |
| 3 - мембраны I ступени | 7 - мембраны II ступени |
| 4 - мембраны III ступени концентрирования | |

В соответствии с разработанной технологией (рис.5), концентрат и все содержащиеся в нем загрязнения выводятся вместе с обезвоженным осадком [15,16]. Принципы удаления концентрата вместе с обезвоженным осадком показаны на рис.5.

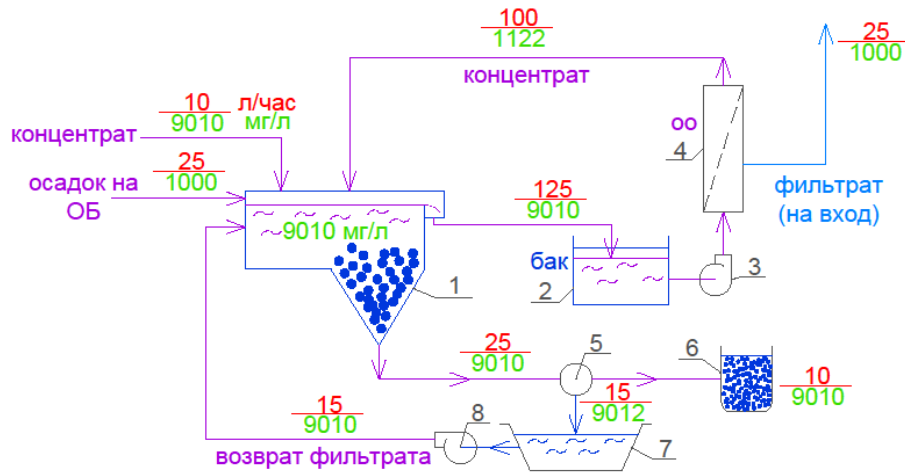


Рис.5. Балансовая схема обработки концентрата и удаления его вместе с осадком.

Fig. 5. The balance sheet of the processing of the concentrate and its removal together with the sediment.

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1 - осадкоуплотнитель | 5 - система обезвоживания осадка |
| 2 - бак отстоянной воды | 6 - мешок |
| 3 - насос установки обработки концентрата III ступени | 7 - бак сбора иловой воды |
| 4 - мембраны обработки концентрата III ступени | 8 - насос возврата иловой воды |

В настоящей работе авторами сделана попытка использовать разработанную технологию для очистки "свалочного" фильтрата методом обратного осмоса после проведения реагентной обработки и

осаждения большей части гуминовых веществ после проведения коагуляции [8,10]. Специально для очистки сточных вод используются разработанные мембранные аппараты с «открытым» каналом,

позволяющие обрабатывать сточные воды с высоким содержанием взвешенных веществ [16]. Это позволяет упростить схему предварительной обработки воды и отказаться от применения установки ультрафильтрации перед установкой обратного осмоса [11]. Проблему создаёт то обстоятельство, что показатель ХПК сточной воды уже после реагентной обработки имеет очень высокое значение (200-300 мг/л), что может отрицательно сказываться на работе мембран, вызывая образование органических осадков. Органические вещества различной природы и молекулярного веса, определяемые показателем ХПК, могут адсорбироваться на мембранной поверхности и коагулировать. Результаты проведённых ранее исследований позволяют предположить, что накопление органических загрязнений не оказывает значительного влияния на процесс обратного осмоса и может контролироваться с применением химических

промывок [11,17]. Вопросы утилизации концентрата составляют более серьёзную проблему при очистке сточных вод с высоким содержанием ХПК «напрямую», чем в ранее описанных случаях при обработке биологически очищенных сточных вод [11,15,17]. При биологической очистке воды образуется избыточный активный ил, который составляет не менее 12 -15 кг на 100 куб.м очищаемой воды. Поэтому при влажности обезвоженного осадка 80% расход концентрата, удаляемого с осадком, может составлять около 1% расхода очищаемой воды. В случае очистки сточной воды полигонов ТБО, имеющей высокое значение ХПК при невысоком содержании взвешенных веществ, сократить расход концентрата до величины, не превышающей 0,2% представляет серьёзную проблему. Состав фильтрата ТБО, использовавшегося при проведении экспериментов, а также составы его на разных стадиях очистки, представлены в Таблице 1.

Таблица 1. Результаты определения концентраций различных загрязнений в фильтре полигона ТБО в процессе очистки

	Исходный фильтрат	После реагентной обработки	После обратного осмоса 1 степени	После обратного осмоса 2 степени
1	ХПК - 1728 мг/л	ХПК - 605 мг/л	ХПК - 15 мг/л	ХПК - 8 мг/л
2	рН - 8,9	рН - 6,5	рН - 6,8	рН - 6,2
3	Кальций - 15,5 мг-экв/л	Кальций - 8,8 мг-экв/л	Кальций - 0,2 мг-экв/л	Кальций - 0,05 мг-экв/л
4	Щёлочность - 76,0 мг/л	Щёлочность - 13,6 мг/л	Щёлочность - 5,0 мг/л	Щёлочность - 2,1 мг/л
5	Аммоний - 425 мг/л	Аммоний - 92 мг/л	Аммоний - 3,1 мг/л	Аммоний - 0,2 мг/л
6	Нитраты - 65,5 мг/л	Нитраты - 42,1 мг/л	Нитраты - 5,85 мг/л	Нитраты - 2,73 мг/л
7	Хлориды - 2308 мг/л	Хлориды - 266 мг/л	Хлориды - 27 мг/л	Хлориды - 2 мг/л
8	Сульфаты - 627 мг/л	Сульфаты - 508 мг/л	Сульфаты - 0,68 мг/л	Сульфаты - 0,12 мг/л

На рис.6 показана технологическая схема очистки фильтрата ТБО с указанием всех видов оборудования. Вода подаётся насосом в первичный отстойник, в котором происходит осаждение взвешенных веществ. После отстаивания вода проходит предварительную очистку на фильтрах и подаётся в бак фильтрованной воды, откуда рабочим насосом первой ступени подаётся в мембранные аппараты первой ступени с низконапорными мембранами обратного осмоса типа BLN. Выход фильтрата на первой ступени составляет 0.9 - 0,88, что соответствует сокращению расхода концентрата по сравнению с расходом исходной воды в 8 - 10 раз. Для достижения требуемого качества очищенной воды, фильтрат первой ступени направляется на обработку на установки обратного осмоса второй ступени. Фильтрат второй ступени используется для технических нужд или для сброса в водоем. Концентрат установки второй ступени направляется

на вход в установку и смешивается с исходной водой. Концентрат первой ступени направляется в промежуточный бак-отстойник. Ввиду того, что значение ХПК в концентрате доходит до 1200-1500мг/л, в промежуточном баке осуществляется коагуляция и осаждение осадка органических веществ. Как показывают эксперименты, значение ХПК после осаждения составляет не более 300 мг/л. Дальнейшее снижение расхода концентрата осуществляется на третьей ступени обработки концентрата в мембранных аппаратах с нанофильтрационными мембранами типа 90-NE, где расход концентрата снижается ещё в 15-20 раз. Осадок из первичных отстойников и из промежуточного бака-отстойника поступает в уплотнитель осадка, затем в отстойник и направляется на обезвоживание. Фильтрат после обезвоживания осадка направляется в промежуточный бак установки второй ступени.

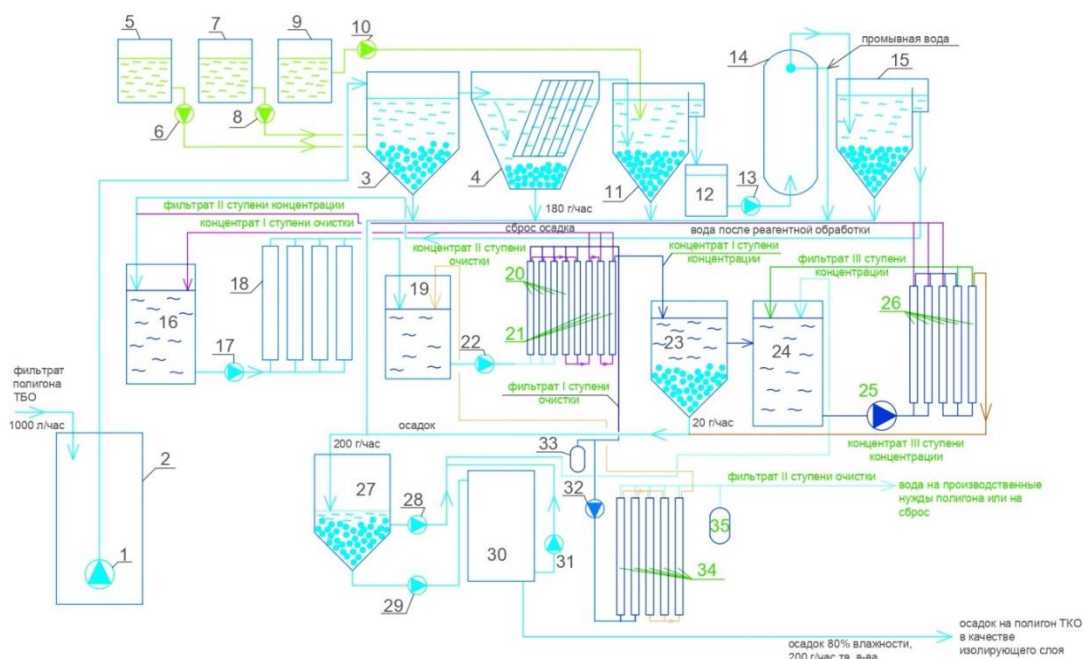


Рис. 6. Технологическая схема очистки фильтрата ТБО с указанием всех видов оборудования.

Fig. 6. Technological scheme for cleaning solid waste filtrate indicating all types of equipment.

- | | | |
|--|---|---|
| 1 – насосное перекачивание фильтрата | 13 – насос подачи воды на контактный осветлитель | 24 – бак отстойной воды |
| 2 – погружной насос | 14 – контактный осветлитель | 25 – рабочий насос второй ступени обработки концентрата |
| 3 – ёмкость для реагентной обработки фильтрата | 15 – бак-отстойник осветлённой воды | 26 – мембранные аппараты обработки концентрата (дополнительного снижения его расхода) |
| 4 – тонкослойный отстойник | 16 – бак сбора осветлённой воды | 27 – осадкоуплотнитель |
| 5 – расходный бак дозирования сернокислого железа | 17 – рабочий насос установки ультраfiltrации | 28 – насос возврата «надосадочной» воды |
| 6 – насос-дозатор раствора сернокислого железа | 18 – ультраfiltrационные аппараты с капиллярными мембранами | 29 – насос подачи осадка на обезвоживание |
| 7 – расходный бак дозирования серной кислоты | 19 – бак сбора воды после предочистки | 30 – установка «мешкового» обезвоживания |
| 8 – насос-дозатор подачи кислоты на нейтрализацию | 20 – мембранные обратноосмотические аппараты для обработки сточной воды | 31 – насос возврата осадочной воды после обезвоживания осадка |
| 9 – расходный бак дозирования раствора гипохлорит натрия | 21 – мембранные аппараты | 32 – насос подачи воды на установку обратного осмоса второй ступени |
| 10 – насос-дозатор подачи раствора гипохлорит натрия | 22 – рабочий насос установки обратного осмоса первой ступени | 33 – бак-гидроаккумулятор фильтрата первой ступени |
| 11 – бак-отстойник | 23 – безреагентная обработка (снижение ХПК) | 34 – мембранные аппараты обратного осмоса второй ступени |
| 12 – промежуточный бак | | 35 – бак-гидроаккумулятор фильтрата второй ступени |

Исходя из общего количества осадка, можно определить количество воды, составляющей влажность обезвоженного осадка:

1. Расход воды: 24 куб.м в сутки

2. Общее количество осадка взвешенных веществ после проведения реагентной обработки: 48 кг/сутки;

3. ХПК исходной воды: 1800 мг/л

4. ХПК воды на входе в первую ступень: 240 мг/л

5. Общее количество осадка после коагулирования и осаждения взвешенных веществ после прохождения первой ступени: 12,0 кг/сутки;
6. Общее количество твердых веществ, выводимое с установки в сутки: 60 кг/сутки.
7. Общий расход влажного осадка в илосборник: 3600 литров в сутки;
8. Расход обезвоженного осадка (при влажности 80%) - 360 литров в сутки.

Пример двухступенчатой установки обратного осмоса для очистки сточных вод и утилизации концентрата производительностью 1000 -1500 литров в час с мембранными аппаратами типа 4040 и баками для реагентного осаждения органических веществ производства компании Waterlab показана на рис.7 [18].



Рис. 7. Пример двухступенчатой установки обратного осмоса для очистки сточных вод и утилизации концентрата производительностью 1000 -1500 литров в час с мембранными аппаратами типа 4040 и баками для реагентного осаждения органических веществ производства компании Waterlab.

