

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

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

№ 19(71) – 2020

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., советник РААСН, 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);

Гузненков 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., 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., д.т.н., проф. (ДГТУ, Ростов-на-Дону);

Пищулина В.В., советник РААСН, 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);

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

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 19(71) – 2020

научно-технический журнал

Печатается по решению научно-технического
совета ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
(протокол № 4 от 30.11.2020)

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 14.12.2020.

Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Гарнитура Times New Roman. Усл. -печ. л. 13.
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 2. Строительство

Дьяков И.М., Дьяков М.И., Барыкин Б.Ю. ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «ФУНДАМЕНТ-ОСНОВАНИЕ» ПРИ ВНЕЗАПНЫХ ДОГРУЖЕНИЯХ	5
Абаев З. К., Кодзаев М. Ю., Валиев А. Д. ОЦЕНКА ДЕФИЦИТА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ КИРПИЧНОЙ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ В СООТВЕТВИИ С АКТУАЛЬНЫМИ НОРМАМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	13
Валиахметова Ю.И., Важдаев К.В., Мартяшева В.А., Латыпова Т.В., Газизова Л.И., Шарафутдинов А.И., Ульмасов Р.Р. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИНАЦИЙ УТЕПЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА МЕЖДУ СТЕНОЙ И СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЬЮ ИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ	27
Новиков Н.С., Назиров Р.А., Жжонных А.М., Тараненко Д.В. ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ И МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ СОСТАВОВ С ДОБАВКОЙ МАТЕРИАЛА С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ФАЗОВЫМ СОСТОЯНИЕМ	37
Любомирский Н.В., Федоркин С.И., Бахтин А.С., Хмельницкий А.Л. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ г. СЕВАСТОПОЛЯ ПОСЛЕВОЕННОЙ ПОСТРОЙКИ 40-50-х ГОДОВ XX века	45
Чемодуров В.Т., Кузьменко О.А., Хитрук С.А. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЛЕТА ВИСЯЧЕГО МОСТА МЕТОДАМИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА	65

Раздел 3. Инженерное обеспечение

Борсук О.Ю., Меретуков З.А. КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ОБСЛУЖИВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОАО «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»	71
Цона Н. В., Дикарев А. Е. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ КРЫМА	85

Раздел 4. Экологическая безопасность

Бронский В.А., Солопова В.А., Байтелова А.И. ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ УРАЛ В РАЙОНЕ НЕОРГАНИЗОВАННОГО ПЛЯЖА СЕЛА ИЛЕК ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ	95
Холопцев А.В., Николенко И.В., Мельникова Н.С. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ В КРЫМУ И ЭЛЬ-НИНЬО ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ НА ПРИМЕРЕ СЕВАСТОПОЛЯ	105
Список авторов	119
Руководство для авторов	120

CONTENT

Section 2. Construction

<i>Diakov I.M., Diakov M.I., Barykin B.Y.</i> PLANNING OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE "FOUNDATION-BASE" SYSTEM IN CASE OF SUDDEN OVERLOADS	5
<i>Abaev Z. K., Kodzaev M. Yu., Valiev A. D.</i> ASSESSMENT OF THE SEISMIC RESISTANCE DEFICIT OF BRICK MASONRY CHIMNEY ACCORDING TO RELEVANT DESIGN CODES	13
<i>Valiakhmetova Yu.I., Vazhdaev K.V., Martyasheva V.A., Latypova T.V., Gazizova L.I., Sharafutdinov A.I., Ulmasov R.R.</i> RESEARCH OF VARIOUS COMBINATIONS OF WARMING SPACE BETWEEN A WALL AND A SANDWICH PANEL FROM MINERAL WOOL	27
<i>Novikov N.S., Nazirov R.A., ZHzhonykh A.M., Taranenko D.V.</i> WATER ABSORPTION AND FROST RESISTANCE OF CEMENT COMPOSITIONS WITH THE ADDITION OF PHASE CHANGE MATIRIALS	37
<i>Lyubomirskiy N.V., Fedorkin S.I., Bakhtin A.S., Hmelnitsky A.L.</i> PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF FINISHING MATERIALS OF BUILDINGS OF CULTURAL HERITAGE OF SEVASTOPOL OF POST-WAR CONSTRUCTION 40-50s OF THE XX CENTURY	45
<i>Chemodurov V.T., Kuzmenko O.A., Khitruk S.A.</i> DESIGNING THE SPAN OF A HANGING BRIDGE BY METHODS OF SYSTEM ANALYSIS	65

Section 3. Engineering Support

<i>Borsuk O.U., Meretukov Z.A.</i> CONCEPT OF USING MOBILE DEVICES IN THE MAINTENANCE OF BUILDINGS AND STRUCTURES OF JSC " RUSSIAN RAILWAYS»	71
<i>Tsopa N.V, Dikarev A.E.</i> PROSPECTS FOR RENEWABLE ENERGY FOR LOW-RISE BUILDINGS IN CRIMEA	85

Section 4. Environmental safety

<i>Bronsky V.A., Solopova V.A., Baitelova A.I.</i> ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE WATER QUALITY OF THE URAL RIVER IN THE AREA OF THE INORGANIZED BEACH OF THE ILEK VILLAGE, ORENBURG REGION	95
<i>Holoptsev A., Nikolenko I. V., Melnikova N. S.</i> PRECIPITATION IN THE CRIMEA AND THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION ON THE EXAMPLE OF SEVASTOPOL	105
<i>List of authors</i>	119
<i>Authors Guide</i>	120

Раздел 2. Строительство

УДК 624.151.5

ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ «ФУНДАМЕНТ-ОСНОВАНИЕ» ПРИ ВНЕЗАПНЫХ ДОГРУЖЕНИЯХ

Дьяков¹ И.М., Дьяков² М.И., Барыкин³ Б.ЮФГОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского». Академия строительства и архитектуры,
Адрес: г.Симферополь, ул. Киевская 181,¹karta3@mail.ru; ²dyakov2790@gmail.com; ³dekan.asf@mail.ru

Аннотация. Обоснована актуальность экспериментальных и теоретических исследований работы системы «фундамент-основание» при внезапных догружениях. Установлено, что внезапные догружения могут возникать как в аварийных ситуациях, так и в процессе нормальной эксплуатации. В качестве основного критерия внезапного догружения принята скорость дополнительного или основного (эксплуатационного) нагружения, которая выше, чем скорость перераспределения напряжений в основании. С целью выявления основных особенностей работы системы «фундамент-основание» и планирования дальнейших исследований проанализированы результаты предварительных экспериментов взаимодействия фундаментов с грунтовым основанием при внезапных догружениях. Описана принятая методика экспериментальных исследований, дана характеристика моделей фундаментов и силовой системы, использованной для испытаний. Определены некоторые особенности работы системы «фундамент-грунт» при внезапных догружениях. На основании проведенных опытов обоснована необходимость дальнейшего изучения работы системы «фундамент-основание» при внезапном нагружении и выполнено планирование экспериментов.

Предмет исследования: Особенности силового взаимодействия системы «фундамент-грунт» при внезапных догружениях. В основу исследований положена гипотеза, что внезапное догружение фундамента может приводить к изменению как параметров взаимодействия фундамента с основанием во времени, так и результата взаимодействия - несущей способности и осадки фундамента.

Материалы и методы: проанализированы литературные источники и результаты предварительных экспериментальных исследований, выполнено планирование экспериментов.

Результаты: Исходя из результатов предварительного эксперимента установлено, что воздействие на отдельно стоящий фундамент внезапного догружения, приводит к снижению несущей способности фундаментов при уменьшении общей осадки конструкции. При этом на несущую способность фундамента влияет величина нагрузки, действующей до внезапного догружения, и ее характер.

Выводы: Работа системы «фундамент-основание» при внезапных догружениях в настоящее время недостаточно изучена. Для детального выявления особенностей изменения характера силового взаимодействия фундаментов с грунтовым основанием при внезапных догружениях, необходимо проведение дальнейших экспериментальных исследований. Применение планирования экспериментальных исследований позволяет сократить количество необходимых экспериментов без существенной потери качества результатов.

Ключевые слова: фундамент, основание, внезапные догружения, контактные напряжения, аварийные нагрузки, перераспределение напряжений.

ВВЕДЕНИЕ

Внезапное догружение фундаментов, характеризующееся быстрым увеличением нагрузки, происходит как при аварийных воздействиях, таких как: повреждение одного или нескольких вертикальных несущих элементов здания, падение груза на перекрытие, взрыв, сейсмические воздействия, так и в процессе нормальной эксплуатации, например, при установке груза на краном на перекрытие, перемещении автомобиля по многоярусной стоянке и т.д.

Нормами расчета оснований и фундаментов, если нагрузка не носит явно выраженный динамический характер, скорость нагружения или продолжительность возрастания нагрузки не

учитывается. Вместе с тем система «фундамент-основание» состоит из компонентов, существенно отличающихся между собой по скорости реакции на нагружение. В связи с этим можно предположить, что внезапное догружение фундамента может приводить к изменению как параметров взаимодействия фундамента с основанием во времени, так и результата взаимодействия - несущей способности и осадки фундамента. Последствиями недоучета изменения силового взаимодействия системы «фундамент-грунт» при внезапном догружении могут быть: в условиях особых воздействий - неправильная оценка стойкости здания к прогрессирующему разрушению; в

условии нормальной эксплуатации – неравномерная осадка фундаментов и возможность преждевременного разрушения фундамента.

Цель работы – на основе анализа результатов предварительных экспериментальных исследований силового взаимодействия системы «фундамент-грунт» при внезапных догружениях выполнить планирование дальнейших экспериментальных исследований.

Задачи:

- рассмотреть и проанализировать результаты предварительных экспериментальных исследований силового взаимодействия фундаментов с грунтовым основанием при внезапных догружениях;
- выявить основные особенности поведения системы «фундамент-грунт» при внезапных догружениях;
- выполнить планирование дальнейших экспериментальных исследований в данной области.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Изучению поведения системы «фундамент-основание» посвящено значительное количество работ. В контексте проводимых исследований представляет интерес работы, посвященные моделям грунтового основания [1-4], распределению нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента [5, 6], работе фундаментов на продавливание и изгиб [7, 8]. В этих и других исследованиях выявлены особенности силового взаимодействия фундаментов с грунтовым основанием, разработаны методики расчета фундаментов и основания. Вместе с тем, влияние скорости нагружения либо времени увеличения нагрузки в процессе нагружения фундамента на особенности работы системы «фундамент-основание» не рассматривалось.

В последнее время много внимания уделяется учету аварийных нагрузок, предотвращению прогрессирующего обрушения зданий [9, 10]. При этом изменение характера работы системы «фундамент-грунт» при аварийных нагрузках не исследовалось и не учтено в методиках расчета.

В отдельных немногочисленных лабораторных штамповых испытаниях [11, 12] авторами отмечается влияния скорости нагружения на изменение напряженно-деформированного состояния грунтов, повышение их прочности и снижение деформаций. При этом работа основания при воздействии ударных и быстро нарастающих нагрузок рассматривалась в основном с точки зрения уплотнения грунта для дальнейшего строительства. В то же время, влияние быстро нарастающего нагружения на силовое взаимодействие фундаментов с основанием остается не изученным.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данных исследованиях под внезапным догружением понимается увеличение нагрузки на фундамент со скоростью, превышающей скорость полного перераспределения напряжений в грунтовой массе от увеличившейся внешней нагрузки.

При внезапном догружении с момента приложения дополнительной нагрузки к фундаменту до завершения процесса перераспределения напряжений в основании, система «фундамент-грунт» находится в изменяющемся во времени состоянии. В процессе трансформации эпюры нормальных контактных напряжений в основании происходит изменение усилий в конструкции фундамента. Продолжительность трансформации системы «фундамент-грунт» после увеличения внешнего усилия в наибольшей степени определяется характеристиками грунта основания, так как в нем процессы перераспределения усилий протекают значительно медленнее, чем в фундаменте. Например, в [6] отмечается, что формирование эпюры нормальных контактных напряжений в песчаном основании после приложения нагрузки на фундамент длится не менее 15-20 минут. Предполагается, что в рассматриваемом периоде времени параметры взаимодействия фундамента с основанием может значительно отличаться от выявленного в исследованиях при стабилизированном состоянии системы «фундамент-грунт», что соответственно приводит к временному изменению несущей способности фундамента и результирующего значения осадки фундамента.

Для выявления особенностей изменения силового взаимодействия фундаментов с грунтовым основанием в процессе внезапного догружения была проведена серия предварительных экспериментальных исследований. Для экспериментов использовался грунтовой лоток размерами 2,2 x 2,2 x 2,2 м, заполненный песком средней крупности (рисунок 1). Размеры моделей фундаментов в плане составляли 0,5 x 0,5 м, толщина плитной части - 0,07 м. В центральной части фундамента располагался фрагмент колоны сечением 0,1 x 0,1 м, высотой 0,1 м, монолитно сопряженный с плитой. Нагружение фундаментов осуществлялось пневмогидравлическим домкратом. Было испытано 5 моделей. В ходе экспериментов измерялись такие параметры, как: уровень внешней нагрузки, время догружения и величина нагрузки, осадка плиты фундамента и ее деформация, распределение нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента. Для фиксирования показаний приборов в процессе догружения применялся видеорегиистратор со скоростью записи 60 кадров/сек.



Рисунок 1. Испытание фундаментов в лотке
Fig. 1. Testing foundations in a tray

Эксперименты проводили со следующими режимами нагружения фундаментов:

модель 1: поэтапное нагружение конструкции центральной нагрузкой до разрушения фундамента с шагом нагрузки 10% от расчетной разрушающей, выдержкой нагрузки на каждом шаге не менее 15 минут;

модель 2: поэтапное нагружение конструкции центральной нагрузкой до усилия 50% от расчетной разрушающей нагрузки с шагом нагрузки 10%, выдержкой нагрузки на каждом шаге не менее 15 минут. Последующее быстрое догружение до разрушения модели;

модель 3: поэтапное нагружение конструкции центральной нагрузкой до усилия 75% от расчетной разрушающей нагрузки с шагом нагрузки 10%, выдержкой нагрузки на каждом шаге не менее 15 минут. Последующее быстрое догружение до разрушения модели;

модель 4: поэтапное многократное нагружение конструкции центральной нагрузкой до усилия 50% от расчетной разрушающей нагрузки с шагом нагрузки 10%, выдержкой нагрузки на каждом шаге не менее 15 минут. После 10-го циклического нагружения дальнейшее поэтапное нагружение образца до разрушения с шагом нагрузки 10% от расчетной разрушающей, выдержкой нагрузки на каждом шаге не менее 15 минут;

модель 5: поэтапное многократное нагружение конструкции центральной нагрузкой до усилия 50% от расчетной разрушающей нагрузки, с шагом нагрузки 10% от расчетной разрушающей, выдержкой нагрузки на каждом шаге не менее 15 минут. После 10 циклов нагружения быстрое догружение до разрушения модели.

Догружение моделей после статической нагрузки производили пневматической системой

пневмогидравлического домкрата с импульсной подачей каждого последующего усилия. Промежутки между импульсами нагрузки составляли не более 0,5 секунды. Средняя скорость подачи усилия догружения составляла 1,0 кН/сек. Импульсный характер подачи нагрузки был необходим для более точной фиксации результатов показания приборов и определения несущей способности фундаментов. Такой метод нагружения был обоснован и опробован в [11, 12]. Отсутствие существенного качественного влияния импульсной подачи усилий на результаты эксперимента, с одной стороны, объясняется медленным процессом перераспределения напряжений в грунте. С другой стороны, принятая средняя скорость нарастания нагрузок возможна при авариях каркасных зданий и не вызывает существенных динамических воздействий на основание, которые могли бы привести к структурным изменениям грунта.

При анализе экспериментов изучали влияние внезапного догружения на несущую способность фундаментов, осадку и распределение нормальных контактных напряжений под подошвой, выявляли роль в изменении силового взаимодействия фундаментов с основанием при внезапном догружении таких факторов, как уровень предварительного нагружения и наличие предварительных нагружений малоцикловыми нагрузками.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Все испытанные модели фундаментов разрушились от изгиба по нормальному сечению (рисунок 2). Опытные и расчетные значения разрушающей нагрузки представлены в таблице 1.

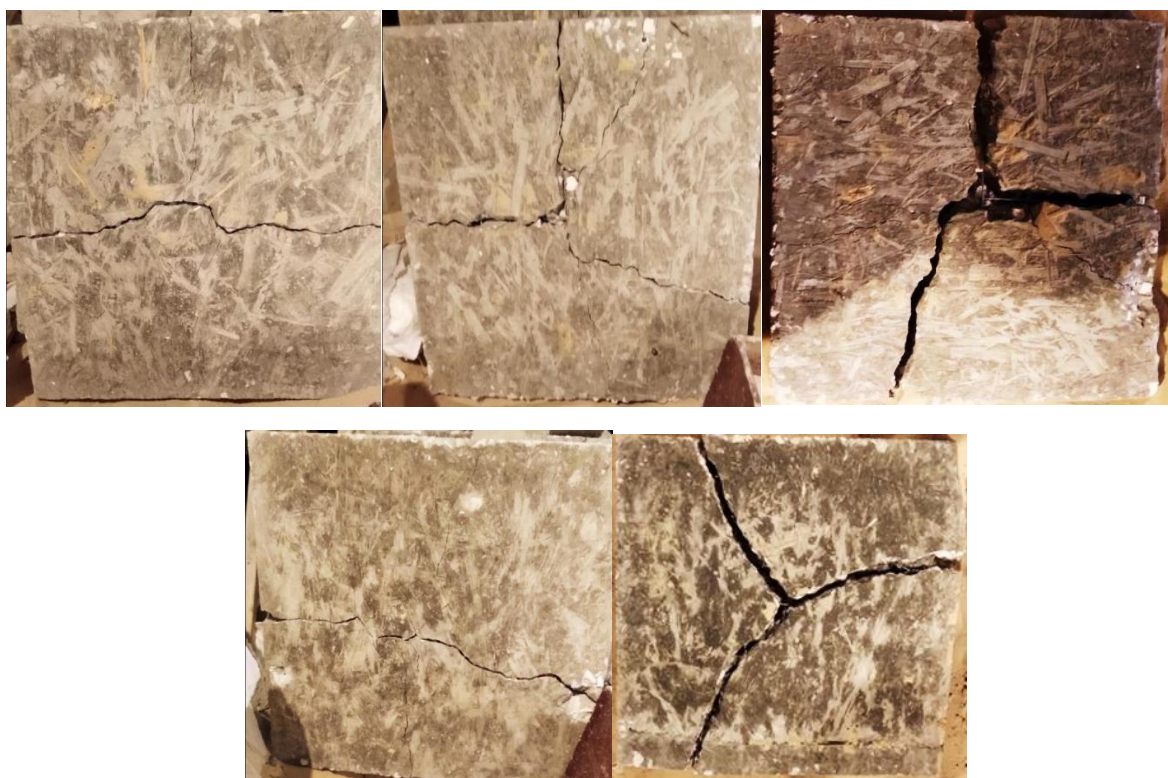


Рис. 2. Фундаменты Ф-1 – Ф-5 после разрушения
Fig. 2. F-1 – F -5 foundations after destruction

Таблица 1. Результаты испытания моделей фундаментов
Table 2. Results of testing Foundation models

№ образца	Расчетная несущая способность фундаментов, $R_{рас}$, (кН) по СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции		Уровень предварительного нагружения (кН)	Количество циклов предварительного нагружения	Наличие внезапного догружения	Опытная несущая способность, P_i (кН)	$\frac{P_i/P_{из}}{P_i/P_{пр}}$	Снижение несущей способности относительно базового фундамента (%)
	на изгиб $R_{из}$	на продавливание, $R_{пр}$						
Ф-1	35,40	31,70	-	0	нет	40,00	$\frac{1,13}{1,26}$	-
Ф-2	35,40	31,70	15,00	0	есть	35,00	$\frac{0,99}{1,1}$	$\frac{P_1-P_2}{P_1} 100\% =12,5$
Ф-3	35,40	31,70	22,00	0	есть	36,00	$\frac{1,02}{1,14}$	$\frac{P_1-P_3}{P_1} 100\% =10,0$
Ф-4	35,40	31,70	15,00	10	нет	48,00	$\frac{1,36}{1,51}$	-
Ф-5	35,40	31,70	15,00	10	есть	39,00	$\frac{1,10}{1,23}$	$\frac{P_4-P_5}{P_4} 100\% =18,8$

Как видно из таблицы 1, несущая способность фундамента Ф-2, испытанного при быстром догружении, после уровня предварительной нагрузки 50% от расчетной разрушающей нагрузки, оказалась на 12,5% ниже, чем у образца Ф-1, испытанного при традиционном медленном

загружении. При увеличении уровня предварительного нагружения до 75% от расчетной разрушающей нагрузки (образец Ф-3), снижение несущей способности составило 10,0% относительно базовой модели Ф-1. Использование предварительных многоцикловых нагружений

нагрузкой 50% от разрушающей привело к повышению несущей способности фундамента Ф-4 по сравнению с Ф-1. Эффект повышения несущей способности фундамента после цикла малоцикловых нагрузок описан в [7, 8]. Несущая способность фундамента Ф-5 с аналогичным предварительным малоцикловым нагружением, испытанного с внезапным догружением, оказалась

на 18,8% ниже базового образца (Ф-4), и не достигла величины несущей способности фундамента Ф-1.

Существенная разница в характере разрушения моделей фундаментов в экспериментах выявлена не была. У образцов, испытанных с внезапным догружением, отмечалась более низкая величина осадки фундаментов перед разрушением, по сравнению с остальными моделями при одинаковых уровнях нагрузки (рисунок 3).

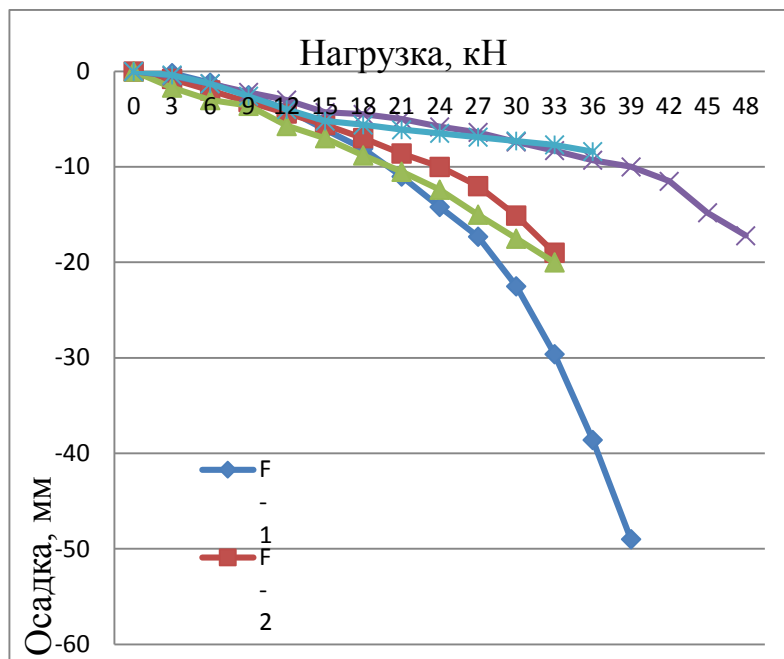


Рис. 3. Осадка фундаментов Ф-1 – Ф-5

Fig. 3. Foundation draught F-1 – F-5

Таким образом, у всех образцов, испытанных с внезапным догружением, отмечалось снижение несущей способности по сравнению с традиционно испытанными образцами. Наибольшее снижение несущей способности при внезапном догружении выявлено у фундаментов, на которые ранее воздействовали многоцикловые нагружения. Уровень нагрузки, действовавшей на фундамент до внезапного догружения, в меньшей степени влиял на снижение несущей способности фундамента при внезапном догружении.

Предварительный анализ эффекта снижения несущей способности фундаментов при внезапном догружении показал, что оно связано с изменением формы эпюры нормальных контактных напряжений. При медленном нагружении происходит перераспределение нормальных контактных напряжений с повышением ординат эпюры под центральной частью фундамента и понижением – у краевых зон. Перераспределение, в первую очередь, связано с увеличением изгиба плиты и развитием пластических деформаций в грунте у краевых зон подошвы. Такое перераспределение происходит в течение процесса нагружения и приводит к снижению усилий в плите фундамента. При быстром нагружении фундамента

перераспределение нормальных контактных напряжений отстает во времени от процесса увеличения нагрузки. В результате в процессе внезапного догружения при меньшем уровне внешней нагрузки, усилия в фундаменте оказываются более высокими, чем в процессе медленного нагружения при одинаковом значении нагрузки.

Можно предположить, что на рассматриваемый эффект снижения несущей способности фундаментов при внезапном нагружении оказывает влияние скорость протекания таких процессов, как:

- изменения соотношения уровня вертикальных и горизонтальных, нормальных и касательных напряжений в массиве грунта;
- развитие пластических деформаций у краевых зон фундамента;
- уплотнение грунта и др.

Вероятно, определенную роль в снижении несущей способности фундамента при быстром догружении играют формирование формы эпюры напряжений в сжатой зоне бетона фундамента в сечениях по граням колонны, развитие пластических деформаций и трещинообразование в бетоне фундамента.

Проведенные предварительные экспериментальные и теоретические исследования показали, что на изменение работы отдельно стоящих фундаментов при внезапных догружениях наиболее существенное влияние оказывают такие факторы, как: уровень нагрузки на фундамент до внезапного догружения, наличие предварительных нагружений, скорость нарастания нагрузки внезапного догружения, жесткость фундаментной плиты.

Учитывая наличие испытательной базы, размеры грунтового лотка, необходимости исключения эффекта «обоймы» от стен лотка, для планируемых экспериментальных исследований целесообразно назначить геометрические размеры моделей фундаментов в плане, равными 0,5 x 0,5 м, с колонной сечением 0,1 x 0,1 м.

Основываясь на анализе предварительных экспериментальных и теоретических исследований, целесообразно принять следующие величины варьируемых параметров:

- уровень нагрузки на фундамент до внезапного догружения –25%, 50% и 75% от расчетной разрушающей нагрузки;
- толщина плитной части фундаментов – 0,05м, 0,07м, 0,01м;
- время нарастания нагрузки внезапного догружения не более: 10 сек. 1 мин, 5 мин;
- режим нагружения: без внезапного догружения, с внезапным догружением после однократного нагружения, с внезапным догружением после малоциклового нагружения.

Шаг варьируемого уровня нагрузки на фундамент до внезапного догружения принят в размере 25% от расчетной разрушающей нагрузки, что дает возможность получить минимальное необходимое количество экспериментов для построения зависимостей. Минимальное начальное нагружение фундамента до приложения нагрузки внезапного догружения принято в размере 25% от расчетной разрушающей нагрузки. Это связано с тем, что при меньших величинах нагрузки, как правило, не обеспечивается равномерный контакт подошвы фундамента с основанием, что неизменно будет влиять на точность экспериментов.

Варьирование параметров толщины плитной части фундаментов в величинах 0,05м, 0,07м и 0,1м отражает различные типы фундаментов по жесткости (гибкие, средней гибкости и жесткие), характерные для реальных условий. Учитывая имеющиеся отличия в перераспределении нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента у гибких и жестких фундаментов, использование этих типов фундаментов в экспериментах позволит выявить роль перераспределения нормальных контактных напряжений под подошвой фундамента в изменении несущей способности фундаментов при внезапных догружениях и итоговой осадке фундаментов.

С учетом сочетания 4 изменяемых факторов, принимающих 3 варианта параметров каждый, для получения результатов экспериментов, имеющих достоверность 95% с коэффициентом вариации 25%, требуется выполнить 324 эксперимента.

			Уровень предварительного нагружения											
			25%			50%			75%					
			Режим нагружения											
			1*	2*	3*	1*	2*	3*	1*	2*	3*			
Толщина плиты	50 мм	Продолжительность нарастания нагрузки	10 сек											
			60 сек											
			300 сек											
	70 мм		10 сек											
			60 сек											
			300 сек											
	100 мм		10 сек											
			60 сек											
			300 сек											

* режим нагружения: 1 – без внезапного догружения, 2 – с внезапным догружением после однократного нагружения, 3 – с внезапным догружением после малоциклового нагружения

Рис. 4. Комбинационный квадрат
Fig. 4. Combination square

С целью более оптимального выполнения экспериментальных исследований и обеспечения достоверности результатов было выполнено планирование экспериментов. Для планирования использовался метод построения комбинационных квадратов [12].

Планирование эксперимента (рис. 4) показало, что для выявления влияния выбранных варьируемых параметров на работу системы фундамент-грунт при внезапном догрузении необходимо провести 9 опытов с различным сочетанием варьируемых параметров.

ВЫВОДЫ

Работа системы «фундамент-основание» при внезапных догрузениях в настоящее время полностью не изучена. Это не позволяет с достаточной степенью точности оценить изменение таких параметров взаимодействия, как несущая способность фундаментов, осадка, а так же разработать методику расчета фундаментов, в том числе для использования ее в расчетах зданий на прогрессирующее разрушение и аварийные нагрузки.

Предварительный эксперимент показал, что воздействие на отдельно стоящий фундамент внезапного догрузения, характеризующегося большой скоростью нарастания нагрузки, приводит к снижению несущей способности фундаментов при уменьшении общей осадки конструкции. При этом на несущую способность фундамента влияет величина нагрузки, действующей до внезапного догрузения, и ее характер.

Для детального выявления особенностей изменения характера силового взаимодействия фундаментов с грунтовым основанием при внезапных догрузениях, необходимо проведение дальнейших экспериментальных исследований. Они должны затрагивать такие факторы, как: скорость догрузения, жесткость фундаментов, характеристики действовавшей до внезапного догрузения нагрузки и др. Применение планирования экспериментальных исследований позволяет сократить количество необходимых экспериментов с 324 до 9 без существенной потери качества результатов.

Необходима разработка методики расчета несущей способности и осадки фундаментов при внезапных догрузениях. Целесообразен учет особенностей работы системы «фундамент-грунт» при внезапных догрузениях в расчетах зданий на прогрессирующее обрушение, так как они могут влиять как на перераспределение усилий в вертикальных элементах здания в аварийной ситуации, так и привести к прогрессирующему обрушению здания за счет вызванного разрушения фундаментов или изменения из осадки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мирный А.Ю., Тер-Мартirosян А.З. Области применения современных механических моделей грунтов / А.Ю. Мирный, А.З. Тер-Мартirosян // М.: Геотехника. – 2017 №1. – С.20-26.
2. Орехов В.В., Орехов М.В. Использование модели упрочняющегося грунта для описания поведения песка различной плотности при нагружении // Вестник МГСУ. – 2014. – № 2.
3. Шашкин А.Г. Вязко-упруго-пластическая модель поведения глинистого грунта/ А.Г. Шашкин // Развитие городов и геотехническое строительство. – Вып. №2. – 2011. – С. 1-32.
4. Schanz T., Vermeer P.A., Bonnier P.G. The hardening soil model: formulation and verification Proceedings of the International Plaxis symposium [Beyond 2000 in computational geotechnics]. Rotterdam: Balkema. 1999. pp. 281–296
5. Довнарoвич С.В., Тепляков А.А. Напряжения в основании под жестким и гибким фундаментами при первичном и вторичном нагружениях // Основания, фундаменты и механика грунтов. 1987. – № 1. – С. 29-31.
6. Леденев В.В. Несущая способность и деформативность оснований и фундаментов при сложных силовых воздействиях: монография. Том1,2. Тамбов: Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2015. 672 с.
7. Дьяков, А.И. Учет перераспределения нормальных контактных напряжений под подошвой отдельно стоящих фундаментов при малоциклических нагрузках в расчете на продавливание // Строительная механика и расчет сооружений. – 2015. – №6. – С. 57-62.
8. Дьяков И.М., Дьяков М.И. Совершенствование расчета отдельно стоящих фундаментов на изгиб при внецентренных малоцикловых нагрузках // Строительство и техногенная безопасность. – 2017. – № 9 (61). – С. 55-61.
9. Живучесть зданий и сооружений при запроектных воздействиях: Научное издание / В.И. Колчунов, Н.В. Клюева, Н.Б. Андросова, А.С. Бухтиярова. М.: Издательство АСВ, 2014. 208 с.
10. Проектирование мероприятий по защите зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Методическое пособие. – М. – 2018. – 158 с.
11. Денисенко В.В. Ляшенко П.А. Исследование влияния скорости приложения постоянно возрастающей нагрузки на консолидацию грунтов после нагружения // Научные труды КубГТУ, 2016. №15. С. 1 – 15.
12. Кравченко Э.В, Денисенко В.В, Будагов И.В. Ляшенко П.А. Методы испытания грунтов постоянной скоростью нагружения и постоянной скоростью деформации // Научные труды КубГТУ, 2018. № 4. С. 72 –85.
13. Протодяконов М.М., Тедер Р.И. Методика рационального планирования экспериментов. М.: изд-во «Наука», 1970. 76 с.

REFERENCES

1. Mirny A.Yu., Ter-Martirosyan A.Z. Areas of application of modern mechanical models of soils / A.Yu. Mirny, A.Z. Ter-Martirosyan // Moscow: geotechnics. – 2017. – №1. – P. 20-26.
2. Orekhov V.V., Orekhov M. V. Using a model of hardening soil to describe the behavior of sand of various densities under loading // Vestnik MGSU. - 2014. – No. 2.
3. Shashkin A. G. Visco-elastic-plastic model of clay soil behavior/ A. G. Shashkin // Urban development and geotechnical construction, Issue №2. -2011. - Pp. 1-32.
4. Schanz T., Vermeer P.A., Bonnier P.G. The hardening soil model: formulation and verification Proceedings of the International Plaxis symposium [Beyond 2000 in computational geotechnics]. Rotterdam: Balkema. 1999. pp. 281-296.
5. Dovnarovich S.V., Teplyakov A.A. Stresses in the base under rigid and flexible foundations under primary and secondary loads // Bases, foundations and soil mechanics, 1987, no. 1, Pp. 29-31.
6. Ledenev V.V. Bearing capacity and deformability of bases and foundations under complex force effects: monograph. Volume 1,2. Tambov: Tambov state technical University (TSTU), 2015. 672 p.
7. Dyakov, A.I. Accounting for the redistribution of normal contact stresses under the sole of free-standing foundations under low-cyclic loads in the calculation of pushing // Construction mechanics and calculation of structures. 2015. No. 6. P. 57-62.
8. Dyakov I.M., Dyakov M.I. Improving the calculation of free - standing foundations for bending at off-center low-cycle loads // Construction and technogenic safety. 2017. No. 9 (61). Pp. 55-61.
9. Survivability of buildings and structures under beyond design impacts: Scientific publication / V.I. Kolchunov, N.V. Klyueva, N.B. Androsova, A.S. bukhtiyarova. M.: publishing house of the DIA, 2014. 208 p.
10. Designing measures to protect buildings and structures from progressive collapse. Methodological guide. - M.-2018. -158 p.
11. Denisenko V.V. Lyashenko P.A. Investigation of the impact of the application rate of constantly increasing load on soil consolidation after loading // Scientific works of KubSTU, 2016, No. 15, Pp. 1-15.
12. Kravchenko E.V., Denisenko V.V., Budagov I.V. Lyashenko P.A. Methods of testing soils with constant loading speed and constant deformation speed // Scientific works of KubSTU, 2018, No. 4, Pp. 72-85.
13. Protodyakonov M.M., Teder R.I. Methods of rational planning of experiments. Moscow: Nauka publishing house, 1970, 76 p.

PLANNING OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE "FOUNDATION-BASE" SYSTEM IN CASE OF SUDDEN OVERLOADS

Diakov¹ I.M., Diakov² M.I., Barykin³ B.Y.Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky, 4, Vernadskogo avenue, Simferopol, 295007, Russia
¹karta3@mail.ru; ²dyakov2790@gmail.com; ³dekan.asf@mail.ru

Abstract. The relevance of experimental and theoretical studies of the work of the foundation-foundation system in sudden burdens is justified. It was established that sudden loads can occur both in emergency situations and in the course of normal operation. The main criterion of sudden loading is the rate of additional or main (operational) loading, which is higher than the rate of stress redistribution in the base. In order to identify the main features of the foundation-foundation system and plan further studies, the results of preliminary experiments of the interaction of foundations with the soil base during sudden loads were analyzed. The accepted method of experimental research is described, the characteristics of the models of foundations and the power system used for testing are given. Some features of "foundation-soil" system operation in case of sudden loading are defined. Based on the conducted experiments, the need for further study of the foundation-foundation system in case of sudden loading was substantiated and the experiments were planned.

Subject: Features of the salt interaction of the "Foundation-ground" system during sudden reloads. The research is based on the hypothesis that a sudden sinking of the Foundation can lead to changes in both the parameters of the interaction of the Foundation with the Foundation over time, and the result of the interaction - the bearing capacity and precipitation of the Foundation.

Materials and methods: literature sources and results of preliminary experimental studies are analyzed, and experimental planning is performed.

Results: Based on the results of the preliminary experiment, it was found that the impact on a free-standing Foundation of sudden reloading leads to a decrease in the load-bearing capacity of the foundations with a decrease in the overall draft of the structure. At the same time, the load capacity of the Foundation is affected by the magnitude of the load acting before the sudden immersion, and its nature

Conclusions: The operation of the "foundations-base" system in case of sudden overloads is currently not sufficiently studied. Further experimental studies are necessary to identify in detail the features of changes in the nature of the force interaction of foundations with the ground base during sudden reloads. The use of experimental research planning allows you to reduce the number of necessary experiments without significantly losing the quality of the results

Key words: Foundation, Foundation, sudden dives, contact stresses, emergency loads, stress redistribution.

ОЦЕНКА ДЕФИЦИТА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ КИРПИЧНОЙ ДЫМОВОЙ ТРУБЫ В СООТВЕТВИИ С АКТУАЛЬНЫМИ НОРМАМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Абаев¹ З. К., Кодзаев² М. Ю., Валиев³ А. Д.

^{1,2,3} Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет).
362021, г. Владикавказ, ул. Николаева 44
e-mail: ¹abaich@yandex.ru, ²m_kodzaev@mail.ru, ³azamat99valiev@gmail.com

Аннотация. Большинство кирпичных дымовых труб, расположенных в сейсмоопасных регионах было построено задолго до принятия актуальных норм проектирования. В настоящей статье представлен последовательный пример оценки дефицита сейсмостойкости кирпичной дымовой трубы и даны общие выводы относительно изменений основных коэффициентов регулирующих норм. *Цель исследования:* количественная оценка дефицита сейсмостойкости дымовой трубы в соответствии с актуальными нормами проектирования СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*».

Объект исследования: кирпичная дымовая труба высотой 45 м.