Fig. 7. An example of a two-stage reverse osmosis plant for wastewater treatment and concentrate utilization with a capacity of 1000-1500 liters per hour with 4040 membrane units and reagent tanks for organic substances produced by Waterlab.

ВЫВОДЫ

1. На эффективность работы мембран при разделении фильтратов хранения ТБО большое влияние оказывает содержание в нем высокомолекулярных органических веществ. Целесообразно осажать органические вещества с применением реагентов перед последующей обработкой сточной воды методом обратного осмоса.

2. После обезвоживания осадка осажённых взвешенных и органических веществ влажность его составляет 78-80%. Концентрат установки обратного осмоса составляет 0,6-0,8% от объема исходной обрабатываемой воды и выводится вместе с обезвоженным осадком, при этом влажность осадка составляет не более 80%. Разработанная схема может быть использована для случаев, когда величина общего солесодержания не превышает 1000 мг/л.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hussein L., Abdel-Shafy, Mona S., Mansour M. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling and valorization. Egyptian Journal of Petroleum. Volume 27, Issue 4, December 2018, pages 1275 - 1290.

2. J. Wiszniowski, D. Robert, J. Summer-Gorska, K. Miksh, J.V. Weber. Landfill leachate treatment methods: a review. Environ. Chem. Lett. , 4 (2006), 51-61. DOI: 10.1007/s10311-005-0016-z.

3. Sun W.Y., Kang M.S., Yim S.K., Choi K.H. Advances Landfill Leachate treatment Using an integrated membrane processes. Desalination, v. 149, (2002), p. 109-114.

4. B. Weber and F.Holz. Landfill Leachate Treatment by Reverse Osmosis. 1991. Elsevier Science Publishers Ltd, England. Effective Industrial Membrane Processes - Benefits and opportunities, pp.143-154.

5. Angelo Chianese, Ronaldo Ranauro, Nicola Verdone. Treatment of landfill leachate by reverse osmosis. Water Research, Volume 33, Issue 3, February 1999, pages 64-652.

6. Kenichi Ushikovski, Tetsuo Kobayashi, Kazuya Uematsu, Akihiro Toji, Dai Kojima, Kanji Matsumoto. Leachate treatment by the reverse osmosis system. Desalination, Volume 150, Issue 2, November 2002, Pages 121-129.

7. Amokrane A., Comel C., Veron J. Landfill leachate pretreatment by coagulation-flocculation. Water Resources. (1997), 31, 2775-2782.

8. Коныгин А.А. Комплексная технология очистки фильтрата полигонов захоронения твёрдых бытовых отходов. Academia. Архитектура и строительство, 2011, №4, с. 105-109.

9. Потапов А.Д., Коныгин А.А. Новые возможности осветления интенсивно окрашенных полигонов ТБО при их обезвреживании с использованием известкового молока в присутствии солей кальция. Вестник МГСУ. Научно-технический журнал. 2013. 8. стр. 116-122.
10. Кофман В.Л. Очистка фильтрата полигонов хранения твёрдых бытовых отходов. Водоснабжение и санитарная Техника. 2010, №1-2, с. 124-127.
11. Mark Wilf. The guidebook to membrane for wastewater reclamation. Balaban Desalination Publishing, 2010.V.788.
12. Lateef S.K.,Soh B.Z. and Kimura K. Direct membrane filtration of municipal wastewater with chemically enhanced backwash for recovery of organic matter. Bio resource technology.(2019),150,149-155.
13. Nascimento, Thiago and Mejia Fazani and FDs-Polanski, Fernando and Pena, Mer. Improvement of municipal wastewater pretreatment by direct membrane filtration. (2016).Environmental Technology, 38, 1-35.
14. A. Perez-Gonzales, A.M. Urriaga, R. Ibanez, I. Ortoz. State of the art and review of the treatment technologies of water reverse osmosis concentrates. Water Research, 46 (2012) 267 - 283.
15. Wojciech Dabrowski, Alexei Pervov, Konstantin Tikhonov. Use of reverse osmosis to modify biological wastewater treatment. Vestnik MGSU. Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering, vol.13 issue 10, 2018. ISSN 1997-0935. DOI: 10.22227/1997-0935, 2018.10.1222-1235.
16. Pervov A.G., Andrianov A.P. Application of membranes to treat wastewater for it's recycling and reuse: new considerations to reduce fouling and recovery up to 99 per cent. Desalination and water treatment. 2011. Vol.35.(1-3). Pp.2-9. DOI: 10.5004/DWT.2011.3133.
17. A.G. Pervov, Xuan Quyet Nguen and E.B. Yurchevski. Investigation of the influence of organics contained in natural water on the performance of reverse osmosis membranes. ISSN 2517-7516, Membranes and membrane technologies,2019, vol.1,No 5,pp.286-297. Pleiades Publishing , Ltd.2019.
18. Pervov A. Application of reverse osmosis to treat and reuse petrochemical wastewater. The International Desalination Association World Congress - Sao Paolo, Brazil, REF: IDA 17 WC-57868 Pervov.
- integrated membrane processes. Desalination, v. 149, (2002), p. 109-114.
4. B. Weber and F. Holz. Landfill Leachate Treatment by Reverse Osmosis. 1991. Elsevier Science Publishers Ltd, England. Effective Industrial Membrane Processes - Benefits and opportunities, pp. 143-154.
5. Angelo Chianese, Ronaldo Ranauro, Nicola Verdone. Treatment of landfill leachate by reverse osmosis. Water Research, Volume 33, Issue 3, February 1999, pages 64-652.
6. Kenichi Ushikovski, Tetsuo Kobayashi, Kazuya Uematsu, Akihiro Toji, Dai Kojima, Kanji Matsumoto. Leachate treatment by the reverse osmosis system. Desalination, Volume 150, Issue 2, November 2002, Pages 121-129.
7. Amokrane A., Comel C., Veron J. Landfill leachate pretreatment by coagulation-flocculation. Water resources. (1997), 31, 2775-2782.
8. Konygin A.A. Integrated technology for cleaning the filtrate of solid waste landfills. Academia. Architecture and Construction, 2011, No. 4, p. 105-109.
9. Potapov A.D., Konygin A.A. New opportunities for clarification of intensely colored solid waste landfills during their disposal using lime milk in the presence of calcium salts. Bulletin of MGSU. Scientific and technical journal. 2013. 8. p. 116-122.
10. Kofman V.L. Purification of the filtrate of solid waste landfills. Water Supply and Sanitary Engineering. 2010, No. 1-2, p. 124-127.
11. Mark Wilf. The guidebook to membrane for wastewater reclamation. Balaban Desalination Publishing, 2010.V.788.
12. Lateef S.K., Soh B.Z. and Kimura K. Direct membrane filtration of municipal wastewater with chemically enhanced backwash for recovery of organic matter. Bio resource technology. (2019), 150,149-155.
13. Nascimento, Thiago and Mejia Fazani and FDs-Polanski, Fernando and Pena, Mer. Improvement of municipal wastewater pretreatment by direct membrane filtration. (2016). Environmental Technology, 38, 1-35.
14. A. Perez-Gonzales, A.M. Urriaga, R. Ibanez, I. Ortoz. State of the art and review of the treatment technologies of water reverse osmosis concentrates. Water Research, 46 (2012) 267 - 283.
15. Wojciech Dabrowski, Alexei Pervov, Konstantin Tikhonov. Use of reverse osmosis to modify biological wastewater treatment. Vestnik MGSU. Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering, vol. 13 issue 10, 2018. ISSN 1997-0935. DOI: 10.22227 / 1997-0935, 2018.10.1222-1235.
16. Pervov A.G., Andrianov A.P. Application of membranes to treat wastewater for it's recycling and reuse: new considerations to reduce fouling and recovery up to 99 per cent. Desalination and water treatment. 2011. Vol. 35. (1-3). Pp. 2-9. DOI: 10.5004 / DWT.2011.3133.
17. A.G. Pervov, Xuan Quyet Nguen and E.B. Yurchevski. Investigation of the influence of organics contained in natural water on the performance of reverse osmosis membranes. ISSN 2517-7516, Membranes and membrane technologies, 2019, vol. 1, No. 5, pp. 286-297. Pleiades Publishing, Ltd. 2019.

REFERENCES

1. Hussein L., Abdel-Shafy, Mona S., Mansour M. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling and valorization. Egyptian Journal of Petroleum. Volume 27, Issue 4, December 2018, pages 1275 - 1290.
2. J. Wiszniowski, D. Robert, J. Summer-Gorska, K. Miksh, J.V. Weber. Landfill leachate treatment methods: a review. Environ. Chem. Lett. 4 (2006), 51-61. DOI: 10.1007 / s10311-005-0016-z.
3. Sun W.Y., Kang M.S., Yim S.K., Choi K.H. Advances Landfill Leachate treatment Using an

18. Pervov A. Application of reverse osmosis to treat and reuse petrochemical wastewater. The International

Desalination Association World Congress - Sao Paolo, Brazil, REF: IDA 17 WC-57868 Pervov.

TECHNOLOGY OF TREATMENT OF EFFLUENTS OF LANDFILLS USING THE METHOD OF REVERSE OSMOSIS

Shirkova T.N., Pervov A.G.

Summary. The results of work aimed at studying the possibility of cleaning the filtrates of solid waste storage areas (MSW), conducted in the period from 2010 to 2020, are presented approaches to solving the problem, consisting in chemical deposition of organic substances contained in MSW filtrates, using coagulants and flocculants, as well as lime, are Described. The reverse osmosis method is used to further remove nitrogen and phosphorus compounds from the MSW filtrates, as well as to reduce the total salt content. The description of technologies that use two-stage reverse osmosis treatment of solid waste filtrate for deep removal of ammonium from water up to the requirements for water discharged into fisheries reservoirs is given. A new technology for cleaning solid waste filtrate is described, also based on reagent deposition of dissolved organic substances and subsequent treatment by reverse osmosis. A distinctive feature of the technology is the absence of a reverse osmosis plant concentrate: the utilization of the concentrate is achieved by reducing its flow rate to less than 1 percent of the flow rate of the MSW filtrate coming for processing. The concentrate is removed together with the sediment, and the moisture content of the sediment is not more than 80 %.

Subject of research: filtrates of solid waste landfills with different composition determined by COD indicators (chemical oxygen consumption), concentrations of ammonium ions, nitrate ions, phosphate ions, as well as hardness and alkalinity; determining the costs of the discharged concentrate and studying the possibilities of reducing them; determining the cost of reagents and electricity.

Materials methods: the schemes of cleaning processes have been studied. Chemical equations of processes occurring in structures are presented and considered, and stoichiometric concentrations of the reagents used are determined. Balance charts have been drawn up to determine the costs of solid waste filtrate, treated water, sediment and concentrates of reverse osmosis plants, as well as the concentrations of various contaminants in them at each stage of treatment at the entrance and exit of structures.

Key words: landfill leachate solid waste; reverse osmosis; nanofiltration; sedimentation on the membrane; a permeate outlet; a lower consumption of concentrate.

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 624.151.2: 626.862.1

ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЗДАНИЯ ОТ ПОДТОПЛЕНИЯ ПРИ ПОТОКО-СТРУЙЧАТОМ ХАРАКТЕРЕ ГРУНТОВЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Дьяков И.М., Дьяков А.И.

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». Академия строительства и архитектуры, Адрес: г.Симферополь, ул. Киевская 181, Karta3@mail.ru

ФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». Академия строительства и архитектуры, Адрес: г.Симферополь, ул. Киевская 181, alexey3427@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены причины и особенности подтопления существующих строительных объектов при потоко-струйчатом характере грунтовых вод в инженерно-геологических условиях Крыма. Приведены результаты обследования здания в г. Джанкой, находящегося в состоянии подтопления. Выявлены причины подтопления здания и несоответствия уровня грунтовых вод, определенных при инженерно-геологических изысканиях, уровню воды в засыпке котлована. Определены причины поступления воды в подвал здания. Проанализированы проблемы и особенности защиты от подтопления существующих зданий в рассматриваемых условиях. Приведен опыт защиты здания в г. Джанкой от подтопления посредством устройства кольцевого перехватывающего дренажа и даны рекомендации по проектированию системы защиты.

Предмет исследования: особенности подтопления существующих зданий при потоко-струйчатом характере грунтовых вод в инженерно-геологических условиях Крыма, особенности проектирования инженерной защиты существующих зданий от подтопления с учетом рельефа и конструктивных особенностей зданий.

Материалы и методы: результаты обследования зданий при подтоплении грунтовыми водами потоко-струйчатого характера, методы наблюдения, анализа, синтеза.

Результаты: проведенные исследования позволили выявить причины несоответствия уровня грунтовых вод, установленного при инженерно-геологических изысканиях, реальному уровню воды в засыпке котлована, определить причины поступления воды в подвальное помещение здания. На примере реального объекта исследованы выявлены некоторые особенности подтопления зданий при потоко-струйчатом характере грунтовых вод в инженерно-геологических условиях Крыма. Разработаны подходы к защите существующих зданий от подтопления и конструкция кольцевого перехватывающего дренажа, эффективность которого определена опытным путем.

Выводы: результаты исследований могут быть использованы при разработке проектов по защите существующих зданий от подтоплений на территориях с потоко-струйчатом характере грунтовых вод. Рекомендации по определению уровня грунтовых вод на площадке строительства в грунте засыпки целесообразно учитывать при выполнении инженерно-геологических изысканий и выборе методов защиты проектируемых зданий от подтопления.

Ключевые слова: подтопление, грунтовые воды, дренаж, потоко-струйчатый характер грунтовых вод.

ВВЕДЕНИЕ

Крымский регион характеризуется сложными инженерно-геологическими условиями, одними из которых является высокий уровень грунтовых вод. На отдельных территориях Крымского полуострова грунтовые воды не имеют единого водоносного горизонта, а их движение носит потоко-струйчатый характер, состоящий из микропотоков. В данных условиях инженерно-геологическими изысканиями всегда позволяют правильно определить уровень грунтовых вод, который установится на участке контакта грунта с подземной частью здания. Неверно определенный уровень грунтовых вод

вследствие ошибок при проектировании зданий может привести к их подтоплению как во время возведения подземной части, так и в процессе эксплуатации. В настоящее время значительное количество существующих зданий в Крыму находятся в состоянии постоянного либо сезонного подтопления. Источниками подтопления являются грунтовые воды, а в ряде случаев их сочетание с техногенными водами. В связи с этим существенное значение на стадии проектирования приобретает повышение точности определения уровня грунтовых вод, а на стадии эксплуатации поиск научных и инженерных решений по защите существующих зданий от подтопления и

обеспечению соответствия их санитарно-гигиенического состояния нормам.

Цель и задачи статьи – проанализировать проблемы защиты существующих зданий от подтопления при потоко-струйчатом характере грунтовых вод в инженерно-геологических условиях Крыма и рассмотреть опыт проектирования и строительства дренажной системы для защиты от подтопления существующего здания в г. Джанкой.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросами защиты зданий от подтопления в различные годы занимались такие отечественные и зарубежные ученые, как: Н.Е. Жуковский, В.И. Аравин, С.Н. Нумеров, В.В., А.Ж. Муфтахов, С.К. Абрамов и А.Ж. Муфтахов, Н.П. Куранов, В.И. Федоров, И.К. Гавич, В.И. Аравин, И.К. Гавич, Н.И. Дружинин, И.Е. Жернов, Г.Н. Каменский, А.В. Лебедев, В.С. Лукьянов, Е.А. Ломакин, В.А. Мироненко, С.Н. Нумеров, Д.Ю. Панов, И.С. Пашковский, А.А. Самарский, П.Ф. Фильчаков, В.М. Шестаков, И.К. Гавич, И.Е. Жернов, М. Маскет, Н.Darcy, J.Dupuit, J.Boussinesq, Ph.Forchheimer, M.P.Anderson, J.Bear, C.A.Brebbia, J.F.Wang, T.V.Hromadka II, R.J.M.DeWiest, O.Zienkiewich, W.Karplus, L.F.Konikow, S.P.Larson, C.Lai, G.P.Lennon, J.A.Liggett, L.Luckner, P.L.F. Liu, T.Narisimhan, G.F.Pinder, D.W.Peaceman, K.R.Rushton, I.Remson, R.V.Southwell, R.W.Stallman, P.C.Trescott, D.K.Todd, H.S.HeleShaw, G.M.Hornberger, Y.K.Cheung и другие. В их трудах рассмотрены вопросы фильтрации грунтовых вод, особенности подтопления территорий при потоко-струйчатом их характере, предложены методы защиты зданий и сооружений от подтопления [1-10]. Вместе с тем, некоторые аспекты защиты существующих зданий от подтопления при потоко-струйчатом характере грунтовых вод в инженерно-геологических условиях Крыма не изучены.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При неаписании работы использованы результаты обследования зданий при подтоплении грунтовыми водами потоко-струйчатого характера, такие методы исследования, как наблюдение, анализ, синтез.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Основной целью обследования здания дошкольной образовательной организации в г. Джанкой, испытывающей подтопление, являлась оценка технического состояния подземных конструкций и разработка рекомендаций по их дальнейшей безопасной эксплуатации, выявление необходимости выполнения работ по предотвращению подтопления и поиск инженерных решений по предотвращению поступления воды в подвальное помещение.

Здание – двухэтажное с подвалом, П-образной формы в плане, состоит из 3-х блоков, разделенных между собой антисейсмическими швами. Конструктивная система здания – каркасная, с полным железобетонным каркасом. Конструктивная схема предусматривает железобетонный каркас с монолитными железобетонными безбалочными перекрытиями и покрытием, ядром и диафрагмами жесткости.

Фундамент здания запроектирован плитным толщиной 400 мм по бетонной подготовке. Класс бетона по прочности по данным проекта – В25. Наружные ограждающие стены подвальной части выполнены из монолитного железобетона. Вокруг здания устроена бетонная отмостка шириной до 1,5 м. Колонны, перекрытия и покрытие – монолитные железобетонные.

В результате визуального осмотра территории здания установлено, что она имеет небольшой уклон в северо-восточном направлении. Колодцы инженерных коммуникаций вокруг здания заполнены грунтовыми водами. Уровень воды от поверхности грунта на момент осмотра в колодцах составил: –1.200...–1.500 м. Трещины и деформации наружных стен здания, свидетельствующие о неравномерной осадке фундаментов, в процессе визуального осмотра здания не выявлены.

Инженерно-геологические изыскания на территории объекта были выполнены на момент проектирования. В инженерно-геологическом строении площадки, по данным бурения на глубину 25,0 м, принимают участие: насыпные грунты, представленные суглинками полутвердыми; эолово-делювиальные отложения, представленные суглинками полутвердыми и тугопластичными; плиоценовые отложения, представленные глинами полутвердыми.

Согласно результатам лабораторных анализов грунтов в геологическом строении выделены следующие инженерно-геологические элементы:

ИГЭ1 – Почвенно-растительный слой – суглинок пылеватый, твердый, рdQIV;

ИГЭ2 – Глина красно-коричневая, полутвердая, с редкими гнездами гипса, с включениями до 10% дресвы и щебня известняка средневыветрелого, fQI-II;

ИГЭ3 – Глина светло-серо-коричневая, полутвердая, с редкими прослоями песка мелкого, с включениями до 10% дресвы и щебня известняка средневыветрелого, fQI-II.

Грунты на площадке в зоне сезонного промерзания с учетом влажности грунтов, согласно ГОСТ 25100-2011, – непучинистые и слабопучинистые. Из неблагоприятных инженерно-геологических процессов на данной территории выделены процессы подтопления и повышенная сейсмичность (по карте А - 6 баллов, В - 7 баллов, С - 7 баллов в соответствии со СП 14.13330.2014). Грунты ИГЭ1-ИГЭ3 относятся ко второй категории по сейсмическим свойствам.

Согласно инженерно-геологическому и инженерно-геодезическому отчету основанием фундаментов здания служит слой ИГЭ1 с характеристиками: $S=28$ кПа, $\varphi=19^\circ$, $E=20,2$ МПа. Основание фундамента здания – естественное. В результатах инженерно-геологических изысканий отмечается, что грунтовые воды в скважинах обнаружены на глубине – 2,5... – 3,5 м, в период ливневых дождей и интенсивного снеготаяния, а так же в случае нарушения поверхностного стока возможен подъем уровня подземных вод на 0,5 м. По степени подтопляемости территория находится в состоянии критического подтопления.

Отметка верха фундаментной плиты здания составляет – 3.400 м от пола первого этажа здания, что соответствует абсолютной отметке 6.38. Глубина заложения подошвы фундаментов – 3.800 от пола первого этажа здания (абсолютная отметка 5.98). Средняя глубина заложения фундамента от планировочной отметки земли составляет –2,25 м. На период обследования, в условиях отсутствия атмосферных осадков и утечек воды из инженерных коммуникаций, уровень воды в подвальном помещении здания с учетом толщины конструкции пола на 0,15 м превышал отметку верха фундаментной плиты. Данный уровень воды составляет – 1.70 м от планировочной отметки земли, что близко к отметке уровня воды в колодцах инженерных коммуникаций и выше уровня грунтовых вод, определенного при инженерно-геологических изысканиях на 0,8...1,8 м.

В проекте здания для изготовления фундаментной плиты предусмотрена марка бетона В25 W8 F75. Прочность бетона фундаментной плиты определялась в трех выбранных точках тремя методами: методом упругого отскока (электронным склерометром), ультразвуковым методом, методом отрыва со скалыванием. В соответствии с исследованиями, класс бетона фундаментной плиты по прочности составил не менее В25. Исследования водонепроницаемости бетона фундаментной плиты показало марку бетона по водонепроницаемости W0, что не соответствует заложенной в проекте марке W8. Неравномерные осадки фундаментной плиты здания в процессе обследования не выявлены.

Стяжка пола выполнена толщиной до 100 мм по фундаментной плите. На момент обследования стяжка находилась в сильно увлажненном состоянии, а между фундаментной плитой и стяжкой наблюдалось скопление и просачивание воды по стыку. На отдельных участках уровень воды над стяжкой превышал 0,05 м. В стяжке были обнаружены трещины и подъем отдельных участков пола, вызванные давлением воды, фильтрующейся через фундаментную плиту. Для откачки воды с поверхности пола подвала и из под стяжки, в конструкции пола выполнены окна и дренажные каналы, а в фундаментной плите – приемки, в которые установлены водозаборники водяных насосов (рис. 1). Процесс откачки воды осуществлялся непрерывно.

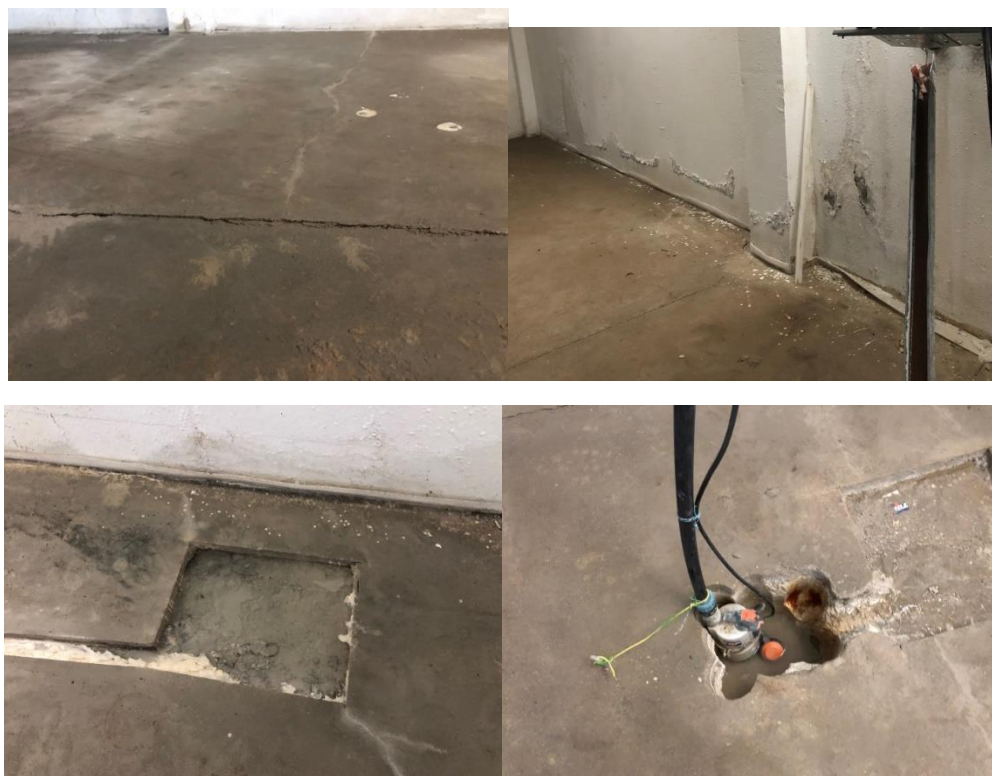


Рис.1. Трещины в конструкции пола подвала; увлажнение фактурного слоя стен подвала; дренажные каналы в стяжке и окна в фундаментной плите для откачки фильтрующейся воды

Fig. 1.