Предмет исследования: методика расчета зданий и сооружений на сейсмическое воздействие; методика количественной оценки дефицита сейсмостойкости зданий и сооружений.

Материалы и методы: расчет производился в соответствии с линейно-спектральной теорией. Определялись собственные частоты и периоды колебаний, коэффициент динамичности, расчетные сейсмические сил и изгибающие моменты для трех форм свободных колебаний.

Результаты: собственные частоты колебаний рассматриваемого сооружения составили, для первых трех форм колебаний, соответственно: $\omega_1 = 2,94 \text{ с}^{-1}$, $\omega_2 = 14,14 \text{ с}^{-1}$, $\omega_3 = 44,72 \text{ с}^{-1}$; периоды колебаний: $T_1 = 2,12 \text{ с}$, $T_2 = 0,44 \text{ с}$, $T_3 = 0,14 \text{ с}$. Максимальное значение (по модулю) сейсмических сил по старым нормам (СНиП) – 163 кН, по новым (СП) – 186,3 кН. Суммарное значение максимального изгибающего момента по СНиП – 11124,7 кН, по СП – 15284,8 кН.

Выводы: а) изменился K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения. По СНиП – $K_1 = 0,35$, а по СП – $K_1 = 0,4$ для данного типа сооружений; б) В СП появился дополнительный коэффициент при определении значения сейсмической нагрузки K_0 – коэффициент, учитывающий назначение сооружения; в) в расчете значения сейсмической нагрузки по СНиП участвует матрица нагрузок в кН [Q], а в матрица масс [m], при точном расчете, это увеличивает запас прочности по новому СП; г) изменился способ расчета коэффициентов β_i . Полученные по СП, больше полученных по СНиП приблизительно на 20 %; д) отличие суммарного отклика сооружения (расчетных изгибающих моментов) составляет в среднем 27,4 %.

Ключевые слова: сейсмостойкость, сейсмическая опасность, линейно-спектральный метод, кирпичная дымовая труба

ВВЕДЕНИЕ

Дымовые трубы являются одним из наиболее ответственных типов инженерных сооружений большинства промышленных предприятий и производственных объектов городской инфраструктуры. Особое место среди них занимают кирпичные дымовые трубы нормативный срок службы которых может достигать 100 лет; диапазон высот от 30 до 80 м, а также относительная дешевизна и простота конструкции обусловили их широкое применение в условиях городской застройки [1]. Однако высокий уровень повреждаемости кирпичных дымовых труб, постоянные коррозионные и динамические ветровые воздействия требуют от инженеров технически грамотной эксплуатации и оценки их остаточного ресурса [2].

Особое беспокойство в среде как отечественных, так и зарубежных исследователей вызывает сейсмостойкость подобных сооружений [2–9]. Следует отметить, что большинство кирпичных

дымовых труб расположенных в сейсмоопасных регионах было построено задолго до принятия актуальных норм проектирования, благодаря чему они могут представлять серьезную опасность для жизни и здоровья людей, а также устойчивого функционирования и развития городской инфраструктуры в целом. Помимо этого, в случае реконструкции или капитального ремонта все построенные ранее трубы должны удовлетворять актуальным нормам. В связи с этим, актуальной становится задача количественной оценки имеющегося дефицита сейсмостойкости кирпичных дымовых труб.

Целью настоящего исследования является количественная оценка дефицита сейсмостойкости кирпичной дымовой трубы в соответствии с актуальными нормами проектирования СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*».

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В работах [3–9] приводятся результаты детального анализа конструктивных особенностей и специфики повреждения кирпичных дымовых труб, статистическая оценка их повреждаемости и моделирование сейсмического воздействия на напряженно-деформированное состояние трубы. Данные работы, решая крайне важные и практически ценные вопросы, такие как использование модального Pushover-анализа и прямого динамического метода в задачах оценки сейсмического риска [3–4], изменения параметров динамической модели для уменьшения сейсмического воздействия [5–6], а также разработка методов усиления и повышения несущей

способности кладки труб [7–9], не дают, тем не менее, каких-либо рекомендаций относительно методики оценки дефицита сейсмостойкости кирпичных дымовых труб и применения ее результатов в практике обеспечения их конструктивной надежности и соответствия актуальным нормам проектирования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования настоящей работы является кирпичная дымовая труба высотой 45 м (см. рис. 1).

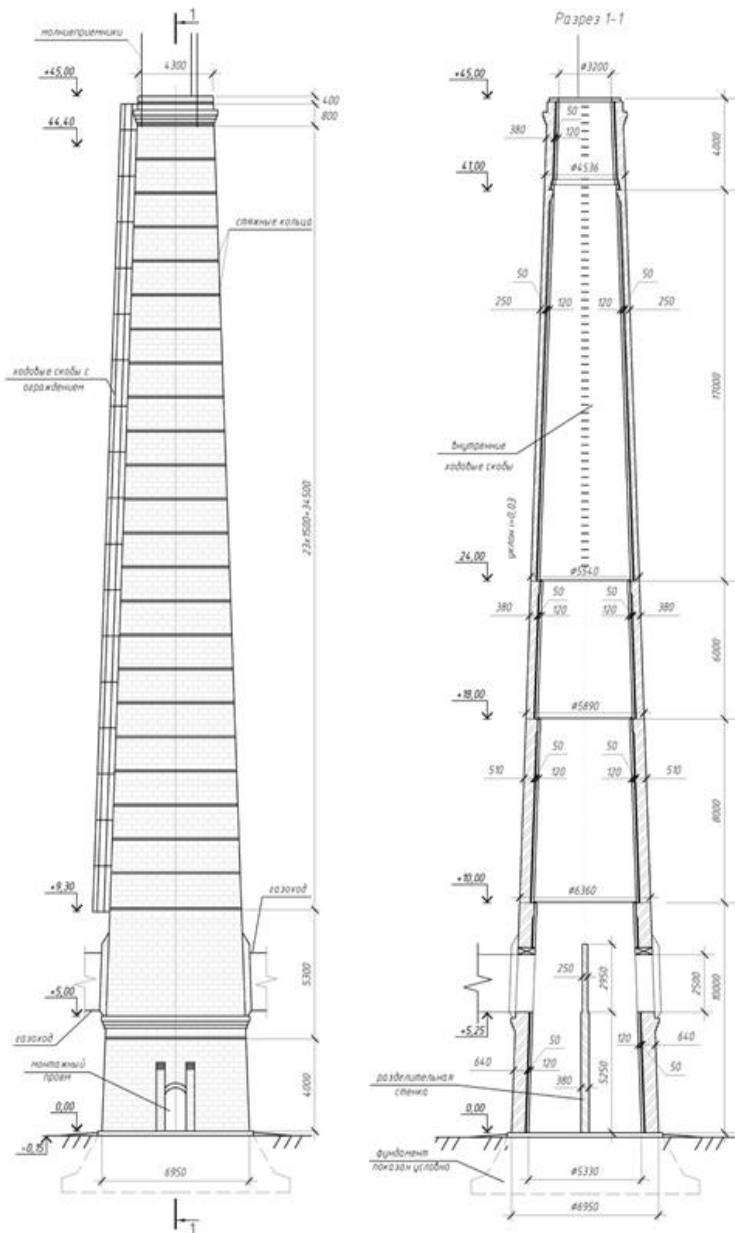


Рис. 1. Объект исследования (труба дымовая кирпичная $h = 45$ м)

Fig. 1. Object of study (brick masonry chimney $h = 45$ m)

Методы. Расчет производится в соответствии с линейно-спектральной теорией, используемой в отечественных нормах и широко освещенной в научно-технической литературе [10–14]. Данный метод расчёта основан на разложении системы дифференциальных уравнений движений по собственным формам и включает в себя следующие этапы:

- составление динамической расчётной схемы;
- модальный анализ выбранной расчётной схемы;
- определение модальных (т.е. соответствующих каждой из собственных форм) инерционных сейсмических нагрузок;
- приложение модальных инерционных нагрузок к расчётной схеме статически и определение модальных откликов конструкции (определение перемещений, внутренних усилий);
- вычисление суммарного (расчётного) сейсмического отклика, суммируя соответствующие модальные отклики по специальным формулам;
- оценка сейсмостойкости конструкции по суммарному отклику [12].

Сбор нагрузок

Поперечное сечение трубы – усеченный конус.

Материал – кирпичная кладка марки М250 и раствора марки 200.

Объем кирпичной кладки для усеченного конуса определяют по формуле.

$$V = \pi h((R^2 + Rr + r^2) - (R'^2 + R'r' + r'^2))/3, \quad (1)$$

где V – объем кирпичной кладки,

h – высота уровня,

R – радиус нижнего сечения до наружной поверхности трубы,

r – радиус верхнего сечения до наружной поверхности трубы,

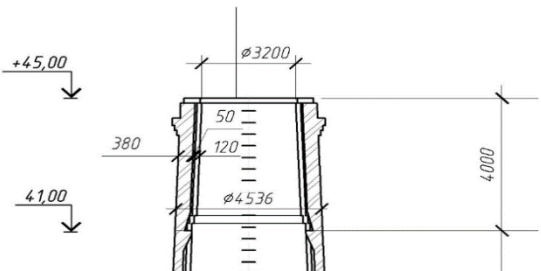
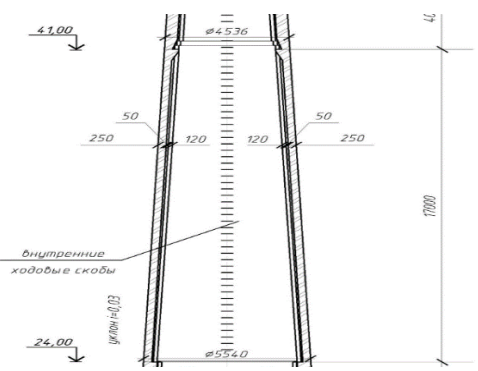
R' – радиус нижнего сечения до внутренней поверхности трубы,

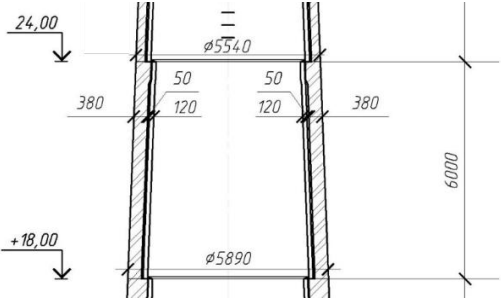
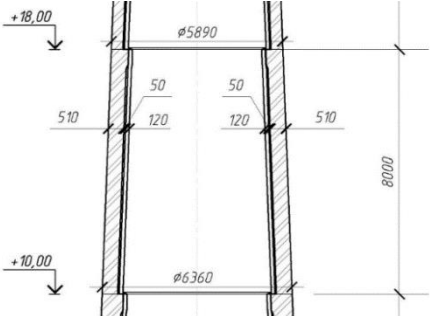
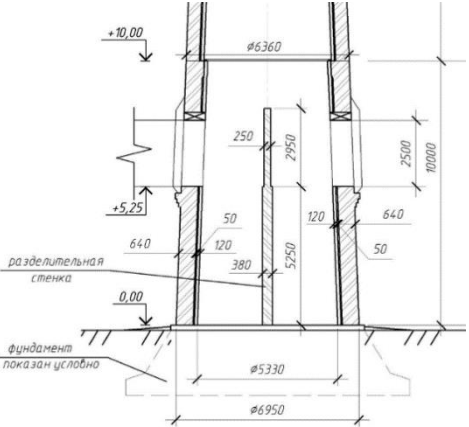
r' – радиус верхнего сечения до внутренней поверхности трубы.

Разобьем трубу по высоте на отдельные 5 уровней с одинаковой толщиной стенок. Схемы всех ярусов и определение расчетных нагрузок представлены в таблице 1.

Таблица 1. Сбор нагрузок

Table 1. Loads calculation

Схема яруса [Tier scheme]	Расчеты [Calculation]
 <p style="text-align: center;">Ярус 1 [Tier 1]</p>	<p>$h = 4$ м, $R = 2,265$ м, $r = 2,215$ м, $R' = 1,765$ м, $r' = 1,6$ м. $V_1 = 314 \cdot 4((2,265^2 + 2,265 \cdot 2,15 + 2,15^2) - (1,765^2 + 1,765 \cdot 1,6 + 1,6^2))/3 = 25,62$ м³, $Q_1 = \rho_{кирп} V = 18 \cdot 25,16 = 461,16$ кН, где $\rho_{кирп} = 18$ кН/м³ – плотность кирпича.</p>
 <p style="text-align: center;">Ярус 2 [Tier 2]</p>	<p>$h = 17$ м, $R = 2,77$ м, $r = 2,265$ м, $R' = 2,4$ м, $r' = 1,895$ м. $V_2 = 314 \cdot 17((2,77^2 + 2,77 \cdot 2,265 + 2,265^2) - (2,4^2 + 2,4 \cdot 1,895 + 1,895^2))/3 = 92,3$ м³, $Q_2 = 92,3 \cdot 18 = 1661,4$ кН.</p>

 <p>Ярус 3 [Tier 3]</p>	<p>$h = 6 \text{ м,}$ $R = 2,945 \text{ м,}$ $r = 2,77 \text{ м,}$ $R' = 2,445 \text{ м,}$ $r' = 2,27 \text{ м.}$</p> <p>$V_3 = 314 \cdot 6((2,945^2 + 2,945 \cdot 2,77 + 2,77^2) - (2,445^2 + 2,445 \cdot 2,27 + 2,27^2))/3 = 49,1 \text{ м}^3,$ $Q_3 = 49,1 \cdot 18 = 884,4 \text{ кН.}$</p>
 <p>Ярус 4 [Tier 4]</p>	<p>$h = 8 \text{ м,}$ $R = 3,18 \text{ м,}$ $r = 2,945 \text{ м,}$ $R' = 2,55 \text{ м,}$ $r' = 2,315 \text{ м.}$</p> <p>$V_4 = 314 \cdot 8((3,18^2 + 3,18 \cdot 2,945 + 2,945^2) - (2,55^2 + 2,55 \cdot 2,315 + 2,315^2))/3 = 87 \text{ м}^3,$ $Q_4 = 87 \cdot 18 = 1570 \text{ кН.}$</p>
 <p>Ярус 5 [Tier 5]</p>	<p>$h = 10 \text{ м,}$ $R = 3,475 \text{ м,}$ $r = 3,18 \text{ м,}$ $R' = 2,715 \text{ м,}$ $r' = 2,42 \text{ м.}$</p> <p>$V_5 = 314 \cdot 10((3,475^2 + 3,475 \cdot 3,18 + 3,18^2) - (2,715^2 + 2,715 \cdot 2,42 + 2,42^2))/3 = 140,65 \text{ м}^3,$ $Q_5 = 140,65 \cdot 18 = 2531,7 \text{ кН.}$</p>

Составление динамической расчётной схемы

С целью уменьшения трудоемкости расчета примем расчетную схему с тремя сосредоточенными массами в местах характерного изменения сечения трубы (см. рис. 2):

$$m_1 = Q_1 + 6,5/17Q_2 = 1097 \text{ кН},$$

$$m_2 = 11,5/17Q_2 + Q_3 + 1/8Q_4 = 2205 \text{ кН},$$

$$m_3 = 7/8Q_4 + 1/2Q_5 = 2640 \text{ кН}.$$

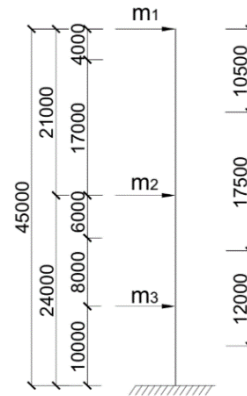


Рис. 2. Расчетная схема

Fig. 2. Designed model

Жесткость сечения трубы определяется по формуле:

$$EI = 5,76 \cdot 10^6 \cdot 63,78 = 36,7 \cdot 10^7 \text{ кН} \cdot \text{м}^2, \quad (2)$$

где I – момент инерции сечения (принимается по максимальному диаметру – см. рис. 3),

$$I = (\pi d^4) / 64 = (3,14(6,95^4 - 5,67^4)) / 64 = 63,78 \text{ м}^4$$

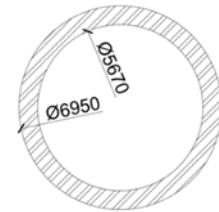


Рис. 3. Сечение дымовой трубы

Fig. 3. Cross-section of the chimney

E – модуль упругости кладки трубы согласно СП¹:

$$E = 0,8E_0 = 0,8 \cdot 7200 = 5760 \text{ МПа}.$$

E_0 – начальный модуль упругости для кирпичной кладки:

$$E_0 = \alpha R_u = 7,2 \cdot 1000 = 7200 \text{ МПа},$$

где α – упругая характеристика кладки,

R_u – временное сопротивление сжатию кладки.

Временное сопротивление определяют:

$$R_u = kR = 2 \cdot 3,6 = 7,2 \text{ МПа},$$

где k – коэффициент, принимаемый по табл. 14 [2],

R – Расчетное сопротивление кирпича (марки М250 и раствора марки 200).

Модальный анализ выбранной расчётной схемы

Определяем динамические характеристики модели по формуле:

$$([D] \cdot [M] - \lambda[E]) = [0], \quad (3)$$

¹ СП 427.1325800.2018 Каменные и армокаменные конструкции. Методы усиления.

где $[M]$ – матрица масс,

$$[M] = \begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1097 & 0 & 0 \\ 0 & 2205 & 0 \\ 0 & 0 & 2640 \end{pmatrix};$$

$[D]$ – матрица податливости:

$$[D] = \begin{pmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \delta_{13} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \delta_{23} \\ \delta_{31} & \delta_{32} & \delta_{33} \end{pmatrix} = 10^{-6} \begin{pmatrix} 82,7 & 29 & 5,67 \\ 29 & 12,55 & 2,81 \\ 5,67 & 2,81 & 0,907 \end{pmatrix},$$

где δ_{ij} – перемещение точки j от воздействия единичного усилия в точке i (см. рис. 4):

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= (45 \cdot 45 \cdot 1 / 2 \cdot 2 / 3 \cdot 45) / EI = 30375 / EI, \\ \delta_{12} &= \delta_{21} = (24 \cdot 24 \cdot 1 / 2 \cdot 37 / 45 \cdot 45) / EI = 10656 / EI, \\ \delta_{13} &= \delta_{31} = (10 \cdot 10 \cdot 1 / 2 \cdot 41,67 / 45 \cdot 45) / EI = 2083,5 / EI, \\ \delta_{22} &= (24 \cdot 24 \cdot 1 / 2 \cdot 2 / 3 \cdot 24) / EI = 4608 / EI, \\ \delta_{23} &= \delta_{32} = (10 \cdot 10 \cdot 1 / 2 \cdot 20,67 / 24 \cdot 24) / EI = 1033,5 / EI, \\ \delta_{33} &= (10 \cdot 10 \cdot 1 / 2 \cdot 2 / 3 \cdot 10) / EI = 333 / EI; \end{aligned}$$

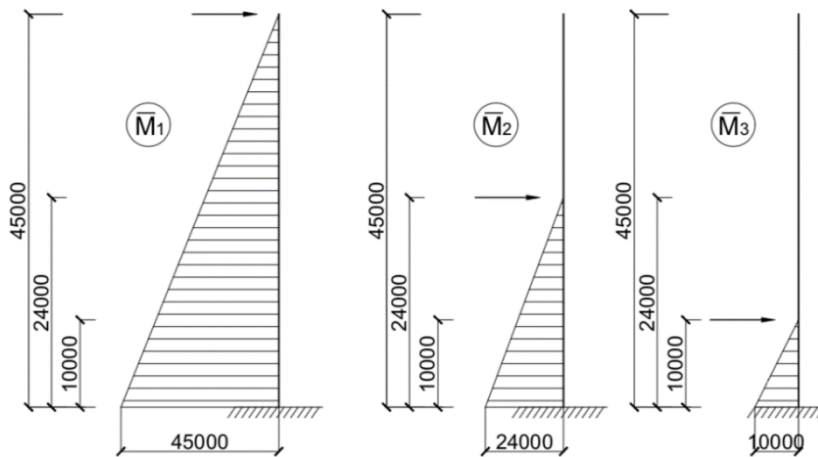


Рис. 4. Единичные эпюры ($P = 1$ кН)
Fig. 4. Unit diagrams ($P = 1$ kN)

$[E]$ – единичная матрица.

$$[E] = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Периоды колебания сооружения:

$$T_0 = 2\pi / \omega_i, \tag{4}$$

где ω_i – собственные частоты сооружения:

$$\omega_i = \sqrt{1 / \lambda_i}, \tag{5}$$

где λ_i – собственные значения матрицы:

$$([D] \cdot [M] - \lambda[E]) = \begin{pmatrix} 0,0907 - \lambda & 0,0639 & 0,0149 \\ 0,03181 & 0,0276 - \lambda & 0,0074 \\ 0,0062 & 0,0061 & 0,00239 - \lambda \end{pmatrix} = [0]. \tag{6}$$

Раскрытие определителя матрицы 6 по правилу треугольников:
 $(0,0907 - \lambda) (0,0276 - \lambda) (0,0239 - \lambda) + 0,0639 \cdot 0,0074 \cdot 0,0149 + 0,03181 \cdot 0,0061 \cdot 0,062 - (0,0276 - \lambda) \cdot 0,0062 \cdot 0,0149 - (0,0907 - \lambda) \cdot 0,0639 \cdot 0,03181 - (0,00239 - \lambda) \cdot 0,0074 \cdot 0,0061 = -\lambda^3 + 0,12069\lambda^2 - 0,000616\lambda.$ (7)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Решая уравнение 7, находим:

$$\lambda_1 = 0,0005; \lambda_2 = 0,005; \lambda_3 = 0,115.$$

Определение собственных частот и периодов колебаний представлены в таблице 2.

Таблица 2. Собственные частоты и периоды колебания

Table 2. Natural frequencies and vibration periods

Собственные частоты колебаний, c^{-1}	Периоды колебаний, c
$\omega_0 = \sqrt{1/\lambda_i}$	$T_0 = 2\pi / \omega_i$
$\omega_1 = \sqrt{1/0,115} = 2,94$	$T_1 = 2 \cdot 3,14 / 2,94 = 2,12$
$\omega_2 = \sqrt{1/0,005} = 14,14$	$T_2 = 2 \cdot 3,14 / 14,14 = 0,44$
$\omega_3 = \sqrt{1/0,0005} = 44,72$	$T_3 = 2 \cdot 3,14 / 44,72 = 0,14$

Собственные векторы матрицы 6:

$$u_1 = \begin{bmatrix} -0,16493 \\ -0,466 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad u_2 = \begin{bmatrix} 0,43215 \\ -0,81849 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad u_3 = \begin{bmatrix} 0,07478 \\ 0,36875 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Для наглядности расчет и сравнение сейсмических сил, действующих на расчетную схему, проведём в таблице 3.

Таблица 3. Определение расчетных сейсмических сил

Table 3. Calculation of seismic forces

Расчет по СНиП II-7-81*	Расчет по СП 14.13330.2018
Расчетная сейсмическая нагрузка в выбранном направлении:	
$S_{ik} = K_1 S_{0ik}$	$S_{ik}^j = K_0 K_1 S_{0ik}^j$
K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения (табл. 3) = 0,35	$K_0 = 1$ – коэффициент, учитывающий назначение сооружения и его ответственность (табл. 4.2) K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения (табл. 5.2) = 0,4
S_{0ik} – значение сейсмической нагрузки для i - го тона собственных колебаний $S_{0ik} = [Q_k] A \beta_i K_{\psi} [\eta_{ik}]$	S_{0ik}^j – значение сейсмической нагрузки для i - го тона собственных колебаний $S_{0ik}^j = [m_k^j] A \beta_i K_{\psi} [\eta_{ik}^j]$

Продолжение таблицы 3
Table 3 continued

$[Q_k]$ – матрица веса сооружения, отнесенный к точке k	$[m_k^j]$ – матрица масс здания или моментов инерций соответствующего массе здания, отнесенные к точке k
A – относительное ускорение, равное отношению сейсмических ускорений грунта к ускорению свободного падения. $A = 0,2$ (Для сейсмичности района в 8 баллов по шкале MSK-64)	A – значение ускорения в уровне основания $A = 2 \text{ м/с}^2$ (для районов с расчетной сейсмичностью 8 баллов)
K_Ψ – коэффициент, принимаемый по табл. 6 $K_\Psi = 1,5$	K_Ψ – коэффициент, принимаемый по табл. 5.3 $K_\Psi = 1,5$
$[\eta_{ik}^j]$ – коэффициент, зависящий от формы деформации сооружения при собственных колебаниях i -й формы (п 5.7; 5.8) $[\eta_{ik}^j] = \frac{\left[X_i(x_k) \sum_{j=1}^n m_j X_i(x_j) \right]}{\left[\sum_{j=1}^n m_j X_i^2(x_j) \right]} = \begin{pmatrix} 0,112 & 0,567 & 0,321 \\ 0,551 & -0,266 & 0,715 \\ 1,494 & 0,095 & -0,588 \end{pmatrix}$	
Коэффициент β_i для грунтов 1 группы при $T_1 = 2,12$	
β_i – коэффициент динамичности, соответствующий i -й форме колебаний, принимаем п. 2.6 $\beta_1 = \frac{0,7}{T_1} = \frac{0,7}{2,12} = 0,33$, но не менее 0,8 Принимаем $\beta_1 = 0,8$	β_i – коэффициент динамичности, соответствующий i -й форме колебаний, принимаем п. 5.6 $\beta_1 = 2,5 \sqrt{\frac{0,4}{T_1}} = 2,5 \sqrt{\frac{0,4}{2,12}} = 1,08$
Коэффициент β_i для грунтов 1 группы при $T = 0,44$	
При $(0,08 \text{ с} < T_i < 0,384 \text{ с})$ $\beta_2 = 2,2$	При $(0,1 \text{ с} < T_i < 0,4 \text{ с})$ $\beta_2 = 2,5$
Коэффициент β_i для грунтов 1 группы при $T_3 = 0,14$	
$\beta_3 = 2,2$	$\beta_3 = 2,5$
Вычислим значение сейсмической нагрузки S_{ik} с коэффициентами β_i	
$S_{ik} = K_1 [Q_k] A \beta_i K_\Psi [\eta_{ik}^j]$ $S_1 = 0,35 \cdot \begin{pmatrix} 1097 & 0 & 0 \\ 0 & 2205 & 0 \\ 0 & 0 & 2640 \end{pmatrix} \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot \beta_1 \cdot \begin{bmatrix} 0,112 \\ 0,551 \\ 1,494 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} S_{11}^{расч} \\ S_{21}^{расч} \\ S_{31}^{расч} \end{bmatrix} = \beta_1 \cdot \begin{bmatrix} 12,9 \\ 127,5 \\ 414,1 \end{bmatrix}$	$S_{ik}^j = K_0 K_1 [m_k^j] A \beta_i K_\Psi [\eta_{ik}^j]$ $S_1 = 1 \cdot 0,35 \cdot \begin{pmatrix} 109,7 & 0 & 0 \\ 0 & 220,5 & 0 \\ 0 & 0 & 264 \end{pmatrix} \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot \beta_1 \cdot \begin{bmatrix} 0,112 \\ 0,551 \\ 1,494 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} S_{11}^{расч} \\ S_{21}^{расч} \\ S_{31}^{расч} \end{bmatrix} = \beta_1 \cdot \begin{bmatrix} 14,7 \\ 145,7 \\ 473,2 \end{bmatrix}$
$S_2 = 0,35 \cdot \begin{pmatrix} 1097 & 0 & 0 \\ 0 & 2205 & 0 \\ 0 & 0 & 2640 \end{pmatrix} \cdot 0,2 \cdot 1,5 \beta_2 \cdot \begin{bmatrix} 0,567 \\ -0,266 \\ 0,095 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} S_{12}^{расч} \\ S_{22}^{расч} \\ S_{32}^{расч} \end{bmatrix} = \beta_2 \cdot \begin{bmatrix} 65,3 \\ -59,7 \\ -26,3 \end{bmatrix}$	$S_2 = 0,4 \cdot \begin{pmatrix} 109,7 & 0 & 0 \\ 0 & 220,5 & 0 \\ 0 & 0 & 264 \end{pmatrix} \cdot 2 \cdot 1,5 \beta_2 \cdot \begin{bmatrix} 0,567 \\ -0,266 \\ 0,095 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} S_{12}^{расч} \\ S_{22}^{расч} \\ S_{32}^{расч} \end{bmatrix} = \beta_2 \cdot \begin{bmatrix} 74,6 \\ -66,2 \\ -30 \end{bmatrix}$

$S_3 = 0,35 \cdot \begin{pmatrix} 1097 & 0 & 0 \\ 0 & 2205 & 0 \\ 0 & 0 & 2640 \end{pmatrix} \cdot 0,2 \cdot 1,5 \cdot \beta_3 \cdot \begin{bmatrix} 0,321 \\ 0,715 \\ -0,588 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} S_{13}^{расч} \\ S_{23}^{расч} \\ S_{33}^{расч} \end{bmatrix} = \beta_3 \cdot \begin{bmatrix} 36,9 \\ 165,5 \\ -163 \end{bmatrix}$	$S_3 = 0,4 \cdot \begin{pmatrix} 109,7 & 0 & 0 \\ 0 & 220,5 & 0 \\ 0 & 0 & 264 \end{pmatrix} \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot \beta_3 \cdot \begin{bmatrix} 0,321 \\ 0,715 \\ -0,588 \end{bmatrix}$ $\begin{bmatrix} S_{13}^{расч} \\ S_{23}^{расч} \\ S_{33}^{расч} \end{bmatrix} = \beta_3 \cdot \begin{bmatrix} 41,1 \\ 189,1 \\ -186,3 \end{bmatrix}$
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ВЫВОДЫ

В таблице 4 представлено сравнение коэффициентов динамичности.

Таблица 4. Сравнение коэффициентов динамичности

Table 4. Comparison between dynamic coefficients

Категория грунта	Значение периода, с	β_i по СНиП	β_i по СП	Превышение β_i по СП над β_i по СНиП, %
I категория грунта	2,12	0,8	1,08	35
	0,44	2,2	2,5	13,6
	0,14	2,2	2,5	13,6

Анализ данных, представленных в таблице 4, позволяет судить о значительном увеличении коэффициентов динамичности (в среднем на 20 %). Особенно значительно изменение коэффициента для первой формы колебания – на 35 %.

Определим суммарный изгибающий момент в основании трубы по формуле «ККСК» – квадратный корень из суммы квадратов:

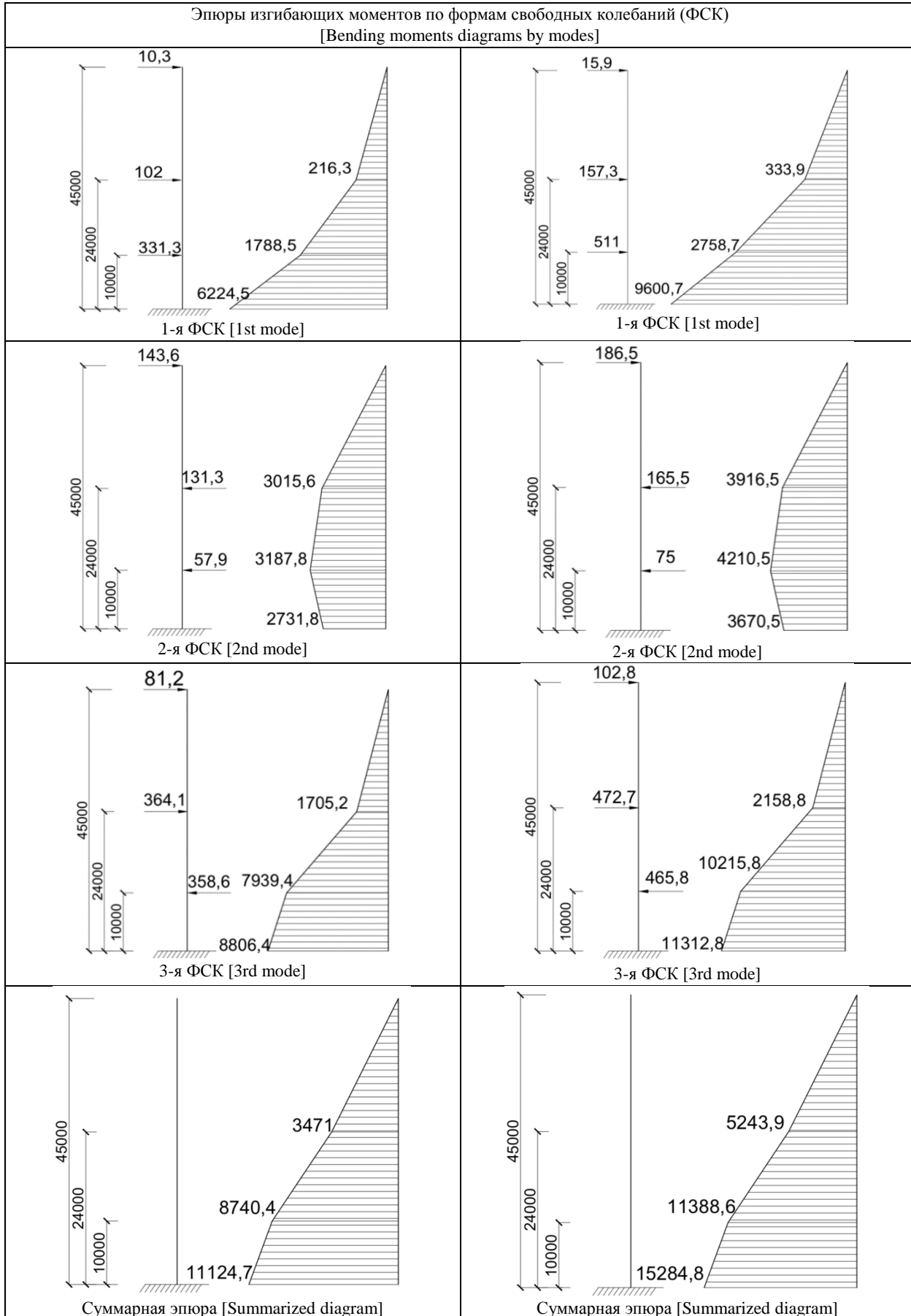
$$M_i^{сум} = \sqrt{(M_{i1})^2 + (M_{i2})^2 + (M_{i3})^2} \quad (8)$$

Расчет изгибающих моментов приведен в таблице 5.

Таблица 5. Определение изгибающих моментов

Table 5. Calculation of bending moments

Расчеты по СНиП II-7-81*	Расчеты по СП 14.13330.2018
В соответствии с таблицей 1, сейсмические силы определяем	
$\beta_1 = 0,8$ $0,8 \cdot \begin{bmatrix} 12,9 \\ 127,5 \\ 414,1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10,3 \\ 102 \\ 331,3 \end{bmatrix}$	$\beta_1 = 1,08$ $1,08 \cdot \begin{bmatrix} 14,7 \\ 145,7 \\ 473,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15,9 \\ 157,3 \\ 511 \end{bmatrix}$
$\beta_2 = 2,2$ $2,2 \cdot \begin{bmatrix} 65,3 \\ -59,7 \\ -26,3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 143,6 \\ -131,3 \\ -57,9 \end{bmatrix}$	$\beta_2 = 2,5$ $2,5 \cdot \begin{bmatrix} 74,6 \\ -66,2 \\ -30 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 186,5 \\ -165,5 \\ -75 \end{bmatrix}$
$\beta_3 = 2,2$ $2,2 \cdot \begin{bmatrix} 36,9 \\ 165,5 \\ -163 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 81,2 \\ 364,1 \\ -358,6 \end{bmatrix}$	$\beta_3 = 2,5$ $2,5 \cdot \begin{bmatrix} 41,1 \\ 189,1 \\ -186,3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 102,8 \\ 472,7 \\ -465,8 \end{bmatrix}$



В таблице 6 представлено сравнение расчетных изгибающих моментов.

Таблица 6. Сравнение изгибающих моментов
Table 6. Comparison of bending moments

Собственная форма колебаний	Точка	Момент, СП	Момент, СНИП	Разница, %
СФК-1	2	333,9	216,3	35,2
	3	2758,7	1788,5	35,2
	4	9600,7	6224,5	35,2
СФК-2	2	3916,5	3015,6	23,0
	3	4210,5	3187,8	24,3
	4	3670,5	2731,8	25,6
СФК-3	2	2158,8	1705,2	21,0
	3	10215,8	7939,4	22,3
	4	11312,8	8806,4	22,2
Суммарная	2	5243,9	3471	33,8
	3	11388,6	8740,4	23,3
	4	15284,8	11124,7	27,2

Подводя итоги, можно сделать несколько ключевых выводов, позволяющих оценить дефицит сейсмостойкости сооружений горнодобывающей промышленности, построенных до принятия актуальных норм проектирования:

1. Изменился K_1 – коэффициент, учитывающий допускаемые повреждения. По СНИП II-7-81* $K_1 = 0,35$, а по СП 14.13330.2018 $K_1 = 0,4$ для данного типа сооружений.

2. В СП 14.13330.2018 появился дополнительный коэффициент при определении значение сейсмической нагрузки K_0 – коэффициент, учитывающий назначение сооружения.

3. В расчете значения сейсмической нагрузки по СНИП II-7-81* участвует матрица нагрузок в кН [Q], а в СП 14.13330.2018 матрица масс [m], при точном расчете, это увеличивает запас прочности по новому СП.

4. Изменился способ расчета коэффициентов β_i . Полученные по СП 14.13330.2018 больше полученных по СНИП II-7-81* в среднем на 20 %.

5. Ввиду вышеперечисленного отличие в расчетных изгибающих моментов составляет в среднем 27,4 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгов Г.В., Колосов С.М., Дургел-Оглы Ю.В., Друзякин С.Л., Петров О.Ю. Изменения требований к кирпичным дымовым трубам в актуальной редакции СНИП 2.09.03-85* // Научные труды КубГТУ. 2016. № 3. С. 199–204.

2. Акатьев В.А., Волкова Л.В., Тюрин М.П., Бородина Е.С. Учет начальных признаков критической деградации дымовой трубы в анализе риска ее разрушения // Безопасность в техносфере. 2018. № 4. С. 11–16. DOI: 10.12737/article_5cf6646e9e17c2.03590798.

3. Guedes J.M., Lopes V., Quelhas B., Costa A., Ilharco T., Coelho F. Brick masonry industrial chimneys: assessment, evaluation and intervention // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2019. Vol. 377(2155). 20190012. DOI:10.1098/rsta.2019.0012.

4. Brzev S., Mitra K. Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction. National Information Centre of Earthquake Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, 2018. 137 p.

5. Pallarés F.J., Agüero A., & Ivorra S. A comparison of different failure criteria in a numerical seismic assessment of an industrial brickwork chimney // Materials and Structures. 2009. No. 42. Vol. 2. Pp. 213–226. DOI: 10.1617/s11527-008-9379-5.