Стены подвала выполнены из тяжелого бетона с проектным классом бетона В25. Толщина стен подвала – 200 мм. Снаружи подвала предусмотрена усиленная гидроизоляция стен. Просачивание воды с отслоением фактурного слоя наружных стен подвала наблюдалось на отдельных участках на высоте до 1,2 м от поверхности стяжки (рис. 1). Исследования водонепроницаемости бетона показало разброс параметров с наличием участков с водонепроницаемостью W0 и W6 (в проекте марка бетона по водонепроницаемости не указана).

Прочность бетона стен подвала определялась в трех выбранных точках тремя методами: методом упругого отскока (электронным склерометром), ультразвуковым методом, методом отрыва со скалыванием. В соответствии с исследованиями, класс бетона стен подвала по прочности составил не менее В25.

Таким образом, было установлено, что фильтрация грунтовых вод в подвальное помещение здания происходит через фундаментную плиту, стены подвала и конструкцию сопряжения плиты и стен, что способствовало повышению влажности и в дальнейшем могло привести к нарушению санитарно-гигиенических условий не только в подвале, но и в здании в целом.

Исследования, основанные на изучении отчета об инженерно-геологических изысканиях, измерение отметок уровня воды в здании и в колодцах инженерных коммуникаций, а так же изучение уровня воды в траншеях, выполненных для установки системы дренажа, показали, что превышение уровня воды в подвальном помещении отметок уровня грунтовых вод, определенных при инженерно-геологических изысканиях, связано с потоко-струйчатым характером грунтовых вод с неравномерным распределением микропотоков по территории и различными отметками уровня воды в них. В данных условиях при ограниченном количестве скважин сложно верно определить уровень грунтовых вод, который установится в границах разрабатываемого котлована. При засыпке пазух дренирующим материалом уровень грунтовых вод во многом определяется максимальным уровнем из перерезанных котлованом микропотоков. Кроме того, через пазухи котлована, траншеи с коммуникациями, засыпанные дренирующим грунтом, происходит сообщение микропотоков, в результате чего уровень грунтовых вод у стен подвала может определяться уровнем воды перерезанных потоков на территориях, удаленных от здания.

Следует обратить внимание на то, что уровень грунтовых вод на участках контакта грунта засыпки со стенами подвала может изменяться в процессе эксплуатации здания при прокладке траншей для устройства коммуникаций, выполнении земляных работ и т.д., как понижаясь, так и повышаясь. Эти

же искусственные каналы распространения грунтовых вод могут способствовать подтоплению строительных объектов водами техногенного характера.

Основными проблемами проектирования инженерной защиты здания от подтопления при потоко-струйчатом характере грунтовых вод являются:

- Неустановленный в большинстве случаев характер и направление движения грунтовых вод;
- Отсутствие данных о максимально возможной величине их подъема;
- Отсутствие данных о возможности поступления напорной воды из слоев грунта, расположенного ниже фундаментной плиты.

Для предотвращения подтопления обследованного здания, обеспечения работоспособного технического состояния подземных конструкций, безопасных условий эксплуатации здания, нормативных санитарно-гигиенических условий в подвале здания были разработаны следующие мероприятия:

- выполнение вокруг здания системы кольцевого перехватывающего дренажа несовершенного типа с отведением грунтовых вод за пределы территории в систему дренажной канализации;
- пропитка фундаментной плиты и стен подвала со стороны внутреннего пространства гидроизоляционным составом после понижения влажности конструкций и демонтажа стяжки пола;
- устройство ответвлений дренажа к эксплуатируемым коммуникационным колодцам;
- устройство в фундаментной плите скрытых колодцев для сбора и аварийного сброса воды, контроля ее притока при ремонте либо выходе из строя дренажной системы;
- антигрибковая обработка конструкции пола, стен и низа перекрытия подвала;
- устройство в подвале дополнительной вытяжной принудительной вентиляции для понижения влажности воздуха в помещениях подвала;

Кольцевой дренаж для понижения и отведения грунтовых вод за пределы территории был выполнен на расстоянии 1,5 – 2,0 м от наружных стен здания, что связано с рядом причин, а именно: конструктивными особенностями здания и необходимостью сохранением отмостки и наружных эвакуационных лестниц; стремлением минимизировать воздействия на основание здания в процессе выполнения земляных работ и др. Для ускорения процесса удаления воды из щебенистой подготовки под фундаментной плитой, в ее направлении были выполнены ответвления от конструкции дренажа (рис. 2).

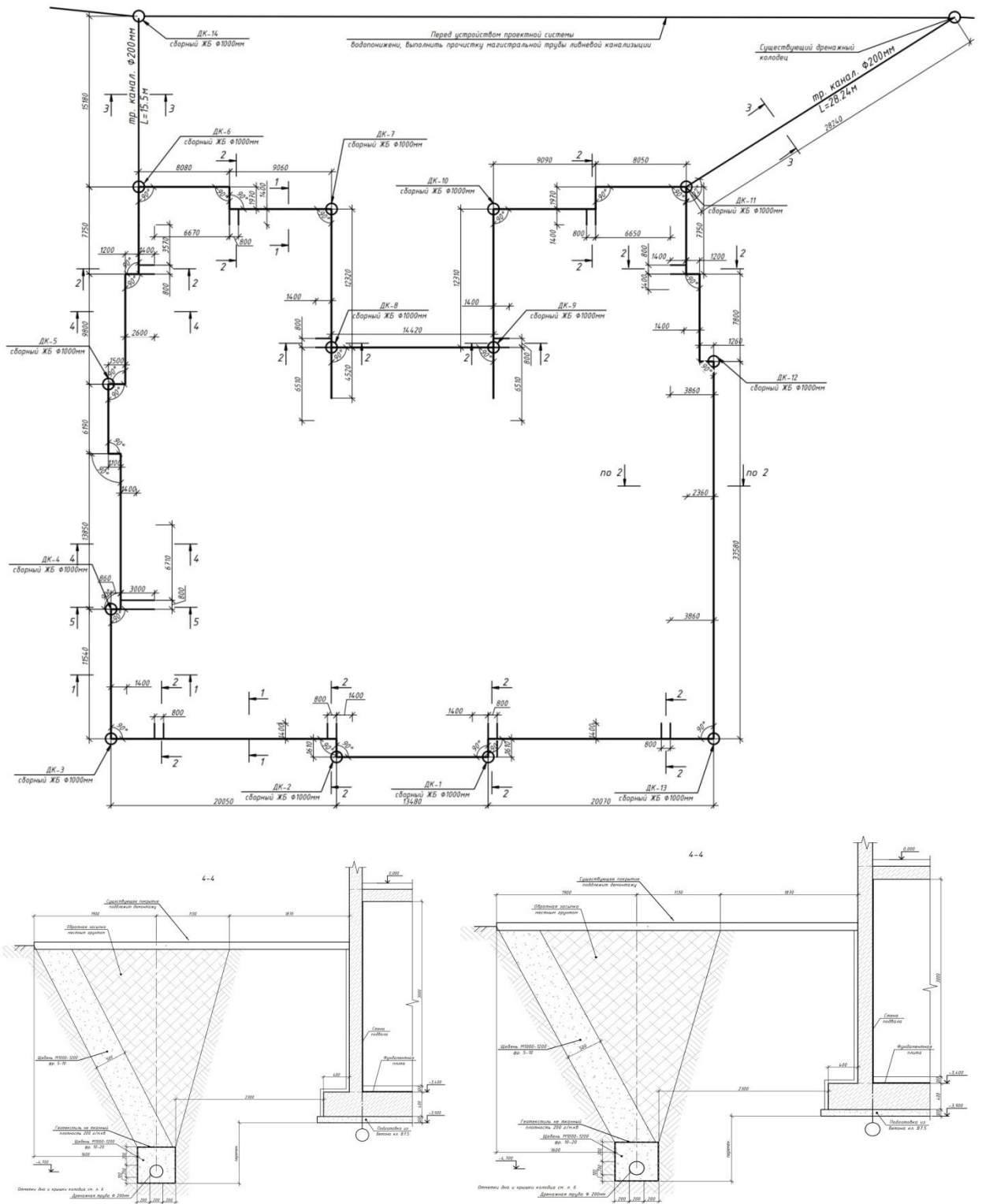


Рис. 2. Конструкция дренажа для защиты от подтопления здания в г. Джанкой

Fig. 2.

По предварительным расчетам необходимый диаметр дренажа составил 150 - 200 мм в зависимости от места расположения. Были использованы пластиковые дренажные трубы с инвентарными ревизионными дренажными колодцами. Перехватывающий дренаж со сбором воды по всей грунтовой толще до дренажной трубы

был применен в связи с тем, что на территории отсутствует единое зеркало грунтовых вод, а микролокалы расположены на различных отметках. Отметки дна колодцев приняты не менее чем на 500 мм ниже отметки подошвы фундамента здания.

Как показал мониторинг работы запроектированной и возведенной системы

дренажа, в течении короткого периода произошло понижение уровня воды в грунте засыпки пазух котлована, влажность конструкций подвальной части здания снизилась до нормального уровня.

Таким образом, точно определить уровень грунтовых вод, который установится в процессе строительства в котловане, а в последствии – в засыпке его пазух, при потоко-струйчатом характере их движения на основе только инженерно-геологических изысканий с ограниченным количеством скважин достаточно сложно. Учитывая такие факторы, как: возможность наличия значительного количества микропотоков с разными отметками уровня воды на осваиваемом участке; высокую стоимость проведения инженерно-геологических изысканий; важность наличия точной информации о истинном уровне грунтовых вод в границах застройки, перед выполнением инженерно-геологических изысканий целесообразно выявление наличия потоков, пересекающих участок застройки и направление движения потоков. Это позволит определить рациональные места размещения скважин для более точного определения максимально возможного уровня грунтовых вод в месте устройства котлована. Для установления наличия потоков возможно использование георадаров, приборов ЕИЭМПЗ (естественного импульсного электромагнитного поля Земли).

При комплексном использовании таких методов, как метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли и метод естественного поля (ЕП), совместной интерпретации полученных результатов можно выявлять водоносные области в плане.

ВЫВОДЫ

Для Крымского полуострова характерно наличие территорий с потоко-струйчатым характером грунтовых вод, состоящих из микропотоков. Учитывая отсутствие единого водоносного горизонта на данных территориях, ошибки в определении максимального уровня подъема воды в котловане или грунта засыпки пазух приводит к подтоплению значительного количества зданий. Применение перехватывающего дренажа в совокупности с мероприятиями по гидроизоляции конструкций подземной части здания позволяет предотвратить подтопление зданий, предотвратить преждевременное повреждение строительных конструкций и ухудшение санитарно-гигиенических условий в здании. Повысить точность определения уровня грунтовых вод, который установится на участке размещения строительного объекта, позволяет использование таких современных методов исследования, как метод естественного импульсного электромагнитного поля Земли и метод естественного поля, а так же их совместное применение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дегтярев Б.М. Дренаж в промышленном и гражданском строительстве. – М.: Стройиздат, 1990. – 238 с.
2. Емельянов А.В., Клейман Д.Б. Водопонижение в гражданском и промышленном строительстве. – М.: Стройиздат, 1971. – 81 с.
3. Куранов Н.П., Муфтахов А.Ж., Шевчик А.П., Бывальцев И.М. Последствия подтопления застроенных территорий и способы их дренирования // Итоги науки и техники: Гидрогеология. – М.: Изд-во ВИНТИ, 1991. – Т.13. – 130 с.
4. Пономаренко Ю.В., Анпилов В.Е. Лучевой дренаж застроенных территорий. – М.: Недра, 1989. – 198 с.
5. Прогнозы подтопления и расчёт дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях / ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с. – (Справочное пособие к СНиП).
6. Разумов Г.А. Проектирование и строительство горизонтальных водозаборов и дренажей. – М.: Стройиздат, 1988. – 240 с.
7. Современные методы обследования зданий /Н.Г. Смоленская, А.Г. Ройтман В.Д., Кириллов и др.-Изд. 2-е испр. И доп. – М.: Стройиздат, 1979.-148с.
8. Чернега Л.Г. и др. Экономическая оценка последствий подтопления на урбанизированных территориях // Гидрогеологические прогнозы при защите территорий от подтопления. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1988. – С. 48-53.
9. Эггельсманн Р. Руководство по дренажу / Пер. с нем. – М.: Колос, 1984. – 247 с.
10. Optimal design of detention and drainage channel systems// Bennett M.S., Maus L.W. J. of Water Resources planning and Manadenent, 1985, vol III, № 1. Англ.