6. López-Patiño G., Adam J., Gimeno P., Milani G. Causes of damage to industrial brick masonry chimneys // Engineering Failure Analysis. Vol. 74. Pp. 188-201. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2017.01.014.

7. Longarini N., Zucca M. A chimney's seismic assessment by a tuned mass damper // Engineering Structures. vol. 79. Pp. 290–296. DOI: 10.1016/j.engstruct.2014.05.020.

8. Minghini, F., Milani, G., & Tralli, A. Seismic risk assessment of a 50m high masonry chimney using advanced analysis techniques // Engineering Structures. 2014. Vol. 69. Pp. 255-270. doi:10.1016/j.engstruct.2014.03.028.

9. Minghini F., Bertolesi E., Del Grosso A., Milani G., Tralli A. Modal pushover and response history analyses of a masonry chimney before and after shortening // Engineering Structures. Vol. 110. Pp. 307-324. DOI: 10.1016/j.engstruct.2015.11.016.

10. Тяпин А.Г. Некоторые соображения о нормах нового поколения. Часть I: общие положения и

задание сейсмического воздействия. Часть II: определение сейсмических усилий в линейно-спектральном методе // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2019. № 5. С. 7-18.

11. Литвинова Э.В. Определение параметров динамических характеристик колебаний строительных конструкций, зданий и сооружений // Строительство и техногенная безопасность. 2017. № 9 (61). С. 93-100.

12. Бирбраер А. Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. СПб.: Наука, 1998. 254 с.

13. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия (Справочник проектировщика) / Под ред. Б.Г. Коренева, И.М. Рабиновича. М.: Стройиздат, 1981. 216 с.

14. Амосов А.А., Синицын С.Б. Основы теории сейсмостойкости сооружений: учеб. пособие для вузов. М-во образования Рос. Федерации. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во АСВ, 2010. 134 с.

REFERENCES

1. Dolgov G.V., Kolosov S.M., Durgel-Ogly Y.V., Druzyakin S. L., Petrov O. Y. Changes requirement for brick flues in the current edition SNIP 2.09.03-85 // Scientific works of the Kuban State Technological University. 2016. Vol. 3. Pp. 199–204.

2. Akatev V., Volkova L. V., Tyurin M. P., Borodina E. S. Taking into Account the Initial Signs of Critical Degradation of a Chimney in the Analysis of the Risk of Its Destruction // Safety in Technosphere. 2018. Vol. 4. Pp. 11-16. DOI: https://doi.org/10.12737/article_5cf6646e9e17c2.03590798.

3. Guedes J.M., Lopes V., Quelhas B., Costa A., Ilharco T., Coelho F. Brick masonry industrial chimneys: assessment, evaluation and intervention // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 2019. Vol. 377(2155). 20190012. DOI:10.1098/rsta.2019.0012.

4. Brzev S., Mitra K. Earthquake-Resistant Confined Masonry Construction. National Information Centre of Earthquake Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, 2018. 137 p.

5. Pallarés F.J., Agüero A., & Ivorra S. A comparison of different failure criteria in a numerical seismic assessment of an industrial brickwork chimney // Materials and Structures. 2009. No. 42. Vol. 2. Pp. 213–226. DOI: 10.1617/s11527-008-9379-5.

6. López-Patiño G., Adam J., Gimeno P., Milani G. Causes of damage to industrial brick masonry chimneys // Engineering Failure Analysis. Vol. 74. Pp. 188-201. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2017.01.014.

7. Longarini N., Zucca M. A chimney's seismic assessment by a tuned mass damper // Engineering Structures. vol. 79. Pp. 290-296. DOI: 10.1016/j.engstruct.2014.05.020.

8. Minghini, F., Milani, G., & Tralli, A. Seismic risk assessment of a 50m high masonry chimney using advanced analysis techniques // Engineering Structures. 2014. Vol. 69. Pp. 255–270. doi:10.1016/j.engstruct.2014.03.028.

9. Minghini F., Bertolesi E., Del Grosso A., Milani G., Tralli A. Modal pushover and response history analyses of a masonry chimney before and after shortening // Engineering Structures. Vol. 110. Pp. 307–324. DOI: 10.1016/j.engstruct.2015.11.016.

10. Litvinova E.V. Determination of parameters of dynamic characteristics of vibrations of building constructions, buildings and structures // Construction and industrial safety. 2017. Vol. 9. No. 61. Pp. 93–100.

11. Tyapin A.G. Some comments on the new generation of standards in earthquake engineering. Part I: general requirements and seismic input. Part II: seismic forces in linear-spectral method // Earthquake engineering. Constructions safety. 2019. Vol. 5. Pp. 7-18.

12. Birbrayer A.N. Raschet konstruksiy na seysmostoykost [Calculation of designs on seismic stability]. SPb.: Nauka, 1998. 254 p. (In Russ.).

13. Dinamicheskiy raschet sooruzheniy na spayetsialnyye vozdeystviya (Spravochnik proyektirovshchika) [Dynamic calculation of constructions on spayetsialny influences (The reference book of the designer)] / Editors: B. G. Korenev, I. M. Rabinovich. M.: Stroyizdat, 1981. 216 p. (In Russ.).

14. Amosov A. A., Sinitsyn S. B. Osnovy teorii seismostoykosti sooruzhenii: ucheb. posobie dlya vuzov [Fundamentals of the theory of earthquake resistance of structures] / 2nd edition. M.: ACB, 2010. 134 p.

ASSESSMENT OF THE SEISMIC RESISTANCE DEFICIT OF BRICK MASONRY CHIMNEY
ACCORDING TO RELEVANT DESIGN CODES

Abaev¹ Z. K., Kodzaev² M. Yu., Valiev³ A. D.

^{1, 2, 3} North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy
(State Technological University), NCIMM (STU)
Nicolaeva st. 44, Vladikavkaz, Russia, 362021

e-mail: ¹abaich@yandex.ru, ² m_kodzaev@mail.ru, ³ azamat99valiev@gmail.com

Abstract. Most of the brick masonry chimneys located in earthquake-prone areas were built long before the current design codes were adopted, which poses a great threat to the sustainable operation and development of the city industry as a whole. This article presents a consistent example of assessing the deficit of earthquake resistance of a brick masonry chimney and gives general conclusions about changes in main coefficients of designed codes. *This study aims* to quantify the deficit of earthquake resistance of brick masonry chimney according to the relevant Building Codes “SP 14.13330.2018 Construction in seismic areas”.

The object of study: a brick masonry chimney with a height of 45 m.

Subject: methods for calculating buildings and structures for seismic impact; methods for quantifying the deficit of earthquake resistance of buildings and structures.

Materials and methods: The calculation was performed by the linear-spectral theory. Natural frequencies and periods, dynamicity coefficient, seismic forces and bending moments for all forms of free vibrations were determined.

Results:

Conclusions: The analysis made it possible to draw the following conclusions: *a)* The coefficient that takes into account the allowed damages has changed from $K_1 = 0.35$ (SNiP) to $K_1 = 0.4$ (SP) for this type of structures; *b)* in SP there is an additional factor in determining the value of the seismic load – coefficient taking into account the purpose of structure; *c)* in calculating the value of seismic loads according to SNiP involved matrix loads in kN [Q] and the mass matrix [m], for accurate calculation, it increases the margin on a new SP; *d)* changed the method of calculation coefficients. The results obtained from the SP are approximately 20 % higher than those obtained from the SNiP; *e)* the difference in the total response of the structure (bending moments) is on average 27.4 %.

Key words: earthquake resistance, seismic hazard, linear-spectral method, brick masonry chimney

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИНАЦИЙ УТЕПЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА МЕЖДУ СТЕНОЙ И СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЬЮ ИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Валиахметова Ю.И., Важаев К.В., Мартяшева В.А., Латыпова Т.В., Газизова Л.И.,
Шарафутдинов А.И., Ульмасов Р.Р.

Кафедра «Вычислительная математика и кибернетика»
ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет
Адрес: г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12,
Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет
Адрес: г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Аннотация. в статье рассматриваются методы повышения энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через светопрозрачные конструкции, при этом уделяя особое внимание оконным откосам. Авторы предлагают исследовать различные комбинации заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты. Для этого выполнен расчет и полученные результаты распределения температурных полей при различных комбинациях с использованием программного комплекса ANSYS. Авторами проанализированы результаты и сделаны выводы о наиболее экономически выгодном варианте заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты.

Предмет исследования: различные комбинации заполнения пространства между стеной и утеплителем из сэндвич-панелей из минеральной ваты.

Результаты: при расчете на определении наиболее подходящего варианта заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты, заполнение минеральной ватой, и воздухом показали наилучшие показатели. Так при заполнении монтажной пеной температуры на внутренней поверхности угла сопряжения оконного откоса составляют $13,6^{\circ}\text{C}$, $14,3^{\circ}\text{C}$, $15,0^{\circ}\text{C}$, $16,8^{\circ}\text{C}$, что выше точки росы, при заполнении воздухом $13,0^{\circ}\text{C}$, $14,6^{\circ}\text{C}$, $15,3^{\circ}\text{C}$, $16,0^{\circ}\text{C}$.

Выводы: зависимость между температурой наружного воздуха и внутренней температурой поверхности оконного откоса при различных комбинациях утепления показывает, что значение температур поверхности внутреннего контура в углу оконного откоса наиболее благоприятное и ближайшее к комфортному при заполнении пространства между стеной и сэндвич-панелью минеральной ватой или воздухом. Наиболее эффективно использовать утеплитель из минеральной ваты, полностью заполняя пространство, либо заполнять пространство воздухом. Практическое значение работы заключается в применении предлагаемого метода снижения теплопотерь через оконные конструкции на этапе проектирования и расчет теоретической эффективности применения данного метода.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий, светопрозрачные конструкции, оконный откос, уменьшение теплопотерь в зданиях.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире становится актуальным вопрос о рациональном использовании энергоресурсов. Многие страны на законодательном уровне рассматривают пути снижения энергопотребления за счет уменьшения энергозатрат на строительство зданий и сооружений, на отопление, вентиляцию, кондиционирование и водоснабжение.

Энергоэффективность – рационально потребление энергетических ресурсов – использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий и сооружений или технологических процессов на производстве. Для населения повышение энергоэффективности влечет за собой снижение коммунальных расходов, для

страны – экономия ресурсов, повышение производительности.

Одним из наиболее эффективных способов повышения энергоэффективности в строительстве признано снижение теплопотерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений и инженерные системы. Устройство теплоизоляции ограждающих конструкций позволяет экономить до 40-50% энергетических затрат на отопление. Соотношение тепловых потерь через ограждающие конструкции: стены – 35%, кровля – 20%, вентиляция – 17%, окна – 17%, пол – 9%.

Необходимые мероприятия для снижения теплопотерь:

- Утепление наружных конструкций стен и кровли, что способствует экономии до 40% тепла;
- Устранение теплопроводных отверстий в стенах и оконных конструкциях, что способствует экономии 2-3% тепла;

- Проектирование зданий с площадью остекления, не превышающее нормативное значение, установкой многокамерных стеклопакетов, остекление лоджий и балконов, что способствует экономии 10-12% тепла;

- Устройство микровентиляции, что способствует экономии 4-5% тепла;

- Установка индивидуальных терморегуляторов.

На сегодняшний день проведено немало количество исследований, касательно утепления наружных конструкций стен и кровли, а также внедрены в процесс проектирования и строительства такие способы, как:

- Применение минераловатных утеплителей;
- Применение ограждений с экструдированным пенополиэтиленом (Пеноплекс);

- Плиты из базальтовых горных пород (Извол);

- Устройство вентилируемых фасадов.

В связи с внедрением современных технологий энергосбережения в устройство фасадов и кровель, а также на основе исследований зданий и сооружений было выявлено, что до сих пор остается актуальным вопрос о высоком уровне теплопотерь через светопрозрачные конструкции. С учетом вышесказанного, целью данной работы является увеличение энергоэффективности жилых, общественных и промышленных зданий за счет снижения теплопотерь через светопрозрачные конструкции, не нарушая комфортные условия микроклимата в помещениях.

Основные задачи:

1. Изучить законодательную и нормативную базу в области теплопотерь, в том числе через светопрозрачные конструкции;

2. Изучить методы оценки теплопотерь через конструкции оконных проемов;

3. Произвести сравнение методов повышения энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь посредством исследования различных методов утепления оконной конструкции;

4. Произвести исследование различных комбинаций заполнения пространства между стеной и утеплителем, в частности, сэндвич-панелью из минеральной ваты.

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

Основными источниками, раскрывающими методы уменьшения теплопотерь через светопрозрачные конструкции явились научные статьи и нормативная строительная документация.

Начиная с 2002 года, ключевым законодательным актом Европейского союза, предусматривающим сокращение потребления энергии зданиями, является Директива по энергоэффективности зданий (Energy Performance of Buildings Directive). Этот документ устанавливает требования для государств – членов Европейского Союза о принятии мер для повышения коэффициента рационального использования

энергетических ресурсов. На данный момент действует актуализированная Директива 2010/31/ЕС, вступившая в силу 18 июня 2010 года. 30 ноября 2016 года в рамках пакета «Чистая энергия для всех европейцев» Еврокомиссия опубликовала предложение о пересмотре EPBD (COM/2016/0765), которое было согласовано Советом ЕС 26 июня 2017 года [1].

Увеличение энергоэффективности зданий является частью основной концепции Федерального закона РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2].

В Республике Башкортостан внедрено Постановление «О Комплексной программе Республики Башкортостан «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на 2010-2014 год» (с изменениями на 14 февраля 2014 года) [3].

Согласно [4] теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

- а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

- б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

- в) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении требований а), б) и в).

В настоящее время большинство зданий и сооружений имеют ограждающие конструкции, которые не соответствуют нормам по сопротивлению теплопередаче. В связи с этим очень важно массово и оперативно проводить обследование фактического теплотехнического состояния здания (фактического распределения температурных полей на поверхности ограждающих конструкций) [5]. Об актуальность данной темы свидетельствуют многочисленные публикации российских и зарубежных ученых [6-15].

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции должна определяться по результатам расчета температурных полей всех зон с теплотехнической неоднородностью или по результатам испытаний в климатической камере в аккредитованной лаборатории, однако по [5] «температура внутренней поверхности конструктивных элементов остекления окон жилых зданий должна быть не ниже плюс 3 °С, а непрозрачных элементов окон – не ниже температуры точки росы (температура воздуха, при которой содержащийся в нём пар достигает состояния насыщения и начинает конденсироваться в росу) при расчетной температуре наружного

воздуха в холодный период года». Точка росы для Республики Башкортостан составляет +7 °С.

Самыми уязвимыми ограждающими конструкциями на данный момент являются светопрозрачные (оконные). Значительная часть тепла «теряется» через окна и откосы. Коэффициент остекленности фасада жилых зданий обычно составляет около 20%, суммарные теплопотери через окна сопоставимы с теплопотерями через стены [16].

Оконные откосы возможно утеплять различными способами, герметизировать стыки, заменять сэндвич-панели из привычной минеральной ваты на другой материал, с более низким коэффициентом теплопроводности. Также можно рассмотреть замену привычных двуслойных стеклопакетов на трехслойные или энергоэффективные «умные» окна. Например, теплоизоляционные свойства окон повышаются при использовании стекол с селективным покрытием [17], обладающим способностью пропускать коротковолновую ультра-фиолетовую солнечную радиацию в диапазоне от 0,2 до 2 мкм и почти полностью (до 90%) отражать длинноволновую тепловую радиацию в диапазоне от 2,5 до 16 мкм (обычное оконное стекло пропускает последнюю на 70%). Для такого покрытия используют полупрозрачные металлические пленки, например из оловокадмиевого оксида.

Но все вышеперечисленные варианты имеют существенный минус из-за стоимости. Все эти технологии предполагают высокую стоимость как на сами материалы, так и на их монтаж.

В целом, анализ позволяет сделать вывод, что из-за дороговизны материалов с низким коэффициентом сопротивления теплопередачи, методика замены материалов на более лучшие не совсем целесообразна, так как это ведет к удорожанию строительства и повышению себестоимости м² жилых помещений.

Предлагается исследовать заполнение пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты. Данное заполнение нормируется ГОСТ 30971-2012, но из-за сложной технологии практически не применяется. Приведенной в ГОСТе технологией пренебрегают, считая ее трудоемкой и неоправданной. Технологии, описанные в ГОСТ, предполагают использование изоляционной саморасширяющейся паропроницаемой ленты (ПСУЛ). Если устанавливается качественное энергоэффективное пластиковое окно (с монтажной шириной профиля 70 мм и более), монтажный шов будет отличаться от примера ГОСТ 30971-2012 при запенивании, в угловой зоне возле ПСУЛ будут образовываться незапененные полости, а это нарушает теплоизоляционные свойства монтажного шва и приводит к его промерзанию, а в крайнем случае — и к продуванию. Попытка проложить большее количество пены в это пространство приводит к выдавливанию пеной ПСУЛ наружу [18].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее наглядно теплопотери в зданиях помогает определить тепловизионное обследование [9].

Тепловизионное обследование — неразрушающий метод контроля, основанный на дистанционной регистрации тепловых полей объекта обследования по его собственному инфракрасному излучению [5]. Он позволяет регистрировать неоднородности в тепловых потоках, вызываемых внутренними дефектами. Тепловизионный контроль широко используется в военной промышленности, медицине, биологии, экологии, астрономии, производстве строительных материалов, при эксплуатации электроустановок, механического оборудования, зданий и сооружений, инженерных систем [10].

С целью выявления дефектов в оконных проемах, было произведено тепловизионное обследование жилых строящихся зданий в г. Уфа.

При обследовании основное внимание уделялось:

- визуальным дефектам оконной конструкции;
- узлам сопряжений оконной рамы с откосами.

Задачей обследования было выявление у объектов исследования, зон с повышенной температурой с внутренней части оконного проема обследуемых зданий.

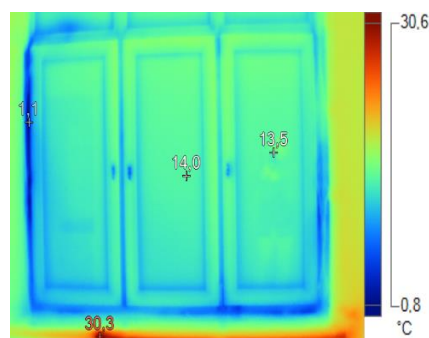


Рис. 1. Одна из термограмм откоса, утепленного сэндвич-панелью

Fig. 1. One of the thermograms of the slope insulated with a sandwich panel

Рассмотрев, полученные термограммы видно, что фактическая температура внутренней поверхности оконной конструкции колеблется в пределах (1,0-5,2) °С, в среднем температура в местах детального обследования составляет 3 °С.

При визуальном обследовании обнаружилось, что в качестве утеплителей в оконных проемах чаще всего используется сэндвич-панель с минеральной ватой или пенопластом. Для улучшения теплозащитных свойств в местах соединений сэндвич-панелей заполнили монтажной пеной, а стык сэндвич-панели остался незагерметизированным. Вследствие чего, в узлах сопряжения попадает влага, и ухудшаются теплозащитные свойства утеплителя.