REFERENCES

1. Degtyarev B.M. Drainage in industrial and civil engineering. - M.: Stroyizdat, 1990. -- 238 p.
2. Emelyanov A.V., Kleiman D.B. Water reduction in civil and industrial engineering. - M.: Stroyizdat, 1971. - 81 p.
3. Kuranov N.P., Muftakhov A.Zh., Shevchik A.P., Byvaltsev I.M. Consequences of flooding of built-up territories and methods of their drainage // Results of science and technology: Hydrogeology. - M.: Publishing house of VINITI, 1991. - T.13. - 130 p.
4. Ponomarenko Yu.V., Anpilov V.E. Radiation drainage of built-up areas. - M.: Nedra, 1989. -- 198 p.
5. Flood forecasts and calculation of drainage systems in built-up and built-up areas / VNI VODGEO. - M.: Stroyizdat, 1991. -- 272 p. - (Reference manual to SNiP).
6. Razumov G.A. Design and construction of horizontal water intakes and drains. - M.: Stroyizdat, 1988. -- 240 p.

7. Modern methods of inspection of buildings / N.G. Smolenskaya, A.G. Roitman V.D., Kirillov et al. 2nd fix And add. - M.: Stroyizdat, 1979.-148s.

8. Chernega L.G. and other Economic assessment of the effects of flooding in urban areas // Hydrogeological forecasts for the protection of territories from flooding. - M.: VNII VODGEO, 1988.-- S. 48-53.

9. Eggelsmann R. Guide for drainage / Per. with him. - M.: Kolos, 1984.- 247 p.

10. Optimal design of detention and drainage channel systems // Bennett M.S., Maus L.W. J. of Water Resouces planning and Manadenent, 1985, vol III, No. 1. Eng.

EXPERIENCE OF DESIGNING PROTECTION OF THE EXISTING BUILDING FROM FLOODING UNDER THE FLOW-STRIKED CHARACTER OF UNDERGROUND WATERS UNDER THE CRIMEA

Diakov I.M., Diakov A.I.

Summary The reasons and features of the flooding of existing construction projects under the flow-jet nature of groundwater in the geotechnical conditions of Crimea are considered. The results of a survey of a building in the city of Dzhankoy, which is in a state of flooding, are presented. The reasons for the flooding of the building and the mismatch of the groundwater level determined during engineering and geological surveys, the water level in the backfill of the pit are revealed. The reasons for water entering the basement of the building are determined. The problems and features of protection against flooding of existing buildings in the considered conditions are analyzed. The experience of protecting a building in Dzhankoy from flooding by means of a ring intercepting drainage device is given and recommendations are given for designing a protection system.

Subject: features of flooding of existing buildings with the stream nature of groundwater in the engineering and geological conditions of Crimea, design features of engineering protection of existing buildings from flooding, taking into account the topography and design features of buildings.

Materials and methods: survey results of buildings during flooding by stream character, methods of observation, analysis, synthesis.

Results: the studies made it possible to identify the reasons for the mismatch of the groundwater level established during engineering and geological surveys, the real water level in the backfill of the pit, to determine the causes of water entering the basement of the building. Using an example of a real object, some features of the flooding of buildings with the flow-jet nature of groundwater in the engineering and geological conditions of the Crimea were revealed. The approaches to the protection of existing buildings from flooding and the design of an annular intercepting drainage, the effectiveness of which has been experimentally determined, have been developed.

Conclusions: the research results can be used in the development of projects to protect existing buildings from flooding in the territory with streaming nature of groundwater. Recommendations for determining the groundwater level at the construction site in the backfill soil should be taken into account when performing geotechnical surveys and choosing methods for protecting the designed buildings from flooding.

Key words: flooding, groundwater, drainage, stream nature of groundwater.

УДК 69.059.2

МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ДЕТСКИХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА НА ПРИМЕРЕ ЗДАНИЯ ДЕТСКОГО САДА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ПГТ. ФОРΟΣ Г.ЯЛТА

Суббота И.Л., Сандулов Я.П.

Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «КФУ им. Вернадского», 4,
ул. Киевская, 181, г. Симферополь, 295943
pb.zheneva@mail.ru, yaroslav_sandulov@mail.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Крым находится на краю одной из глобальных сейсмоактивных структур – тектонически активной зоны альпийской складчатости. Поэтому сейсмическая опасность в Крыму является фактором, действовавшим миллионы лет в прошлом, и остается постоянно угрожающим фактором на сегодняшний день. Эпицентры наиболее сильных землетрясений находятся на дне моря на расстоянии более 15-20 км от берега. В связи с этим, интенсивность воздействия на суше в среднем составляет 8 баллов. Однако грунтовые условия создают возможность локального усиления макросейсмического эффекта на отдельных участках прибрежной зоны до 9 баллов. Именно в таких условиях располагаются многие объекты детских специализированных учреждений, что подразумевает особый контроль за их текущим техническим состоянием.

На сегодняшний день мониторинг технического состояния объектов детских специализированных учреждений, в том числе детских садов, школ и яслей, располагающихся в прибрежной зоне Крымского полуострова, в Крыму практически не проводится, хотя он даёт возможность определить дополнительные факторы защиты объекта в сложных инженерно-геологических условиях. Эти данные могут снизить шансы возникновения чрезвычайных ситуаций на объекте, во время его эксплуатации. Проблема проведения мониторинга технического состояния объектов детских специализированных учреждений, в том числе детских садов, школ и яслей, располагающихся в

прибрежной зоне, является для Крымского полуострова достаточно актуальной. На сегодняшний день в Крыму насчитывается более 250 детских садов и более 230 школ.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Обзор современных методов мониторинга технического состояния объектов капитального строительства приведён в [4,6]. Данные инженерно-геологических условий объекта исследования взяты из архивных источников и данных инженерно-геологических изысканий из отчёта [3]. Систематические исследования на данном объекте, в настоящее время, не проводятся в связи с ограниченным доступом на территорию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалами для исследования является отчёт по результатам инженерно-геологических изысканий на территории детского сада по адресу РФ РК г. Ялта, пгт. Форос, ул. Космонавтов, д.8.[3]. Методом исследований является неразрушающий метод контроля прочностных характеристик конструктивных элементов здания [5, 7, 8, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Участок застройки, обследуемого здания детского сада расположен по адресу РФ РК г. Ялта, пгт. Форос, ул. Космонавтов, д.8. (рис. 1). Рельеф территории участка имеет общий уклон к югу.



- Местоположение участка обследуемого объекта.

Рис. 1. Фрагмент ситуационного плана зданий детского сада (корпусы А и А1); г. Ялта, пгт Форос. ул. Космонавтов, д.8.



Рис. 2. Топографическая съемка участка территории масштаба 1:500, СК – 63, выполненная ООО «Севгеопартия».

По результатам данных инженерно-геологических изысканий территории [1,2], в геологическом строении территории коренными грунтами являются породы таврической серии (ТЗ+J1), представленные аргиллитами и песчаниками. Выше залегают оползневые образования средневрхнечетвертичного возраста (фр QII-III). Литологически толща оползневых

образований неоднородна и представлена дресвянощебенистыми и суглинистыми грунтами с крупными глыбами известняков, реже песчаников. В толще оползневых грунтах встречены блоки аргиллитов, вовлечённых в оползневой процесс. Оползневые образования перекрыты насыпными грунтами (t Q IV) мощностью до 2м. [2].

В геоморфологическом отношении участок расположен в пределах нижней части обширной современно-верхнечетвертичной стабилизировавшейся Форосской оползневой системы (др Q III-IV). Головная часть её уходит за автотрассу Севастополь-Ялта, западная часть проходит через пгт Форос, восточная - через

территорию пансионата, южная уходит под уровень моря, а на суше ограничена береговой линией (рис. 2)

Гидрогеологические условия характеризуются наличием подземных вод, на отметках 11,0-21,3м. Направление движения подземных вод вниз по склону, с севера на юг [3] (рис. 3-4)

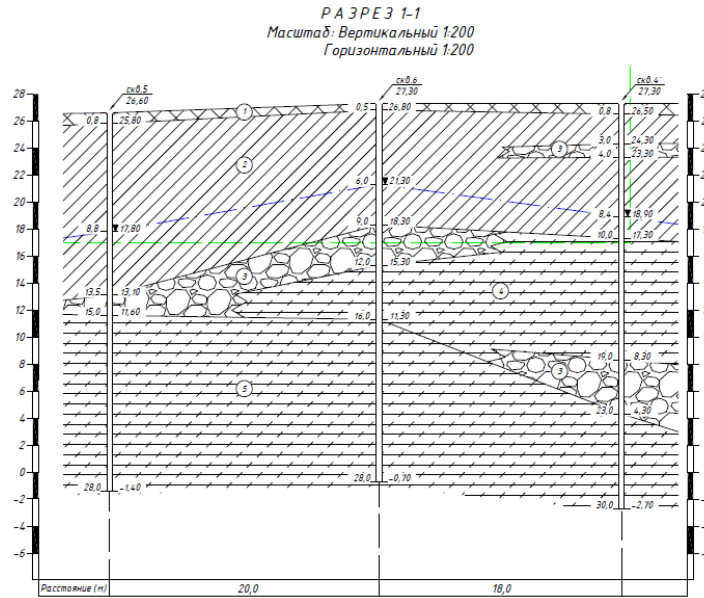


Рис. 3. Инженерно-геологический разрез 1-1.

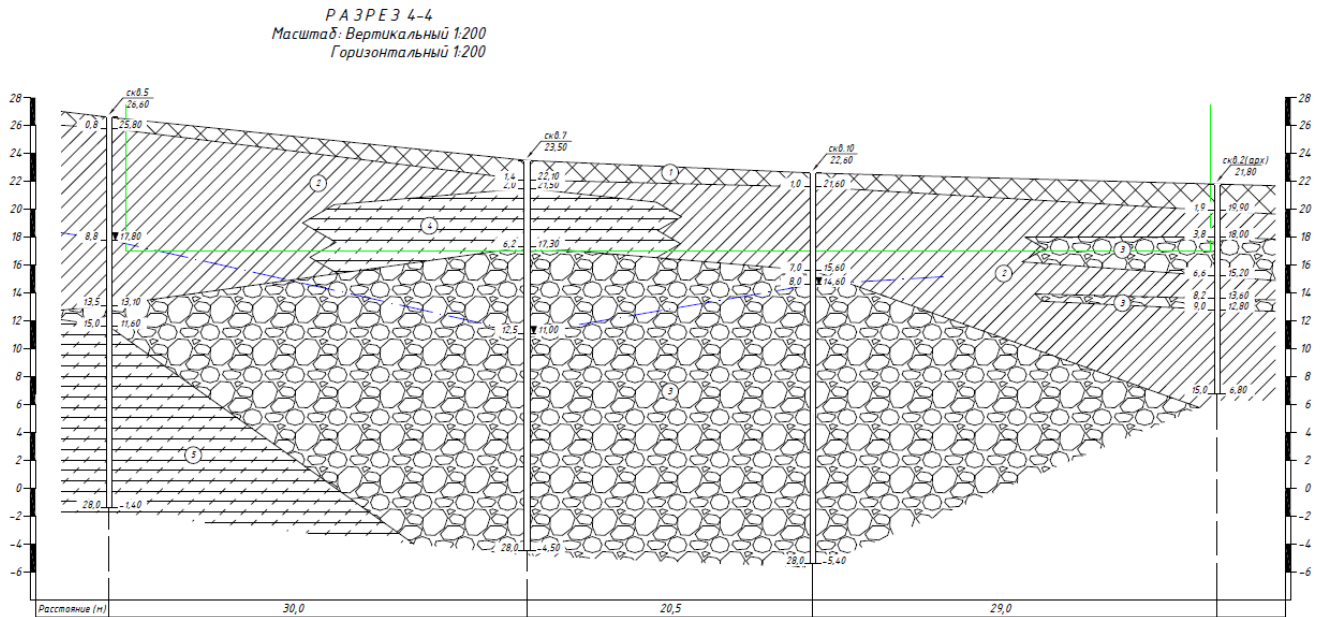


Рис. 4. Инженерно-геологический разрез 4-4.

По данным инженерно-геологических изысканий территории, участок сложен: техногенно-насыпными грунтами из крупнообломочного материала (щебень, дресва и глыбы известняка), строительного мусора, суглинков тёмно-коричневого цвета. Насыпные грунты сформировались при планировке площадки и имеют повсеместное распространение. Мощность насыпных грунтов составляет 0,5-2,0м., суглинками тёмно-бурого цвета, с включением щебня, дресвы и

глыб мраморизованных известняков темносерого цвета. Количество включений неравномерно по слою и достигает 35 %. В толще отмечаются отдельные обломки аргиллитов и алевролитов, крупнообломочными грунтами - щебенисто-дресвяные из щебня, дресвы, крупных глыб мраморизованных известняков коричневого и тёмно-серого цвета, песчаников, аргиллитов и алевролитов с суглинистым наполнителем тёмно-коричневого цвета от 15 до 35%.

Крупнообломочные грунты встречены всеми скважинами в виде слоёв мощностью от 0,8 до 20,5 м, аргиллитами (смещённые блоки) коричневатого цвета, перемятые до суглинка с включением щебня, иногда прослоев алевролитов. Мощность смещённых блоков по вертикали составляет 1,2 - 8,0 м. Аргиллиты голубоватого цвета, трещиноватые, с включением прослоев песчаников и алевролитов. Максимальная вскрытая мощность слоя составляет 13,0 м.