Численные исследования касательно вопроса исследований выполнены в САЕ-комплексе ANSYS. САЕ - системы предназначены для моделирования и анализа физических процессов. САЕ-системы основаны на математических моделях, представляющих собой системы уравнений, которые решаются с помощью методов конечных разностей, конечных объемов и конечных элементов. ПК ANSYS – это многоцелевой пакет программ для численного моделирования физических процессов и явлений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для анализа теплового потока, необходимо следовать следующим алгоритмом действий в программном комплексе ANSYS:

1. Выбрать тип создаваемой модели - теплопередача стационарная.
2. Определить рабочую область и задать геометрию модели.
3. Указать граничные условия модели.
4. Принять теплофизические и начальные условия.
5. Задать параметры сетки и ее построение.
6. Задание исходных данных-свойств теплопроводности λ Вт/(м² *с) используемых строительных материалов
7. Задание коэффициентов теплопередачи внутренней и наружной поверхности конструкций.
8. Определить параметры решающего устройства и запустить расчет.

Для того, чтобы наглядно продемонстрировать распределение температуры в откосе без утепления, выполнен критический расчет в программном комплексе ANSYS. Расчет показывает, как происходит распределение холодного воздуха с улицы в помещение через стены при отсутствии какого-либо утепления. Такое может происходить при недостаточном утеплении стен и откосов. Эксперимент наглядно демонстрирует, как важно заботиться о теплофизических характеристиках жилых зданий.

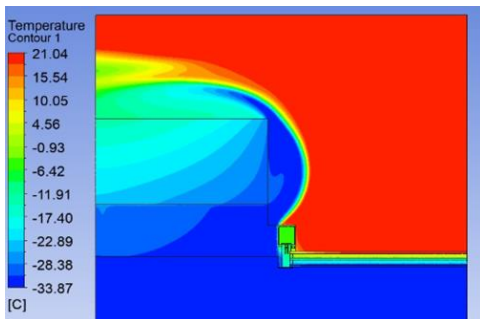


Рис. 2. Результат моделирования температурных полей в критических условиях

Fig. 2 The result of simulation of temperature fields in critical conditions

Температура на внутренней поверхности оконного откоса от -32,85 °С до -5,37 °С.

Для того, чтобы исключить теплопотери в строящихся и эксплуатирующихся зданиях необходимо не только обеспечить качественный монтаж, герметичность швов, но и создавать дополнительные мероприятия, например, использовать металлический лист для обрамления оконного откоса. Данный метод является достаточно приемлемым в цене и эффективным. Он создает дополнительную изоляцию и мешает холодному воздуху попадать в жилое помещение через неплотности узлов и швов в конструкции стены. Металлическая пластина представляет собой конструкцию из самого недорогого металла, имеющегося на рынке. Металлическая пластина в облицовке внутреннего оконного откоса выполняет роль преграды, для сохранения теплотехнических характеристик материалов, используемых для утепления внутреннего откоса.

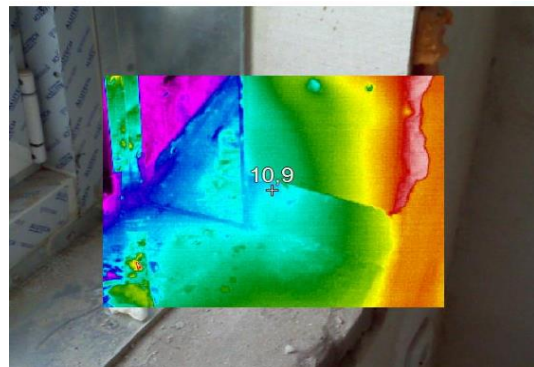


Рис. 3. Тепловизионная съемка оконного проема с утеплением металлической пластиной

Fig. 3. Thermal imaging of a window opening with metal plate insulation

Для исследования надежности утепления внутреннего откоса металлической пластиной в компьютерной системе ANSYS произведен тепловой расчет оконной конструкции с утеплением металлической пластиной. Для анализа используется температура в трех точках металлической пластины:

- примыкание металлической пластины к стене (кирпич);
- примыкание металлической пластины к профилю окна;
- угол оконного откоса.

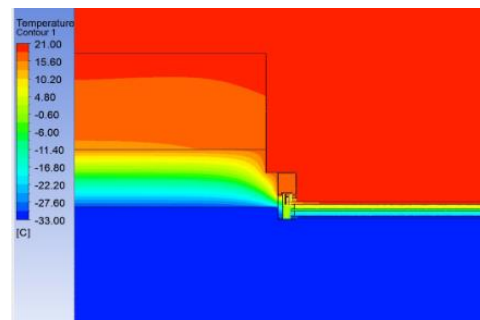


Рис. 4. Результат компьютерного моделирования температурных полей в программном комплексе ANSYS

Fig. 4. Result of computer simulation of temperature fields in the ANSYS software package

Для качественной теплоизоляции оконного откоса недостаточно уставить металлическую пластину. Необходимо предусмотреть дополнительные методы. В качестве альтернативного и недорого варианта возможно исследовать влияние материала заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью.

Предлагается выполнить:

1. Откос, утепленный сэндвич-панелью с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью монтажной пеной 2/3 и воздухом 1/3 при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15;

2. Откос, утепленный сэндвич-панелью (мин. вата) с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью монтажной пеной 1/3 и воздухом 2/3 при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15.

3. Откос, утепленный сэндвич-панелью с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью минеральной ватой при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15;

4. Откос, утепленный сэндвич-панелью с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью воздухом при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15.

Для каждого предложенного выше расчета получены результаты моделирования температурных полей. В связи с большим объемом таблиц, предлагается исследовать результаты при температуре наружного воздуха -33 °C.

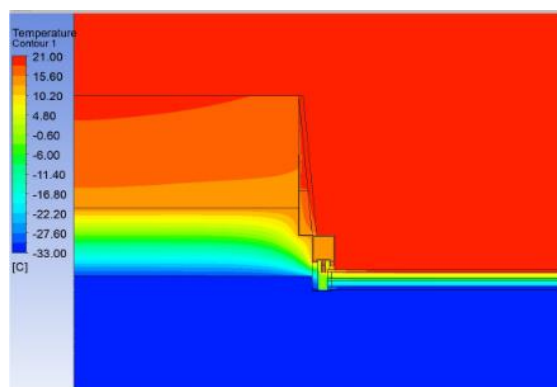


Рис. 5. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением монтажной пеной и воздухом

Fig. 5. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel filled with mounting foam and air

Таблица 1. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины

Table 1. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °C
1	-33	0,5 м/с	+17,1
2			+16,7
3			+15,6

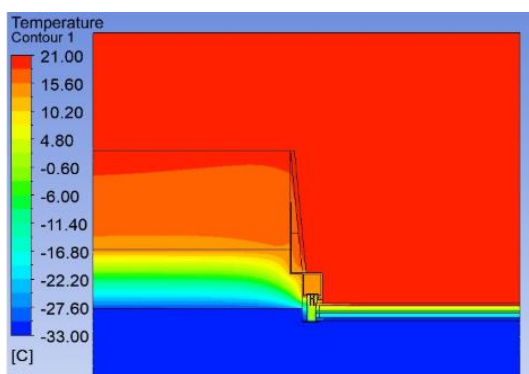


Рис. 6. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением минеральной ватой

Fig. 6. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel filled with mineral wool

Таблица 2. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины

Table 2. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °C
1	-33	0,5 м/с	+16,8
2			+13,6
3			+13,0

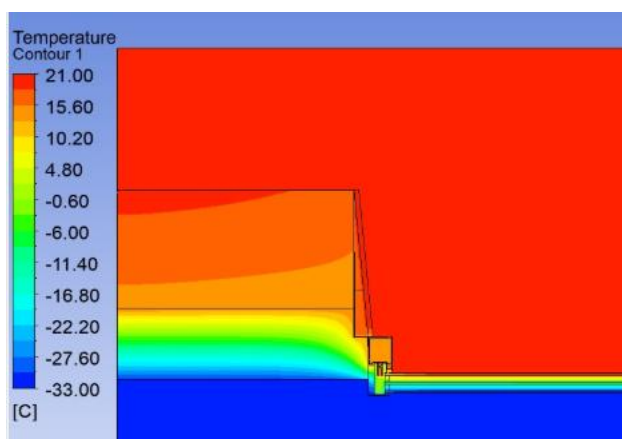


Рис. 7. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением воздухом
Fig. 7. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel with air filling

Таблица 3. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины
Table 3. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °С
1	-33	0,5 м/с	+14,86
2			+13,0
3			+12,2

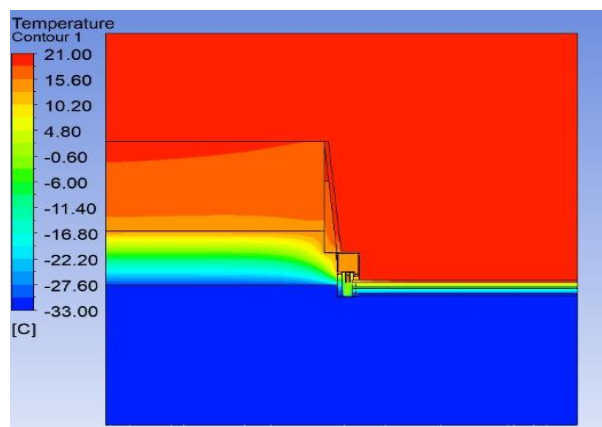


Рис. 8. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением монтажной пеной на 2/3 расстояния оконного проема

Fig. 8. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel with filling with mounting foam for 2/3 of the distance of the window opening

Таблица 4. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины
Table 4. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °С
1	-33	0,5 м/с	+15,8
2			+11,8
3			+12,8

Произведя дополнительные расчеты, предложенных вариантов для температур наружного воздуха -25, -20, -15 °С. На графике ниже представлены все комбинации заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью при температурах наружного воздуха -33°С.

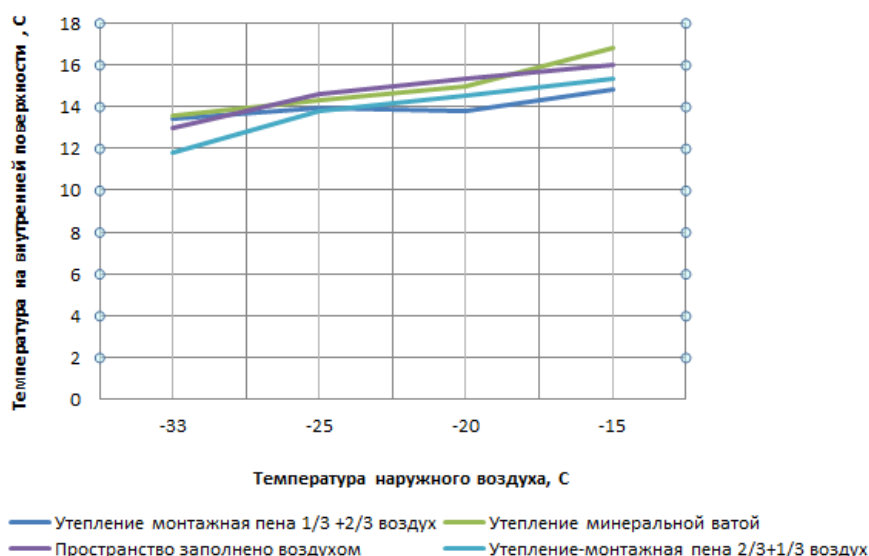


Рис.9. График температур поверхностей по внутреннему контуру в углу оконного откоса
Fig. 9. Graph of surface temperatures along the inner contour in the corner of the window slope

Также на рис. 9 видно, что значение температур поверхности внутреннего контура в углу оконного откоса наиболее благоприятное и ближайшее к комфортному при заполнении пространства между стеной и сэндвич-панелью минеральной ватой или воздухом.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов экспериментального исследования заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью различными комбинациями заполнителей, а также тепловизионное и визуальное обследование оконной конструкции позволяют сделать ряд выводов.

1. При расчете в программном комплексе ANSYS выявлено, что незначительное утепление оконного откоса металлической пластиной, позволяет с температуры $-28,85^{\circ}\text{C}$ критического расчета повысить ее до $+13^{\circ}\text{C}$. Температура в узле сопряжения оконного откоса стала выше точки росы в разы, что подтверждает увеличение тепловой надежности откоса и уменьшение теплопотери, даже при возможном неправильном монтаже оконных откосов. Учитывая, что некачественный монтаж, не редкая ситуация, металлическая пластина является своего рода необходимым связующим звеном, позволяющим надолго сохранить теплофизические характеристики и светопрозрачных конструкций, и оконных откосов.

2. При расчете на определении наиболее подходящего варианта заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты, заполнение минеральной ватой, и воздухом показали наилучшие показатели. Так при заполнении монтажной пеной температуры на внутренней поверхности угла сопряжения оконного откоса составляют $13,6^{\circ}\text{C}$, $14,3^{\circ}\text{C}$, $15,0^{\circ}\text{C}$, $16,8^{\circ}\text{C}$,

что выше точки росы, при заполнении воздухом, $^{\circ}\text{C}$: $13,0$, $14,6$, $15,3$, $16,0$.

В жизненном цикле здания на стоимость строительства приходится пятая часть затрат, остальные расходы - это затраты на эксплуатацию. Безусловно, первостепенным критерием выбора материалов и конструктивных решений, закладываемых в проект или применяемых при строительстве, является стоимость начальных вложений. Также становится очевидным и тот факт, что уменьшение расходов на эксплуатацию становится ключевым условием в решении задач экономической эффективности вложений и энергоэффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018.
2. Каменева Е.А., Седаш Т.Н., Тютюкина Е.Б., Шохин Е.И. Финансовый механизм повышения энергоэффективности (на примере ЖКХ): Монография. — М.: Научные технологии, 2013.
3. ТСН 23-318-2000 Республики Башкортостан (ТСН 23-318-2000 РБ) Тепловая защита зданий. Введ. 23.01.2001 г.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1). 2013 г.
5. А.К. Буркитбаев, Ш.К. Адилев. Тепловизионное обследование как способ технической диагностики теплопотерь в зданиях и сооружениях. Вестник Алматинского технологического университета. 2013. — С. 77-79.
6. Santos, P, Martins, C, Sim es da Silva, L. Thermal performance of lightweight steel-framed construction systems. Metall Res Technol. 2014. No. 111(6). pp. 329-338.

7. Santos, P, Energy efficiency of lightweight steel-framed buildings [Online]. URL <https://www.intechopen.com/books/energy-efficient-buildings/energy-efficiency-of-lightweightsteel-framed-buildings> (date of application: 11.12.2017).

8. Mao, G., Johannesson, G. Dynamic calculation of thermal bridges. *Energy and Buildings*. 1997. Vol. 26. No. 3. pp. 233-240.

9. Garay, R., Uriarte, A, Apraiz, I. Performance assessment of thermal bridge elements into a full scale experimental study of a building façade. *Energy and buildings*, 2014. No. 85. pp. 579-591.

10. Tenpierik, M.J., Van der Spoel, W.H., Cauber, J.M. Analytical model for computing thermal bridge effects in high performance building panels [Online]. URL: http://www.researchgate.net/publication/242269808_Analytical_Model_for_Computing_Thermal_Bridge_Effects_in_High_Performance_Building_Panels (date of application: 11.12.2017).

11. Qingyan Chen. A computational method for calculation heat transfer and airflow through a dual-airflow window. *Energy and Environment*, Vol. 40, pp. 452-458, 2008.

12. Neveen Haxnza, Double versus single skin facades in hot arid areas. *Energy and Buildings*, vol. 40, pp. 240-248, 2008.

13. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No. 8(34). pp. 4-14.

14. Krivoshein, A.D., Fedorov, S.V. К вопросу о расчёте приведенного сопротивления теплопередаче [About the calculation of reduced total thermal resistance of walling]. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No. 8(18). pp. 21-27.

15. Bedov A I, Babkov V V, Gaisin A M, Gabitov A I Experience in Operating Residential and Civil Buildings with Heat Efficient External Walls in Climatic Conditions of the Republic of Bashkortostan // *Bulletin of MSUCE – 2011 No 2 V 1*, pp 89-94.

16. Подковырина К.А., Подковырин В.С. Энергоэффективные светопрозрачные ограждающие конструкции (современная историография вопроса) // *Урбанистика*. – 2016. – № 3. – С. 49-60.

17. Пат. 2639750 Российская Федерация, МПК C03C 17/36, E06B 3/66. Изолирующие стеклопакеты с низкоэмиссионными и антиотражающими покрытиями [текст]/ FRENK Markus (US), BOJS Brent (US), KNOLL Khartmut (DE), LORENTS Aleksander (DE), KRILTTS Uve (DE); заявитель и патентообладатель - GARDIAN INDASTRIZ KORP. (US) SANTR LYUKSAMBURZHUA DE RESHERSH PUR LE VERR E LYA SERAMIK S.A. (S.R.V.S.) (LU). – № 2014128342; заявл. 27.04.2012; опубл. 22.12.2017.

18. ГОСТ 30971-2012 «Швы монтажные узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия»

19. А.М. Чегринцев. Анализ теплопотерь в ограждающих конструкциях зданий и сооружений.

Вестник Сумского национального аграрного университета. Выпуск 8 (17), 2013г. – с.116 – 118.

20. Н.С. Пономарев, Т.С. Рогожин. Методика определения теплопотерь здания с использованием тепловизора. «Современные проблемы физико-математических наук». Материалы III Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Т.Н. Можаровой. 2017 С. 249-253.

REFERENCES

1. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of May 30, 2018.

2. Kameneva E.A., Sedash T.N., Tyutyukina E.B., Shokhin E.I. The financial mechanism for improving energy efficiency (for example, housing and communal services): Monograph. - M.: Scientific technologies, 2013.

3. TSN 23-318-2000 of the Republic of Bashkortostan (TSN 23-318-2000 RB) Thermal protection of buildings. Enter 01/23/2001

4. SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. Updated version of SNiP 23-02-2003 (as Amended by N 1). 2013

5. A.K. Burkitbaev, Sh.K. Adilov. Thermal imaging as a method for the technical diagnosis of heat loss in buildings and structures. *Bulletin of Almaty Technological University*. 2013 - p. 77 - 79.

6. Santos, P, Martins, C, Sim es da Silva, L. Thermal performance of lightweight steel-framed construction systems. *Metall Res Technol*. 2014. No. 111(6). pp. 329–338.

7. Santos, P, Energy efficiency of lightweight steel-framed buildings [Online]. URL <https://www.intechopen.com/books/energy-efficient-buildings/energy-efficiency-of-lightweightsteel-framed-buildings> (date of application: 11.12.2017).

8. Mao, G., Johannesson, G. Dynamic calculation of thermal bridges. *Energy and Buildings*. 1997. Vol. 26. No. 3. pp. 233–240.

9. Garay, R., Uriarte, A, Apraiz, I. Performance assessment of thermal bridge elements into a full scale experimental study of a building façade. *Energy and buildings*, 2014. No. 85. pp. 579–591.

10. Tenpierik, M.J., Van der Spoel, W.H., Cauber, J.M. Analytical model for computing thermal bridge effects in high performance building panels [Online]. URL: http://www.researchgate.net/publication/242269808_Analytical_Model_for_Computing_Thermal_Bridge_Effects_in_High_Performance_Building_Panels (date of application: 11.12.2017).

11. Qingyan Chen. A computational method for calculation heat transfer and airflow through a dual-airflow window. *Energy and Environment*, Vol. 40, pp. 452-458, 2008.

12. Neveen Haxnza, Double versus single skin facades in hot arid areas. *Energy and Buildings*, vol. 40, pp. 240-248, 2008.

13. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Influence of building envelope thermal

protection on heat loss value in the building. Magazine of Civil Engineering. 2012. No. 8(34). pp. 4–14.

14. Krivoshein, A.D., Fedorov, S.V. K voprosu o raschete privedennogo soprotivleniya teploperedache [About the calculation of reduced total thermal resistance of walling]. Magazine of Civil Engineering. 2010. No. 8(18). pp. 21–27.

15. Bedov A I, Babkov V V, Gaisin A M, Gabitov A I Experience in Operating Residential and Civil Buildings with Heat Efficient External Walls in Climatic Conditions of the Republic of Bashkortostan // Bulletin of MSUCE – 2011 No 2 V 1, pp 89-94.

16. Podkovyrina K.A., Podkovyrin V.S. Energy-efficient translucent walling (modern historiography of the issue) // Urban Studies. – 2016. – No. 3. – S. 49-60.

17. Pat. 2639750 Russian Federation, IPC C03C 17/36, E06B 3/66. Insulating double-glazed windows with low-emission and anti-reflective coatings [text] / FRENK Markus (US), BOJS Brent (US), KNOLL Khartmut (DE), LORENTS Aleksander (DE), KRILTTTS Uve (DE); applicant and patent holder - GARDIAN INDASTRIZ KORP. (US) SANTR LYUKSAMBURZHUA DE RESHERSH PUR LE VERR E LYA SERAMIK S.A. (S.R.V.S.) (LU). –

№ 2014128342; declared 04/27/2029.11.2012; publ. 12/22/2017.

18. GOST 30971-2012 “Mounting seams for adjoining window blocks to wall openings. General specifications ”

19. A.M. Chegrinets. Analysis of heat loss in the enclosing structures of buildings and structures. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Issue 8 (17), 2013 - p. 116 - 118.

20. N.S. Ponomarev, T.S. Rogozhin. Methodology for determining heat loss of a building using a thermal imager. "Modern problems of physical and mathematical sciences." Materials of the III International Scientific and Practical Conference. Under the total. ed. T.N. Mozharova. 2017 p. 249 - 253.

RESEARCH OF VARIOUS COMBINATIONS OF WARMING SPACE BETWEEN A WALL AND A SANDWICH PANEL FROM MINERAL WOOL

Valiakhmetova Yu.I., Vazhdaev K.V., Martyasheva V.A., Latypova T.V., Gazizova L.I., Sharafutdinov A.I., Ulmasov R.R.

Department “Computational Mathematics and Cybernetics”
Ufa State Aviation Technological University
Address: Ufa, K. Marx Str., 12,
Department "Water supply and drainage"
Ufa State Petroleum Technological University
Address: Ufa, Kosmonavtov Str., 1

Abstract The article discusses methods for improving the energy efficiency of buildings by reducing heat loss through translucent structures, while paying particular attention to window slopes. The author suggests exploring various combinations of filling the space between a wall and a mineral wool sandwich panel. For this, the calculation and the results of the distribution of temperature fields for various combinations using the ANSYS software package were performed. The author analyzed the results and made conclusions about the most cost-effective option for filling the space between the wall and the mineral wool sandwich panel.

Subject: various combinations of filling the space between the wall and the mineral wool sandwich panel insulation.

Results: Results: When calculating the most suitable option for filling the space between the wall and the mineral wool sandwich panel, filling with mineral wool and air showed the best results. So when filling with mounting foam, the temperatures on the inner surface of the angle of contact of the window slope are 13.6 ° C, 14.3 ° C, 15.0 ° C, 16.8 ° C, which is higher than the dew point, when filling with air 13.0 ° C, 14.6 ° C, 15.3 ° C, 16.0 ° C.

Conclusions: the relationship between the temperature of the outdoor air and the internal temperature of the surface of the window slope for various combinations of insulation shows that the temperature value of the surface of the inner contour in the corner of the window slope is the most favorable and closest to the comfort when filling the space between the wall and the sandwich panel with mineral wool or air. It is most effective to use mineral wool insulation to completely fill the space, or to fill the space with air. The practical significance of the work lies in the application of the proposed method of reducing heat loss through window structures at the design stage and calculating the theoretical effectiveness of this method.

Key words: energy efficiency of buildings, translucent structures, window slope, reduction of heat loss in buildings.

УДК 691.3

ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ И МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ СОСТАВОВ С ДОБАВКОЙ МАТЕРИАЛА С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ФАЗОВЫМ СОСТОЯНИЕМ

Новиков Н.С., Назиров Р.А., Жжонных А.М., Тараненко Д.В.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». Инженерно-строительный институт, 660041, Красноярский край, г. Красноярск, проспект Свободный, 82 ст1.

e-mail: novikov.nick.s@gmail.com, nazirovra@gmail.com, sfu.lab@mail.ru, dmitij_taranenko@mail.ru

Аннотация. Одной из главных задач в области строительства является обеспечение комфортного микроклимата в помещениях при одновременном снижении потребления постоянно дорожающих топливно-энергетических ресурсов. Уменьшение энергозатрат при эксплуатации зданий способствуют снижению расхода природных топливно-энергетических ресурсов и выбросов диоксида углерода и других вредных веществ в окружающую среду.

В условиях работы ограждающих конструкций, при периодически изменяющихся температурах, одним из решений этой задачи может быть применением в строительных конструкциях материалов с изменяющимся фазовым состоянием (PCM). В статье рассмотрено влияние количества добавки РСМ на основные свойства строительных материалов: водопоглощение, пористость и морозостойкость, изготовленных на основе товарной сухой смеси.

Предмет исследования: влияние отрицательных температур на цементные составы, содержащие добавку с изменяющимся фазовым состоянием.

Ключевые слова: материалы с изменяющимся фазовым состоянием, тепловые аккумуляторы, строительные материалы, основные свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Суровые климатические условия нашей страны вызывают необходимость повышения тепловой и энергетической эффективности ограждающих конструкций зданий, способствующей сокращению расхода природных ресурсов и улучшению экологической обстановки [1, 2]. Авторы [3] указывают необходимость разработки и проведения комплекса энергосберегающих мероприятий градостроительного, архитектурно-планировочного, конструктивного, инженерного и эксплуатационного характера. Как правило, в строительстве эта задача решается увеличением величины тепловой изоляции, которая сопровождается повышением толщины конструкции.

Рациональным решением может считаться использование принципа тепловых аккумуляторов, заряжаемых в период превышения поступления энергии над потреблением и разряжаемых при превышении потребления энергии над поступлением. Использование главного принципа работы теплоемких материалов позволяет аккумулировать тепловую энергию, которая расходуется на стабилизацию экстремальных температур в помещении и увеличивает время, необходимое для нагрева или охлаждения конструкций [4]. Следует отметить, что интенсивная исследовательская работа по внедрению теплоемких материалов в строительную сферу началась только в последнее десятилетие и предпосылкой этому явились научные разработки в области систем тепловых аккумуляторов [5-7].

Выбор материала для теплоаккумулятора зависит от ряда различных требуемых факторов (тип конструкции аккумулятора, рабочая температура, энергоёмкость, плотность аккумулирования и т.д.). Так, например, для водонагревательных установок и жидкостных систем отопления лучше всего в качестве теплоаккумулирующего материала применять воду, а для воздушных гелиосистем — гальку или гравий. Галечный теплоаккумулятор при одинаковой энергоёмкости по сравнению с водяным аккумулятором имеет в 4,2 раза больший объем и в 5 раз большую массу.

Применение теплоаккумулирующего материала с фазовым переходом, характеризующийся большой объемной плотностью аккумулируемой энергии, позволяет в значительной степени уменьшить массу и объем теплового аккумулятора. Например, объем аккумулятора, заполненного глауберовой солью, по сравнению с водяным аккумулятором при одинаковой энергоёмкости, будет меньше до 4,5 раза [8].

В качестве материалов, аккумулирующих тепло используются органические материалы. В строительной отрасли широкое использование получила легкая фракция парафина с температурой фазового перехода 23...27°С. В отличие от неорганических материалов он химически стабилен. У органических материалов отсутствуют недостатки неорганических материалов, но цена их, как правило, выше. Главные проблемы их это воспламеняемость и дымовыделение.

В отечественной литературе мало публикаций посвящённых тематике материалов с

изменяющимся фазовым состоянием внедренных в традиционные строительные материалы. Стоит отметить работу авторов [9] в которой расширены теоретические знания в области применения материалов с изменяющимся фазовым состоянием. Они показали, что эффект аккумуляции энергии происходит как при засыпке, так и при введении материала в штукатурные смеси.

Строительные изделия [10-12] с тепловыми аккумуляторами, внедренными в традиционные бетонные строительные материалы, представляют собой теплоаккумулирующие бетонные материалы с повышенными удельными характеристиками тепловой ёмкости. Климатические условия Российской Федерации значительно отличаются от климата европейских стран, поэтому в таких материалах требуется уделить особое внимание параметрам, определяющим долговечность: водопоглощению и морозостойкости.

Цель работы: Определить влияние добавки с изменяющимся фазовым состоянием на цементные составы при условиях отрицательных температур.

Для достижения этой цели были поставлены и решены следующие задачи:

- изучить характеристики материала с изменяющимся фазовым состоянием с целью применения его в качестве добавки в цементных составах, эксплуатирующихся в условиях отрицательных температур.

- определить строительно-технические свойства цементных составов с добавкой РСМ.

- определить влияние количества добавки на строительно-технические свойства цементных составов с добавкой РСМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве материала с изменяющимся фазовым состоянием использовалась добавка Micronal[®], концерна BASF, которая представляет собой микрокапсулы с защитной полимерной оболочкой, внутри которой находится чистый парафин. Размер микрокапсул около 5 микрон. Парафин изменяет свое фазовое состояние и теплоемкость в диапазоне 23...26°C. Насыпная плотность Micronal[®] варьируется в зависимости от марки от 250 до 350 кг/м³. Плотность испытуемого материала составляет 346 кг/м³. Плотность самого парафина внутри капсул 900 кг/м³. Теплоемкость парафина в твердом состоянии 2200 Дж/(кг°C). Приблизительный объем сохраняемого тепла от 125 до 145 кДж/кг. Прочностными характеристиками Micronal[®] не обладает. Для испытаний изготавливались цементные образцы из сухой смеси EmacoS88C[®] без добавки и с добавкой Micronal[®] в количестве 6 и 24% от массы сухой смеси (табл. 1). Для сопоставимости результатов цементные составы изготавливали с одинаковой подвижностью равной 5 см по стандартному конусу ЦНИИЛ. Первая серия образцов являлась контрольной. Вторая и третья содержат, распределенную по всему объему добавку, с изменяющимся фазовым состоянием. Для испытаний формовались образцы кубы с ребром длиной 70 мм. Через сутки образцы распалубливались и помещались в условия 100% влажности при температуре 20°C (±2°C).

Таблица 1. Составы образцов
Table 1. Compositions under the test

№ состава	Расход материалов, кг/м ³ (% от массы сухой строительной смеси)			Плотность бетона в сухом состоянии, кг/м ³
	Emaco	Micronal [®]	Вода	
1	1804	–	346	1965
2	1379	86 (6,2)	305	1674
3	930	221 (23,8)	332	1320

Оценка кинетики водопоглощения проводили методом гидростатического взвешивания по ГОСТ 12730.3 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Параметры пористости определялись по ГОСТ 12730.4 «Бетоны. Методы определения показателей пористости».

Оценку морозостойкости проводили по второму ускоренному методу по ГОСТ 10060 «Бетоны. Методы определения морозостойкости». Морозостойкость оценивалась по трем критериям: изменение массы, скорость прохождения ультразвука и потери прочности при сжатии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Изменение массы образцов в процессе водопоглощения представлено на рис. 1.

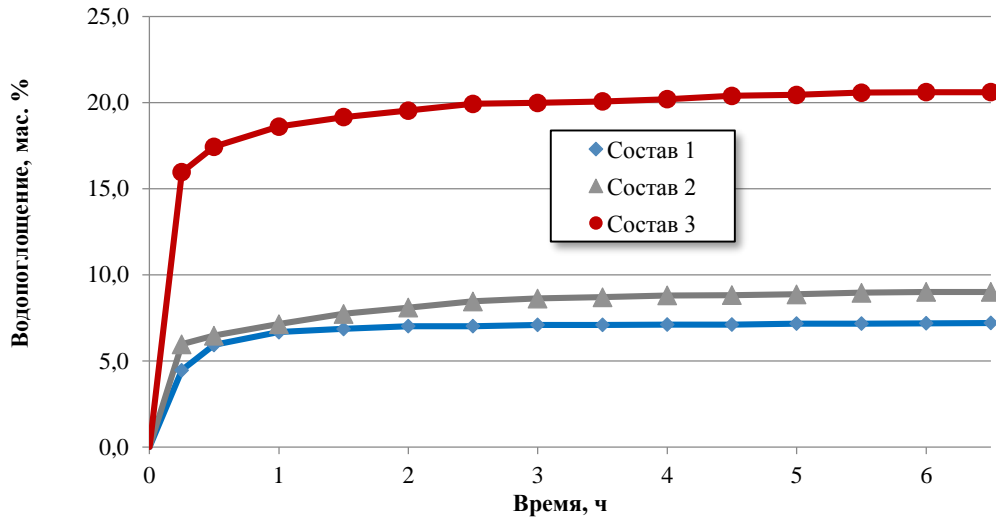


Рис. 1. Кинетика водопоглощения в процентах по массе
Fig. 1. Kinetics of water absorption in percent by weight

Результаты испытания аппроксимировались уравнением, по ГОСТ 12730.4, в программном комплексе statistica. Пример аппроксимации и значение коэффициента детерминации предоставлены на рис. 2.

$$W = W_{\max} \cdot (1 - \exp(-((\lambda) \cdot t^\alpha))) \quad (1)$$

где W_{\max} – максимальное водопоглощение, %;

λ – показатель среднего размера открытых капиллярных пор, равный пределу отношений ускорения процесса водопоглощения к его скорости;

α – показатель однородности размеров открытых капиллярных пор;

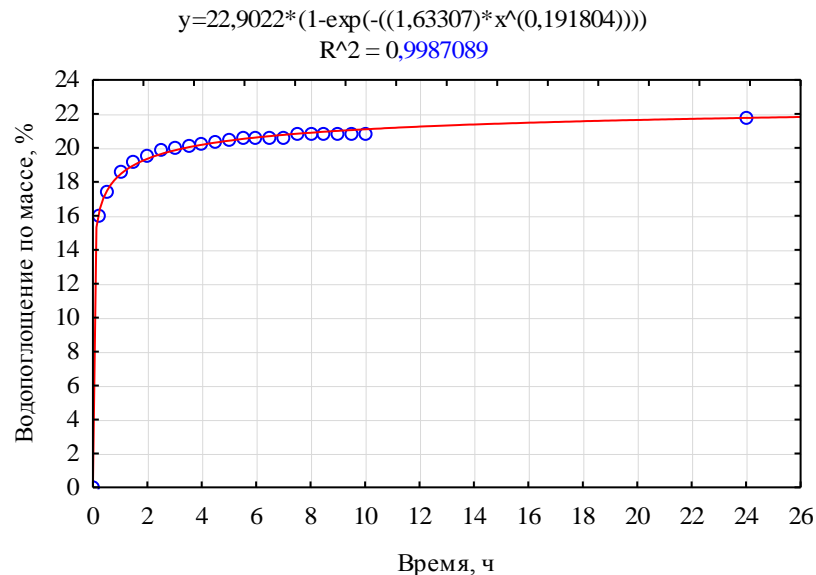


Рис. 2. Пример аппроксимации состава №3
Fig. 2. Composition №3 approximation example

Результаты расчетов коэффициентов в уравнении представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчетов коэффициентов пористости
Table 2. Results of calculating porosity coefficients

Показатели водопоглощения	Количество добавки, масса %		
	0	6,2	23,7
λ	1,63	1,4	1,63
α	0,3	0,33	0,19
$W_{\max}, \%$	7,8	9,8	22,9

По результатам изменения массы и скорости прохождения ультразвука за 30 циклов были построены графики изменения скорости прохождения ультразвука (рис. 3) и изменения массы за 30 циклов ускоренным методом (рис. 4).

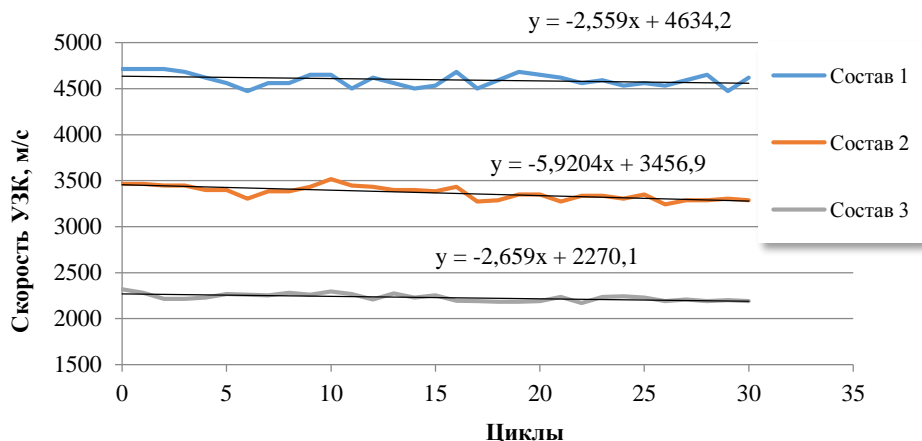


Рис. 3. Изменения скорости прохождения ультразвука

Fig. 3. Changes of the speed of ultrasound

Испытаний на морозостойкость с подобными материалами не проводилось. Была вероятность резкой потери прочности после нескольких циклов испытаний попеременного замораживания и оттаивания. Перед авторами не стояла задача установления градуированных зависимостей методом ультразвукового исследования, была задача наблюдать кинетику снижения прохождения скорости ультразвука. Резкое снижение скорости прохождения ультразвука свидетельствовало бы о критической потере прочности образцов. Видно из рис. 3, что с увеличением количества циклов скорость прохождения ультразвука падает, что говорит о потере прочности с увеличением

количества циклов. Изменение скорости ультразвука оценивалось формулой:

$$\Delta S_{\text{уз}} = 100 \cdot (S - S_1) : S \quad (2)$$

где S – скорость ультразвука при сквозном продольном прозвучивании образца до замораживания; S_1 – скорость ультразвука при сквозном продольном прозвучивании образца после N циклов замораживания и оттаивания.

Увеличение массы водонасыщенных образцов незначительно и может быть обусловлено увеличением степени гидратации цемента и изменением пористости в результате деградации первоначально сформированной структуры (рис. 3).

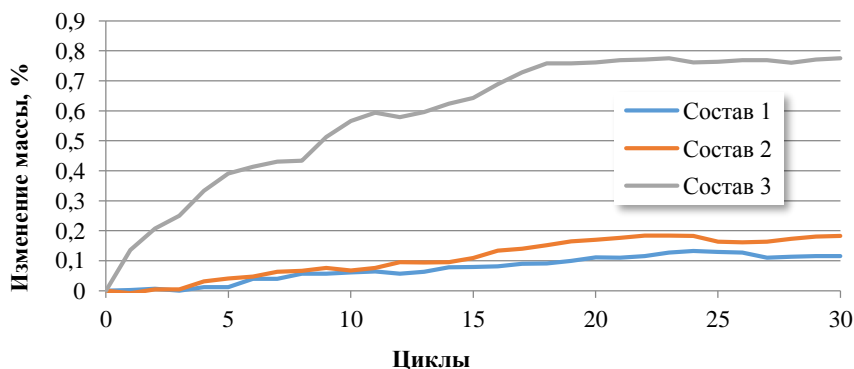


Рис. 4. Изменения массы образцов в зависимости от циклов

Fig. 4. Dependence of weight change from the number of freezing and thawing cycles

Добавка Micronal® в количестве 24% приводит к увеличению водопоглощения практически в 3 раза. Значительное увеличение водопоглощения приводит, как правило, к снижению морозостойкости.