В пределах участка застройки обнаружены специфические грунты - техногенные грунты [3].

В соответствии с частью III [12] к техногенным грунтам отнесены насыпные грунты. Насыпные грунты сформировались за счёт неорганизованной отсыпки в виде отвалов грунтов с дальнейшей планировкой. Исходные материалы представлены крупнообломочными грунтами (щебень, дресва и глыбы известняка), с примесью строительного мусора, суглинков. Характерной особенностью насыпных грунтов является неоднородность гранулометрического состава как в площадном

распространении, так по глубине. Мощность насыпных грунтов различна и составляет от 0,5 до 2,0 м. Насыпные грунты присутствуют повсеместно.

По результатам инженерно-геологических изысканий, категория сложности инженерно-геологических условий исследуемой площадки в соответствии с приложением к [12] часть I-III (сложная).

Исследуемый объект существует с 1969-го года. В 1969 году было возведено трёхэтажное здание под детский сад. Позднее, детский сад был переведён в статус детского комбината. В 1982 году был введён в эксплуатацию второй корпус (четырёхэтажное здание). На данный момент детский садик объединён в учебно-воспитательный комплекс и состоит в УВК как дошкольное учреждение.

Первый корпус (А) представляет собой двухэтажное здание прямоугольного сечения в плане (рис. 5). Конструктивная схема здания – бескаркасная с несущими продольными стенами. Второй корпус (А1) имеет три этажа с аналогичной конструктивной схемой (рис. 6).

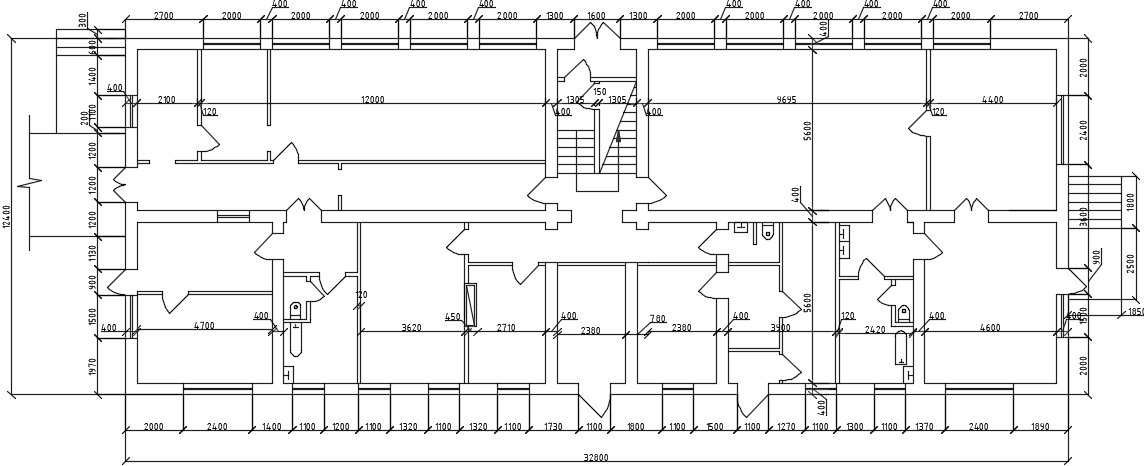


Рис. 5. Схема плана 1-го этажа корпуса А.

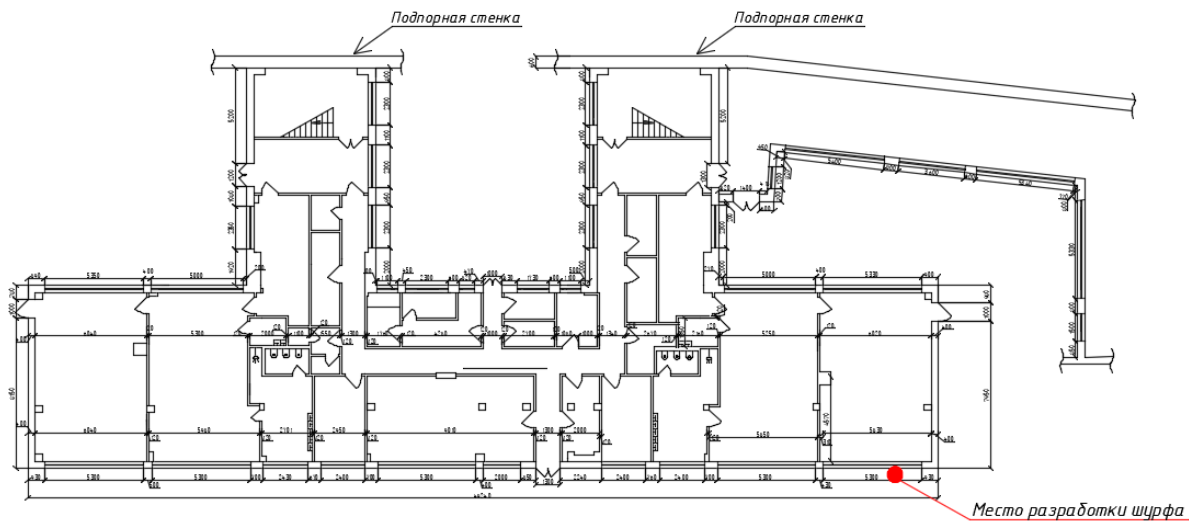


Рис. 6. Схема плана 1-го этажа корпуса А1.

Обследование проводилось в два этапа. Первый этап был выполнен в ноябре 2018 года, второй этап в мае 2019 года.

При обследовании конструкций здания применялись неразрушающие механические методы определения прочности бетона, а именно, определение прочности бетона непосредственно в конструкции при локальном механическом воздействии на бетон - упругий отскок. Метод упругого отскока основан на связи прочности бетона со значением отскока байка от поверхности бетона (или прижатого к ней ударника) [8]. Обследование проводилось с использованием склерометра Ectha 1000 (молоток Шмидта). Прочность бетона определялась на участках конструкций, не имеющих видимых повреждений (отслоение защитного слоя, трещины, каверны и

т.п.), испытания проводились при положительной температуре бетона в соответствии с температурой, предусмотренной условиями эксплуатации приборов. В результате проведенных девятикратных испытаний была определена прочность материалов фундамента – бетона 35МПа. Согласно результатам испытаний, прочность бетона на двух фрагментах ленточного фундамента составила 20МПа, что соответствует классу бетона В20 [5, 6, 8].

В соответствии с п. 5.2 Обследование технического состояния оснований и фундаментов [7], для исследования грунтов основания было произведено устройство шурфа у подошвы фундамента размерами 0,7*0,7*1м (рис. 7). Расположение шурфа на объекте представлено на рис. 6.



Рис. 7. Начальный этап разработки шурфа.

Фундаменты здания выполнены ленточными, бутобетонными. Техническое состояние грунтов основания и фундаментов, при фактически действующих нагрузках, относится к категории от *ограничено-работоспособного* состояния до *работоспособного* состояния [6].

Обследование показало, что ограждающие конструкции стен, выполнены из природных камней ракушечника на цементно-известковом растворе, перегородки выполнены кирпичными на цементно-известковом растворе. Толщина наружных несущих

стен – 400 мм, внутренних стен и перегородок – 250-120 мм. Отделка наружных стен – цементно-известковая штукатурка, с покрытием фасада здания водэмульсионной фасадной краской. Внутренние покрытия стен –штукатурный слой известково-цементный, масляные краски, керамическая плитка, известковая побелка.

Визуальное обследование выявило следующие основные дефекты несущих стен: многочисленные волосяные трещины в штукатурном слое, разрушение с отслоением штукатурного слоя на

отдельных участках, отслоение облицовочного покрытия стен, появление высолов из раствора и стенового материала, промерзание фрагментов штукатурки, частичное отсутствие штукатурного слоя, выпучивание штукатурки, недостаточная прочность материалов, глубокие трещины раскрытием до 50мм.

Визуальный осмотр конструкций внутренних стен и перегородок выявил характерные для кирпичных стен дефекты и повреждения, наиболее распространенные из них следующие: многочисленные волосяные трещины в штукатурном слое, отпадание облицовочного покрытия и штукатурного слоя, фрагментарно пробитые и незаделанные отверстия, ниши, борозды, частичное отсутствие штукатурного слоя, выпучивание штукатурки, недостаточная прочность материалов.

Одним из наиболее распространенных причин ускоренного износа стен является периодическое их увлажнение в сочетании с температурными знакопеременными колебаниями. Проникание влаги в материал стен в результате сорбционного поглощения, находящимся на открытом воздухе, капиллярного всасывания или диффузии материалов при соприкосновении его с осадками, а также физико-химических процессов.

Техническое состояние материала каменных стен, при фактически действующих нагрузках, относится к категории от *работоспособного* до *ограниченно - работоспособного* состояния[7].

Состав полов определен детальным визуальным осмотром (вскрытия в ходе обследования не производились), который показал, что полы в здании выполнены: дощатыми, бетонными. Покрытие полов – масляные краски, линолеум, керамическая напольная плитка. В 2011 году была проведена замена покрытий линолеума.

Техническое состояние материала полов, при фактически действующих нагрузках, относится к категории *работоспособного* состояния[8].

Детальное визуальное обследование выявило, что конструкциями перекрытий над 1м и 2м этажами служат пустотные плиты ПК- 60.12 -8, толщиной 220мм. Отделка – шпаклевка с окраской водоземлюсионным составом. Наиболее распространёнными причинами дефектов и повреждений по характеру разрушений послужили причины физико-химического происхождения (окисление и коррозия от агрессивных жидких сред, повышенная влажность, температурные воздействия, биологические процессы).

На потолке второго этажа выявлены обширные следы протечек атмосферных осадков с кровли, которые в свою очередь, возникли вследствие значительного износа кровель и крыш, приводящее к регулярным протечкам атмосферных осадков и регулярное увлажнение конструкций перекрытий и стен. (в конце ноября 2018 г. была произведена замена кровельного материала (металлопрофиль, без замены конструкций деревянной кровли).

Основными дефектами и повреждениями перекрытий являются: протекание, чрезмерная влажность и сырость конструкций перекрытия, высолы на поверхности отделочного слоя в местах протечек, обнаружены начальные процессы коррозии арматуры. Характерные дефектов для конструкций перекрытий связанные с значительными прогибами в растянутой зоне, частых сотрясений перекрытий, вызываемых динамическими воздействиями не выявлены.

Техническое состояние конструкций перекрытий, при фактически действующих нагрузках, относится к категории *ограниченно-работоспособное* состояние[7, 8].

Осмотр показал - основные лестницы, служащие для подъема на второй этаж двухмаршевой формы из сборного железобетона, одномаршевые при спуске в подвал. Детальное обследование лестниц выявило, что конструктивные элементы лестниц в здании школы выполнены из несгораемых материалов, сборными железобетонными с опиранием на бетонные площадки по металлических косоурам. Техническое состояние конструкций лестниц, при фактически действующих нагрузках, относится к категории *работоспособного* состояния.

Также обследование показало, форма крыши у здания школы вальмовая, конструкция крыши - деревянная стропильная система с покрытием металлопрофильными волнистыми листами. Осмотр выявил систему наружного водостока по всему периметру здания. (в конце ноября 2018 г. была произведена замена кровельного материала (металлопрофиль, без замены конструкций деревянной кровли). Обследование выявило многочисленные следы протечек атмосферных осадков сквозь покрытие кровли на элементы конструкции перекрытия, которые не были устранены при проведении замены кровельного материала в конце ноября 2018г.

Осмотр выявил. что. была произведена замена кровельного материала (металлопрофиль) без замены конструкций деревянной стропильной системы крыши. Техническое состояние конструкций кровли, при фактически действующих нагрузках, относится к категории *исправное* состояние. Техническое состояние конструкций крыши, при фактически действующих нагрузках, относится к категории *ограниченно-работоспособное* состояние.

В части инженерного обеспечения была выявлена частичная замена инженерного обеспечения по всему объекту, полной замены оборудования не производилось. В системах водоснабжения и канализации была проведена частичная замена в 2011 году. На объекте в наличии автоматизированная система пожарной сигнализации. Элементы электроснабжения также были частично заменены. В качестве электропроводки используется *медь и алюминий*. В качестве системы отопления используются электрические радиаторы и водяное отопление

(поселковое центральное отопление). Электрические кабели не соответствуют действующим нормативным документам [10].

В соответствии с [11] п.14.9 в жилых и общественных зданиях» запрещается применение комплектных устройств, внутренние соединения которых выполнены с применением *алюминиевых* проводников. Техническое состояние инженерного обеспечения, при фактически действующих нагрузках, относится к категории от *недопустимого* до *ограниченно-работоспособного* состояния.

ВЫВОДЫ

1. На сегодняшний день мониторинг технического состояния объектов детских специализированных учреждений, в том числе детских садов, школ и яслей, располагающихся в прибрежной зоне Крымского полуострова, в Крыму практически не проводится, хотя он даёт возможность определить дополнительные факторы защиты объекта в сложных инженерно-геологических условиях. Эти данные могут снизить шансы возникновения чрезвычайных ситуаций на объекте, во время его эксплуатации. Проблема проведения мониторинга технического состояния объектов детских специализированных учреждений, в том числе детских садов, школ и яслей, располагающихся в прибрежной зоне, является для Крымского полуострова достаточно актуальной.

2. В геоморфологическом отношении участок исследования расположен в пределах нижней части обширной современно-верхнечетвертичной стабилизировавшейся Форосской оползневой системы, характеризующийся стабильной активной тектоникой [1, 2].

3. Техническое обследование объекта показало, что основными причинами дефектов и повреждений строительных конструкций и инженерного обеспечения послужил естественный износ, а также повреждений, возникших в результате длительного замачивания конструкций, в связи с протеканием кровли в сочетании с температурными знакопеременными колебаниями. Сейсмостойкость здания не обеспечена.

4. В результате исследования было определено, что здание специализированного детского учреждения нуждается в системном мониторинге технического состояния несущих и ограждающих конструкций с учётом влияния активной тектоники территории. В ходе проведения работ по мониторингу следует выполнять систематические наблюдения за деформациями отдельных конструкций, деформациями отдельных узлов и общими деформациями объекта.

5. При проведении мониторинга необходимо учитывать работу особо ответственных конструкций и узлов в условиях, не предусмотренных действующими нормами:

- повышенные нагрузки на несущие конструкции;

- воздействие на конструкции природных и техногенных факторов (перепад температур, ветровая и снеговая нагрузка, вибрация, авария, пожары).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н. Оползни Крыма. Часть 1. История отечественного оползневедения. – Симферополь: Апостроф, 1999. – 247 с.
2. Ерыш И.Ф., Саломатин В.Н. Оползни Крыма. Часть 2. Методы изучения оползней. – Симферополь: Апостроф, 1999. – 175 с.
3. Отчёт по результатам инженерно-геологических изысканий на территории детского сада по адресу РФ РК г. Ялта, пгт. Форос, ул. Космонавтов, д.8. – Симферополь: ООО «ГП КУГК», 2019. – 83 с.
4. Лыкова Н.А. Оценка технического состояния конструкций здания детского сада. / Н.А. Лыкова // Научно-практический электронный журнал Аллея Науки. – 2018. - №1(17) – 6 с.
5. Калинин В. М., Сокова С. Д., Топилин А. В. Обследование и испытание конструкций зданий и сооружений: учебник. – М.: ИНФРА-М, 2019. – 336 с.
6. Коробова О.А. Максименко Л.А. Обследование и мониторинг технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие. – М.: Издательство АСВ 2019. - 132 с.
7. ГОСТ 31937-2011 - Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 55 с.
8. ГОСТ 22690-2015 - Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2016. – 20 с.
9. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – М.: АО «ЦНИИПРОМЗДАНИЙ», 2004.– 38 с.
10. СП 76.13330.2016 - Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2017. –90 с.
11. ГОСТ 31565-2012 – Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014. – 8 с.
12. СП 11-105-97 Инженерно-геологические изыскания для строительства. - М.: ФГУП «Стандартинформ», 1997. – 84 с.SP 76.13330.2016 - Electrical installations of residential and public buildings. Rules for design and installation. - М.: FSUE “Standartinform”, 2017. - 90 p.

REFERENCE

1. Erysh I.F., Salomatin V.N. Landslides of Crimea. Part 1. The history of domestic landslide. - Simferopol: Apostrophe, 1999. - 247 p.
2. Erysh I.F., Salomatin V.N. Landslides of Crimea. Part 2. Methods of studying landslides. - Simferopol: Apostrophe, 1999. - 175 p.
3. Report on the results of engineering and geological surveys in the territory of the kindergarten at the address of the Russian Federation RK, Yalta, town. Foros, st. Cosmonauts, d.8. - Simferopol: LLC GP KUGK, 2019. - 83 p.
4. Lykova N.A. Assessment of the technical condition of the kindergarten building structures. / ON. Lykova // Scientific and practical electronic journal Science Alley. - 2018. - No. 1 (17) - 6 p.
5. Kalinin V. M., Sokova S. D., Topilin A. V. Inspection and testing of structures of buildings and structures: a textbook. - M.: INFRA-M, 2019. - 336 p.
6. Korobova O.A., Maksimenko L.A. Inspection and monitoring of the technical condition of building structures of buildings and structures. Tutorial. - M.: DIA Publishing House 2019. - 132 p.
7. GOST 31937-2011 - Buildings and structures. Rules for inspection and monitoring of technical condition. - M.: FSUE "Standartinform", 2014. - 55 p.
8. GOST 22690-2015 - Concrete. Determination of strength by mechanical methods of non-destructive testing. - M.: FSUE "Standartinform", 2016. - 20 p.
9. A guide to the inspection of building structures of buildings. - M.: TSNIIPROMZDANIY JSC, 2004. - 38 p.
10. SP 76.13330.2016 - Electrical installations of residential and public buildings. Rules for design and installation. - M.: FSUE "Standartinform", 2017. - 90 p.
11. GOST 31565-2012 - Cable products. Fire safety requirements. - M.: FSUE "Standartinform", 2014. - 8 p.
12. SP 11.105.97 - Geological engineering surveys for construction. - M.: FSUE "Standartinform", 2017. - 90 p.

MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF STRUCTURES OF CHILDREN'S SPECIALIZED INSTITUTIONS OF THE COASTAL ZONE OF THE CRIMEAN PENINSULA ON THE EXAMPLE OF A KINDERGARTEN BUILDING LOCATED IN THE VILLAGE. FOROS, YALTA

Subbota Inga, Sandulov Yaroslav

Summary The subject of the study is a technical examination of the state of bearing and enclosing structures of children's specialized institutions on the example of a kindergarten in the village. Foros on the street of Cosmonauts, d. 8. Geomorphologically, the site is located within the lower part of the extensive modern-upper Quaternary stabilized foros landslide system, characterized by stable active tectonics. The research was carried out by the non-destructive method of structural elements strength control. Technical inspection of the object showed that the main causes of defects and damage to building structures and engineering support was natural wear and tear, as well as damage resulting from prolonged soaking of structures, due to the flow of the roof in combination with temperature fluctuations. As a result of the study, it was determined that the building of a specialized children's institution needs systematic monitoring of the technical condition of bearing and enclosing structures, taking into account the influence of active tectonics of the territory. In the course of monitoring work, systematic observations should be made of the deformations of individual structures, deformations of individual units and General deformations of the object. Such monitoring of the technical condition of objects of children's specialized institutions, including kindergartens, schools and nurseries, located in the coastal zone of the Crimean Peninsula, in the Crimea will make it possible to determine additional factors of protection of the object in complex engineering and geological conditions.

Key word. Technical inspection of structures, monitoring of technical condition, children's specialized institutions.

УДК 627.41

ИСКУССТВЕННЫЕ ПРОНИЦАЕМЫЕ РИФЫ – НОВЫЙ ТИП БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В.М. Шахин

ООО «Гидротехника»

354004, г. Сочи, ул. Фундучная 65.

e-mail: gidrotehnika23@yandex.ru

Аннотация. В статье представлен анализ параметров различных волноломов, а также конструктивные особенности новых волногасящих сооружений в виде проницаемых искусственных рифов. Устойчивость и эффективность искусственных рифов были всесторонне изучены методами физического и математического моделирования.

Ключевые слова: волнолом, моделирование, проницаемые искусственные рифы.

Введение

В настоящее время для защиты морских берегов от размыва применяются берегозащитные сооружения (буны, волноломы), которые «работают» в прибойной зоне и вследствие этого подвергаются значительным волновым и механическим воздействиям, что нередко приводит к их преждевременным разрушениям.

Относительно недавно, 35-40 лет назад, широко распространенным берегозащитным сооружением был бетонный подводный волнолом. Километры таких волноломов были построены на кавказском побережье и в Крыму. Однако в 80-х годах прошлого века выяснилось, что эффективность таких сооружений чаще отрицательная, чем положительная, поэтому на ряде участках подводные волноломы с малым заглублением гребня были демонтированы. Альтернативным вариантом берегозащиты является отсыпка свободных пляжей без сооружений. Известны примеры успешной реализации этого метода: Геленджикская бухта, Таганрогский залив, побережье Абхазии, бухта Инал. Однако этот метод экономически целесообразен не всегда.

Цель статьи

Целью исследования являлось рассмотрение особенностей современных берегозащитных сооружений с учетом их воздействия на процессы волногашения и аккумуляции наносов.

Основная часть

Серьезные проблемы возникают при необходимости защиты от штормовых размывов песчаных побережий. Для песчаных побережий бетонные буны практически не применяются. Чаще всего применяются каменно-набросные буны. Но такие буны являются весьма материалоемкими, как правило малоэффективными и не вписываются в природный ландшафт.

В последние десятилетия в ряде стран Европы, а также Израиле, США и Японии для морских побережий широкое распространение получил метод берегозащиты с помощью прерывистых волноломов – рисунок 1. Конструктивно в большинстве случаев волноломы являются каменными – рисунок 2. К недостаткам каменного волнолома можно отнести достаточно большую материалоемкость и уязвимость на стадии строительства.



Рис.1 - Прерывистый волнолом

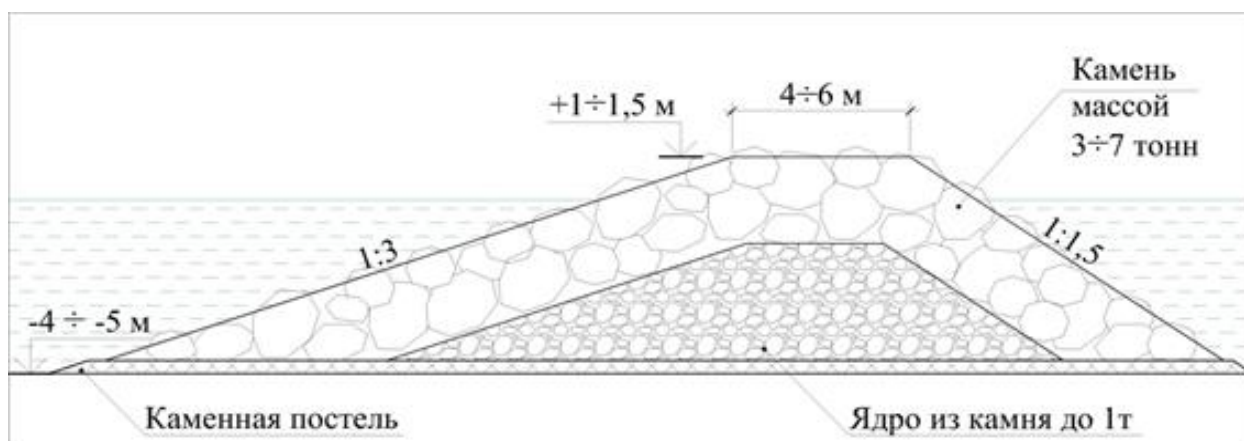


Рис.2. – Поперечный разрез волнолома

Материалоемкость волнолома можно существенно уменьшить и риски разрушений на стадии строительства практически исключить в случае применения нового типа волнолома – искусственного рифа [1] – рисунок 3.

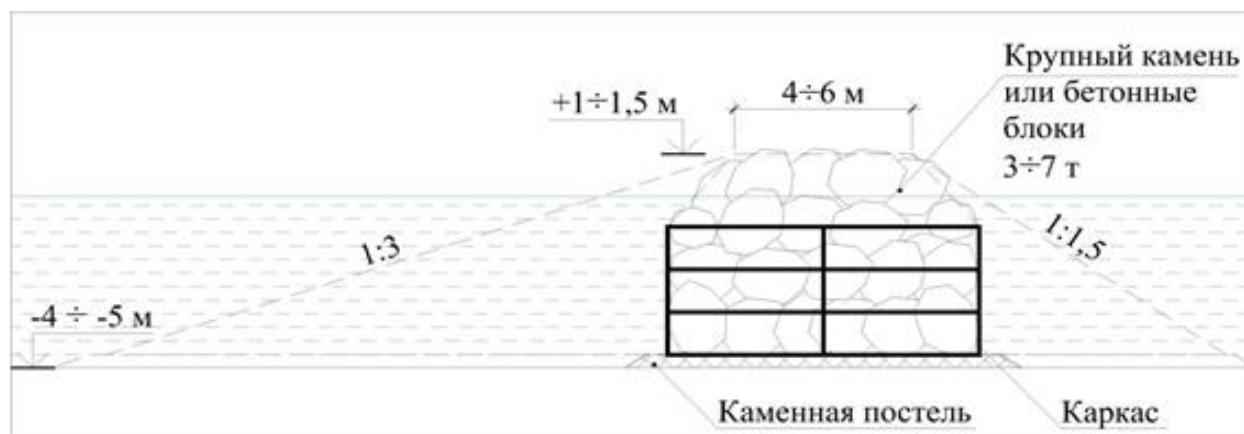


Рис.3 – Искусственный риф

Проницаемый волнолом обладает высокой устойчивостью, легко «укрощает» даже самые сильные штормовые волны и способен защитить берега и другие объекты.

Устойчивость и эффективность искусственных рифов были всесторонне изучены методами

физического и математического моделирования. На рисунке 4 иллюстрируется взаимодействие волн с искусственным рифом на физической модели в волновом лотке. Высота волн в опытах в пересчете на натурные условия составляла 6-8 метров.



Рис.4 – Проницаемый волнолом из камня и бетонных кубов

Влияние искусственных рифов на волнение, штормовые течения, динамику пляжа и водообмен исследовалось методом математического моделирования [2]. В качестве примера на рисунках 5, 6 иллюстрируются результаты расчетов волнения

в районе набережной им. Горького (г. Евпатория) при юго-юго-западном шторме без рифов и с рифами. Формируемые штормовым волнением поля течений представлены на рисунках 7, 8.

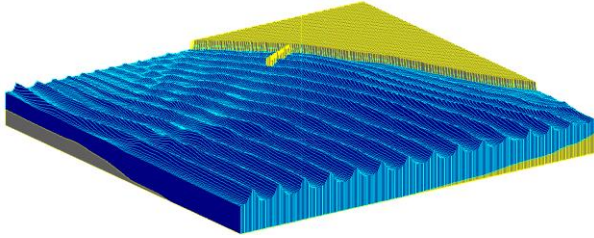


Рис.5 -- Вид волнения при шторме Ю-ЮЗ румба без рифов

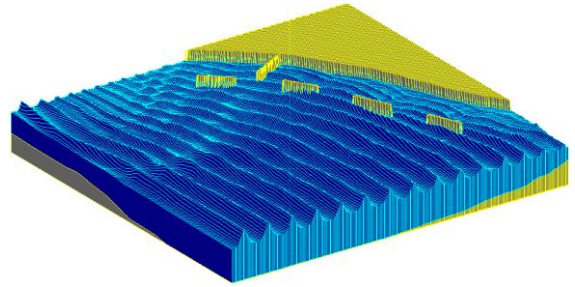


Рис.6 -- Вид волнения при шторме Ю-ЮЗ румба с рифами

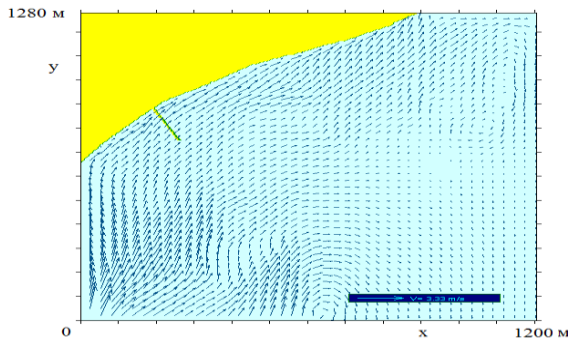


Рис.7 – Поле осредненных течений. Шторм Ю-ЮЗ румба без рифов

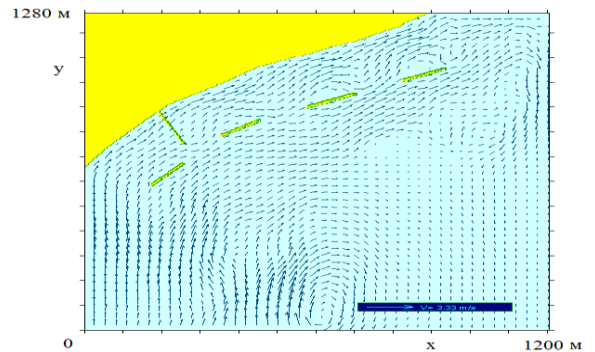


Рис.8 – Поле осредненных течений. Шторм Ю-ЮЗ румба с рифами

Результаты расчетов динамики песчаного пляжа иллюстрируются на рисунках 9-11.

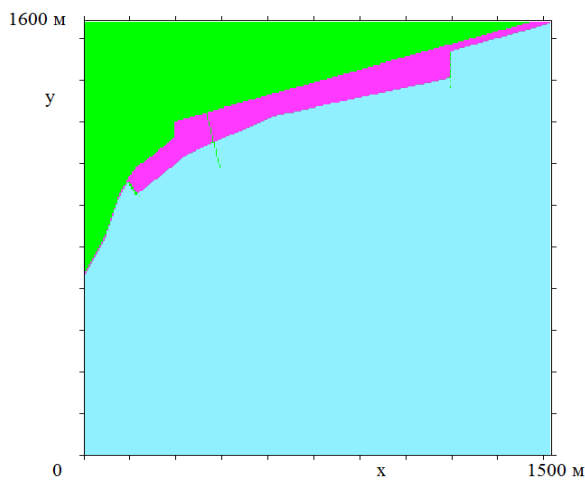


Рис.9 – Исходная отсыпка песчаного пляжа без рифов

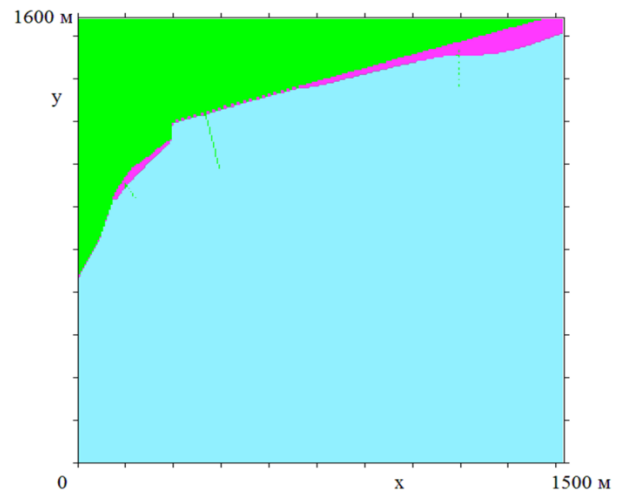


Рис.10 – Вид пляжа после 4÷5 лет эксплуатации без рифов

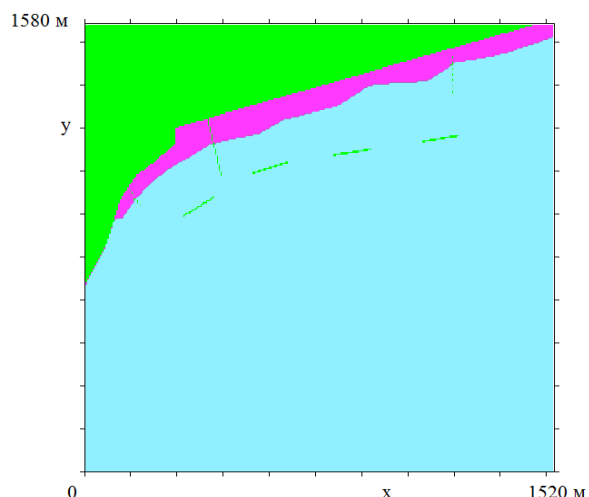


Рис.11 – Вид пляжа после 4÷5 лет эксплуатации с рифами

Таким образом, применение новых волногасящих сооружений в виде проницаемых искусственных рифов позволит кардинально изменить «лицо» морского берега. Пляж будет иметь естественный вид без поперечных гидротехнических сооружений и, вместе с тем, он в значительной степени будет защищен от штормовых размывов. За

искусственными рифами не будет формироваться застойных зон и водообмен в прибрежной акватории будет достаточно интенсивным даже при незначительном волнении или вдольбереговом течении.

Выводы

Искусственные рифы являются биопозитивными сооружениями, они будут способствовать повышению уровня вторичной продукции за счет развития мидиево-цистозирного биоценоза, в котором формируется как кормовая база, так и убежища для зоопланктона и рыб.

При строительстве искусственных рифов возрастает относительная поверхность донных биотопов, которые играют ключевую роль в процессах биологического самоочищения вод в прибрежных районах.

В целом, строительство таких сооружений позитивно скажется на экологическом состоянии морской воды за счет биологического потребления излишков антропогенной органики.

Список литературы

1. Патент на изобретение RU №2200789, 2002 г. Проницаемое волногасящее сооружение.
2. Шахин В.М., Шахина Т.В. Моделирование трансформации волн и течений в прибрежной зоне моря. //Океанология. - 2000. - Т.40, № 5. - С. 653-657

ARTIFICIAL PERMEABLE REEF - A NEW TYPE OF WATERPROOF STRUCTURES

V.M. Shakhin

LLC «Hydrotechnica»

Annotation. The article presents an analysis of the parameters of various breakwaters, as well as the design features of new wave-suppressing structures in the form of permeable artificial reefs. The sustainability and effectiveness of artificial reefs have been comprehensively studied using methods of physical and mathematical modeling.

Key words: breakwater, modeling, permeable artificial reefs

СПИСОК АВТОРОВ

Ажержмачев С. Г., кандидат технических наук, доцент кафедры механики и сейсмостойкости сооружений Академии строительства и архитектуры Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, г. Симферополь.

Ангелиук И.П., старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Бахтина Т.А., кандидат технических наук, доцент, кафедры строительного инжиниринга и материаловедения Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, г. Симферополь.

Бахтин А.С., кандидат технических наук, доцент, кафедры строительного инжиниринга и материаловедения Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, г. Симферополь.

Белоокая Н.В., кандидат технических наук, доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет.

Борсук О.Ю. кандидат биологических наук, доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин, Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп

Бумага А.И., кандидат технических наук., доцент, ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Локтионова Е.А., кандидат технических наук, доцент, Инженерно-строительный институт, г. Санкт-Петербург

Гамаюнова О. С., старший преподаватель, ФГАОУ ВО «СПбПУ», г. Санкт-Петербург

Гвоздкова И.А. кандидат физико-математических наук, доцент, заведующая кафедрой высшей математики, статистики и информатики, ОУП ВО «Академия труда и социальных отношений»

Гвоздкова Ю.Д. аспирант ФГБОУ ВО «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ

Гутарова М.Ю., кандидат технических наук, ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Давыдов В.А. магистр второго года обучения ФГБУ ВО «Донской государственный технический университет»

Зайцев О.Н., доктор технических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Клинецов А.Н., магистрант, С(ТГВ) м-о-187, ФВРиЭ, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Козинец Г.Л., доктор технических наук, профессор, Инженерно-строительный институт, г. Санкт-Петербург.

Кузьменко О.А. старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Любомирский Н.В., доктор технических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Маслак А.С., старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Менумеров Р. М., канд. физ.-мат. наук, доцент, КИПУ, г. Симферополь

Меретуков З.А. докт. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой строительных и общепрофессиональных дисциплин, Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп

Мусорина Т.А., ассистент, Инженерно-строительный институт, г. Санкт-Петербург.

Неснов Д.В., доцент кафедры начертательной геометрии и инженерной графики, Донецкий национальный технический университет

Нестерова А.Н., кандидат технических наук, НИУ МГСУ

Панченко В.А. кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Российской университет транспорта (МИИТ)

Петриченко М.Р., доктор технических наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Первов А.Г. д.т.н., проф., профессор кафедры «Водоснабжения и водоотведения», НИУ МГСУ,

Саргсян А.Е., доктор технических наук, профессор, академик МАИ при ООН, начальник НИОДиС АО «Атомэнергопроект», г. Москва

Степанова С.В. к.т.н., доцент, доцент каф. «Инженерная экология», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Толстой М.Ю. кандидат технических наук., профессор, Иркутский национальный исследовательский технический университет

Трякина А.С. кандидат технических наук, ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

Федоркин С.И. советник РААСН, д.т.н., проф. Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, г. Симферополь.

Шаленный В.Т. доктор технических наук, профессор архитектурно-строительный факультета Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение) Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, г. Симферополь.

Юрченко В.Ю. магистр второго года обучения, ФГБУ ВО «Донской государственный технический университет»

ПАМЯТКА 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 ger_bilenko@cfuv.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 ger_bilenko@cfuv.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 ger_bilenko@cfuv.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 ger_bilenko@cfuv.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 ger_bilenko@cfuv.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. Информация об авторах статьи загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты ger_bilenko@cfuv.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))

Бланк экспертного заключения и Внешняя рецензия – загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты ger_bilenko@cfuv.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 В5 (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

- 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.