Потеря прочности при сжатии после 30 циклов замораживания и оттаивания, для контрольного образца составила 3,84%, для состава №2 (образца с 6% добавки) 8,10%, для состава №3 (образца с добавкой в количестве 24%) 10,3% (табл. 3).

Таблица 3. Потеря прочности после испытания на морозостойкость
Table 3. Loss of strength after testing on frost resistance

Соста в	Прочность контрольных образцов, МПа	Прочность образцов после испытания, МПа	Потеря прочности, %	Снижение скорости ультразвука, %
1	57,2	55,0	-3,84	1,96
2	24,7	22,7	-8,10	5,12
3	5,8	5,2	-10,3	5,57

Согласно ГОСТ 10060 образцы считаются выдержавшими n-ое количество циклов попеременного замораживания и оттаивания если нижняя граница доверительного интервала прочности контрольных образцов с учетом коэффициента 0.9 больше, либо равна нижней границы доверительного интервала прочности основных образцов. Из таблицы 4 видно, что это условие выполняется.

Таблица 4. Статистический расчет результатов испытаний
Table 4. Statistical calculation of test results

Показатель	Значения показателей					
	контрольных образцов			основных образцов		
% добавки	0	6	24	0	6	24
X_{cp}^I , МПа	57,2	24,7	5,8	-	-	-
σ_n^I , МПа	4,22	1,6	0,28	-	-	-
X_{cp}^{II} , МПа	-	-	-	55,0	22,7	5,2
σ_n^{II} , МПа	-	-	-	3,53	0,96	0,18
V , %	7,38	6,47	4,85	6,42	4,25	3,44
X_{min}^I , МПа	43,77	19,61	4,91	-	-	-
$0,9X_{min}^I$, МПа	39,39	17,65	4,42	-	-	-
X_{min}^{II} , МПа	-	-	-	43,77	19,65	4,63

ВЫВОДЫ

1. Добавка РСМ оказывает влияние на формирование структуры цементных материалов. При добавлении 6% микрокапсул, средний размер открытых капиллярных пор уменьшается, а однородность незначительно увеличивается. С добавкой в количестве 24% средний размер открытых капиллярных пор остается неизменным, а однородность значительно падает.

2. Увеличение количества добавки РСМ приводит к снижению прочности образцов по сравнению с контрольным составом без добавки. Добавление добавки в количестве 6% и 24% снижают прочность образцов в 2,3 и в 9,9 раз соответственно.

3. Образцы с добавкой РСМ выдерживают 30 циклов замораживания и оттаивания в 5-ом% водном растворе хлорида натрия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серпухова Е.П. Теплоэффективная эксплуатация жилых домов для предотвращения потепления // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Социально-гуманитарные и экономические науки. 2016 г., С. 362-365. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25882908_96321999.pdf (дата обращения 23.07.2020)

2. Борсук О.Ю., Меретуков З.А. Тепловизионное обследование жилых домов города Майкопа // Строительство и техногенная безопасность. 2019 г. №17 (69) С. 55-60. URL: <https://stroyjournal-asa.ru/index.php/asa> (дата обращения 23.07.2020)

3. Васильева Д.А., Никитина Н.П. Стратегия энергосбережения в сфере строительства и эксплуатации зданий и сооружений // Энерго-

ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Екатеринбург, 11-15 декабря 2017 г., Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, С. 1024-1028. URL:

http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/57851/1/eir_2017_257.pdf (дата обращения 23.07.2020)

4. Rinaldi, N. Thermal Mass, Night Cooling and Hollow Core Ventilation System as Energy Saving Strategies in Buildings. // Master Thesis, KTH – Stockholm, Sweden. 2009. – 335 p.

5. Антипов Е.О. Экспериментальное исследование оптимальных параметров размещения теплообменной поверхности в аккумуляторе теплоты на основе парафина // Энергетика и автоматика. 2015 г. №4. С. 164-168. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25401213_27351205.pdf (дата обращения 23.07.2020)

6. Сенцов И.В., Постникова П.И., Цыгвинцев И.В., Козлова К.С., Шкорко М.Ю., Журович Е.А., Матирный А.А. Аккумулятор теплоты в тепловом аккумуляторе для дежурного отопления индивидуального дома // Синергия наук. 2017. №1. С. 353-365. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28849130_96345345.pdf (дата обращения 23.07.2020)

7. Галковский В.А., Ручкина С.А., Анализ применения аккумуляторов теплоты фазового перехода в системе вентиляции зданий // Интернет-журнал науковедение. 2016. №6. С. 97. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28420870_31477944.pdf (дата обращения 23.07.2020)

8. Ефимов Н.Н., Безуглов Р.В., Папин В.В., Католіченко Д.С. Высокоэффективный компактный аккумулятор теплоты как элемент системы, использующей разность среднесезонных температур // Кибернетика энергетических систем: сборник материалов XXXVII сессии семинара по тематике «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ». Новочеркасск, 13-16 октября, 2015 г. С. 168-170.

9. Усачев С.М., Перцев В.Т., Хавьяримана С. Теплоаккумулирующие материалы для строительных изделий и конструкций // Научный журнал строительства и архитектуры. 2018 г. № 2 (50) С. 68-75. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35088144_20891244.pdf (дата обращения 23.07.2020)

10. Hawes DW, Feldman D. Absorption of phase change materials in concrete // Sol Energy Mater Sol Cells. 1992. Vol. 27. №2. P. 91–101.

11. Hawes DW, Banu D, Feldman D. The stability of phase change materials in concrete // Sol Energy Mater Sol Cells. 1992. Vol. 27. №2. P. 103–118.

12. Zhang D, Li Z, Zhou J, Wu K. Development of thermal energy storage concrete // Cement Concrete Res. 2004. №34. P. 927–934.

gumanitarnyye i ekonomicheskiye nauki. 2016, pp. 362-365. URL:

https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25882908_96321999.pdf (date of access 23.07.2020)

2. Borsuk O.Yu., Meretukov Z.A. The offers on reduction of heat losses of the main building of Maykop // Construction and technogenic safety. 2019. N 17 (69) pp. 55-60. URL: <https://stroyjournal-asa.ru/index.php/asa> (date of access 23.07.2020)

3. Vasil'eva D.A., Nikitina N.P. Strategies for energy saving in the sphere of construction and operation of buildings and structures // Energy and resource saving. Power supply. Non-traditional and renewable energy sources. 2017. pp. 1024-1028. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/57851/1/eir_2017_257.pdf (date of access 23.07.2020)

4. Rinaldi, N. Thermal Mass, Night Cooling and Hollow Core Ventilation System as Energy Saving Strategies in Buildings. // Master Thesis, KTH – Stockholm, Sweden. 2009. – 335 p.

5. Antipov E.O. Experimental research on optimal placement options of heat exchange surfaces in the heat accumulator paraffin-based // Energetika i avtomatika. 2015. N 4. pp. 164-168. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_25401213_27351205.pdf (date of access 23.07.2020)

6. Senczov I.V., Postnikova P.I., Cygvincev I.V., Kozlova K.S., Shkorko M.Yu., Zhurovich E.A., Matirnyj A.A. Thermal storage in subfoundation for basic heating personal house // Synergy of sciences. 2017. N 1. Pp. 353-365. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28849130_96345345.pdf (date of access 23.07.2020)

7. Galkovskij V.A., Ruchkina S.A., Analysis of phase transition heat accumulators use in the ventilation buildings system // Internet journal science. 2016. N 6. pp. 97. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_28420870_31477944.pdf (date of access 23.07.2020)

8. Efimov N.N., Bezuglov R.V., Papin V.V., Katolichenko D.S. High efficiently compact thermal accumulator as a element of system using the difference between the average seasonal temperatures // Cybernetics of energy systems: compendium of materials of the XXXVII session of the seminar on "POWER SUPPLY". Novocherkassk, 13-16 oktyabrya, 2015. pp. 168-170.

9. Usachev S.M., Percev V.T., Hav'yarimana S. Heat storage materials for building materials and structures // Russian Journal of Building Construction and Architecture. 2018 г. N 2 (50) pp. 68-75. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35088144_20891244.pdf (date of access 23.07.2020)

10. Hawes DW, Feldman D. Absorption of phase change materials in concrete // Sol Energy Mater Sol Cells. 1992. Vol. 27. №2. P. 91–101.

11. Hawes DW, Banu D, Feldman D. The stability of phase change materials in concrete // Sol Energy Mater Sol Cells. 1992. Vol. 27. №2. P. 103–118.

12. Zhang D, Li Z, Zhou J, Wu K. Development of thermal energy storage concrete // Cement Concrete Res. 2004. №34. P. 927–934.

REFERENCES

1. Serpukhova E.P Thermal performance of residential buildings to prevent warming. // Sotsial'no-

WATER ABSORPTION AND FROST RESISTANCE OF CEMENT COMPOSITIONS WITH THE
ADDITION OF PHASE CHANGE MATERIALS

Novikov N.S., Nazirov R.A., ZHzhonykh A.M., Taranenko D.V.

Siberian Federal University, 82 st1, Svobodny Prospect, Krasnoyarsk, Russia, 660041.

e-mail: novikov.nick.s@gmail.com, nazirovra@gmail.com, sfu.lab@mail.ru, dmitij_taranenko@mail.ru

Abstract. One of the main tasks in the field of construction is to provide a comfortable indoor microclimate while reducing the consumption of constantly increasing fuel and energy resources. The reduction of energy consumption during the operation of buildings contributes to the reduction of the consumption of natural fuel and energy resources and the emission of carbon dioxide into the environment.

Under the working conditions of enclosing structures at periodically varying temperatures, these problems can be solved by using materials with varying phase state (PCM) in building structures.

The article describes the effect of the amount of PCM additives on the basic properties of building materials: water absorption, porosity and frost resistance, made on the basis of the marketable dry mix.

Subject: Influence of temperatures below zero on cement compositions containing an additive with a changing phase material.

Key words: phase change, PCM, thermal accumulators, frost resistance, energyefficiency.

УДК 691.53:55; 54.061:062

ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАТЕРИАЛОВ ОТДЕЛКИ ЗДАНИЙ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ Г. СЕВАСТОПОЛЯ ПОСЛЕВОЕННОЙ ПОСТРОЙКИ 40 – 50-Х ГОДОВ XX ВЕКА

Любомирский¹ Н.В., Федоркин² С.И., Бахтин³ А.С., Хмельницкий⁴ А.Л.

^{1,2,3} Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, ул. Киевская, 181,
e-mail: ¹niklub.ua@gmail.com, ²kfu.fedorkin@mail.ru, ³aleserba@gmail.com
⁴ООО «Дорна-проект», г. Симферополь, ул. Белова, 4, а1
e-mail: hmelnitsky@hotmail.com

Аннотация: настоящая статья посвящена идентификации материалов и исследованию составов строительных растворов, применяемых при отделке фасадов жилых домов, являющихся объектами культурного наследия и выявленными объектами культурного наследия, подлежащих реставрации по плану капитального ремонта, ул. Большая Морская и пл. Лазарева в г. Севастополе.

Предмет исследования: строительные растворы, используемые для отделки фасадов жилых домов, являющихся объектами культурного наследия и выявленными объектами культурного наследия, подлежащих реставрации по плану капитального ремонта ул. Большая Морская и пл. Лазарева в г. Севастополе.

Материалы и методы: для проведения исследований была отобрана 21 проба материалов (растворов и природного камня), использованных для отделки фасадов зданий, расположенных на ул. Большая Морская (дома №№ 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 25), а также зданий на ул. Генерала Петрова, 1 и спуске Шестакова, 1. Для исследования отобранных проб растворов был принят комплекс инструментальных методов исследования, включающий микроскопический, пикнометрический, гранулометрический, дифференциально-термический и термогравиметрический анализы (ДТА и ТГА). Подготовка образцов материалов отделки фасадов к испытаниям включала механическое отделение покрасочного слоя и сушку их в сушильном шкафу до постоянной массы. Инструментальному исследованию предшествовало детальное визуальное исследование материала, производилась подробная характеристика по цветовым параметрам, структуре, состоянию поверхности, плотности, определяли массу и влажность проб по ГОСТ 5802-86. Производилась фотофиксация материала.

Результаты: в результате визуального и микроскопического исследований проб материалов отделки домов по ул. Большая Морская в г. Севастополе выявлено, что для устройства фасадов использовались как строительные растворы, так и природные каменные материалы. Установлено, что для изготовления строительных растворов использовались различные минеральные вяжущие материалы: и известь, и портландцемент, в том числе шлакопортландцемент, и гипс. Ряд растворов выполнены на смешанных – цементно-известковых и цементно-гипсовых вяжущих. Составы смешанных цементно-известковых вяжущих, определенные на исследуемых пробах, различны и отличаются даже в пределах одного здания. Заполнитель в растворах по своему составу, степени окатанности зерен очень схож с морским песком пляжей бухт и морского побережья в районе г. Севастополя.

Выводы: Проведены исследования растворов для отделки фасадов зданий, подлежащих реставрации по плану капитального ремонта, по ул. Большая Морская, Спуск Шестакова и Генерала Петрова г. Севастополя и установлено, что для отделки применяли как штукатурные и шпаклевочные растворы, так и плиты природных известняков. Комплексный анализ строительных растворов отделки показал, что по виду и составу растворы могут значительно отличаться даже в пределах одного здания, т.к. использовались различные минеральные вяжущие материалы (известь, портландцемент, в том числе шлакопортландцемент, гипс). Более всего колеблется состав растворов на основе смешанного цементно-известкового вяжущего.

Ключевые слова: реставрация; отделка; растворы; смешанное вяжущее.

ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Легендарный город Севастополь, будучи разрушенным во время Великой отечественной войны более чем на 94 %, после освобождения 9 мая 1944 года пережил наиболее масштабное восстановление за всю историю своего существования. Несмотря на ужасающие масштабы разрушения (рис. 1), город практически был восстановлен к 1957 году, а свой окончательный архитектурный вид принял к 20-тилетию Победы в Великой Отечественной войне в 1965 году [1].

Севастополь был фактически отстроен заново. Несмотря на то, что над проектами отдельных зданий работали различные архитекторы, все они

соблюдали единство стиля, используя элементы классической ордерной архитектуры. При восстановлении города все дома строились из белого инкерманского известняка [2]. Все эти усилия сделали Севастополь одним из красивейших городов Европы. Не удивительно, что большинство зданий центральной части города являются объектами культурного наследия. Так из всей центральной части города Севастополя выделяются улица Большая Морская и площадь Лазарева, представляющие собой единый архитектурный ансамбль, составленный из неповторимых, каждый отличающийся своим «индивидуальным лицом», домов.



Рис. 1. Руины на улице Большая Морская в освобожденном Севастополе, 9 мая 1944 г., фото Е.А. Халдея (архив ФГБУК «Севастопольский военно-исторический музей-заповедник», <http://sevmuseum.ru/collections/negativ>)

Fig. 1. Ruins on Bolshaya Morskaya Street in liberated Sevastopol, May 9, 1944, photo by E.A. Chaldea (archive of the FSBUK «Sevastopol military history museum-reserve», <http://sevmuseum.ru/collections/negativ>)

В 2019 году в районе ул. Большая Морская и пл. Лазарева начаты масштабные работы по капитальному ремонту зданий и благоустройству прилегающих территорий. Учитывая, что практически все здания, подлежащие капитальному ремонту, – это объекты культурного наследия, строительные работы, осуществляемые на них, неизбежно приобретают статус реставрационных, а значит должны быть направлены на решение важной задачи сохранения историко-архитектурного наследия города и его передачи для новых поколений [3].

Существует несколько методов и подходов ведения реставрационных работ, которые в XX – XXI веках претерпевали значительные изменения с точки зрения идеологии и отношения к сохранению культурного наследия. От теории «критической реставрации» Чезаре Бранди [4], проповедующей подходы физического восстановления памятников и реконструкции утраченных артефактов культуры, до теорий консервации, отвергающей любые виды стилистической имитации подлинного объекта, закрепленных в «Венецианской хартии» и Нарском документе о подлинности [5]. На современном этапе развития общества преобладает тенденция Паоло Маркони [6], предлагающая восстановление объектов наследия максимально сохраняя их подлинность. Значимым аспектом при этом является применение строительных материалов и изделий, повторяющих или максимально близких по составу, структуре и свойствам к подлинным материалам.

Если о материалах, используемых для кладки стен восстанавливаемых и строящихся зданий в Севастополе, известно, что это местные крымские известняки, то каких-либо сведений о видах и составах кладочных, штукатурных и отделочных растворов, применяемых при строительных и ремонтно-восстановительных работах в

послевоенном Севастополе, практически нет. Следовательно, информация о составах строительных растворов, используемых при строительстве послевоенного Севастополя, может являться определяющей при восстановлении и сохранении подлинности реставрируемых зданий.

На сегодняшний день данных о составах строительных растворов объектов культурного, историко-архитектурного наследия и о различных методах исследования их достаточно много. Все они касаются древнерусского строительства и зодчества, работы по изучению которых систематически ведутся с 30-х годов XX века [7-13]. Однако, несмотря на многочисленные исследования, по мнению П.А. Раппопорта [14], строительные растворы Древней Руси изучены еще очень плохо и не существует оптимальной методики анализов строительных растворов. В основном, методики включают в себя определение вида вяжущего компонента (в древних растворах – извести) [15], состава и количества наполнителей [16], минералого-петрографическое изучение состава растворов.

Составы растворов на объектах культурного наследия XX века в сравнении с Древней Русью более сложны, главным образом, за счет возможности использования различных вяжущих материалов (портландцемент, известь, гипс), а также применения их в различных комбинациях в виде смешанных вяжущих. Приступая к исследованию материалов отделки зданий г. Севастополя, следует учесть послевоенные экономические трудности, которые переживал СССР, и на период которых пришлось восстановление разрушенного города. В первую очередь, это могло касаться нехватки вяжущих материалов. Можно предположить, что для изготовления растворов строители могли использовать различные вяжущие материалы, а

равно, и заполнители, которые были в наличии и доступны на том или ином этапе ведения строительных работ. Наряду с этим, следует отметить умение, талант и, в определенной мере, искусство инженеров-строителей и технологов, которые, несмотря ни на что, смогли создать строительные растворы, доказавшие временем свою надежность, выполняя до настоящего времени на протяжении уже более 70-ти лет основные свои защитные и декоративные функции, работая воедино с другими строительными материалами и изделиями.

Настоящая статья посвящена идентификации материалов и исследованию составов строительных растворов, применяемых при отделке фасадов жилых домов, являющихся объектами культурного наследия и выявленными объектами культурного наследия, подлежащих реставрации по плану

капитального ремонта ул. Большая Морская и пл. Лазарева в г. Севастополе. Авторы статьи выражают признательность ООО «ТАЛАССА», г. Москва, за предоставленные образцы растворов и содействие в работе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Авторами статьи была исследована 21 проба материалов (растворов и природного камня), использованных для отделки фасадов зданий, расположенных на ул. Большая Морская (дома №№ 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 25), а также зданий на ул. Генерала Петрова, 1 и спуске Шестакова, 1. Пример отбора (зондаж) проб раствора для исследований показан на рис. 2.

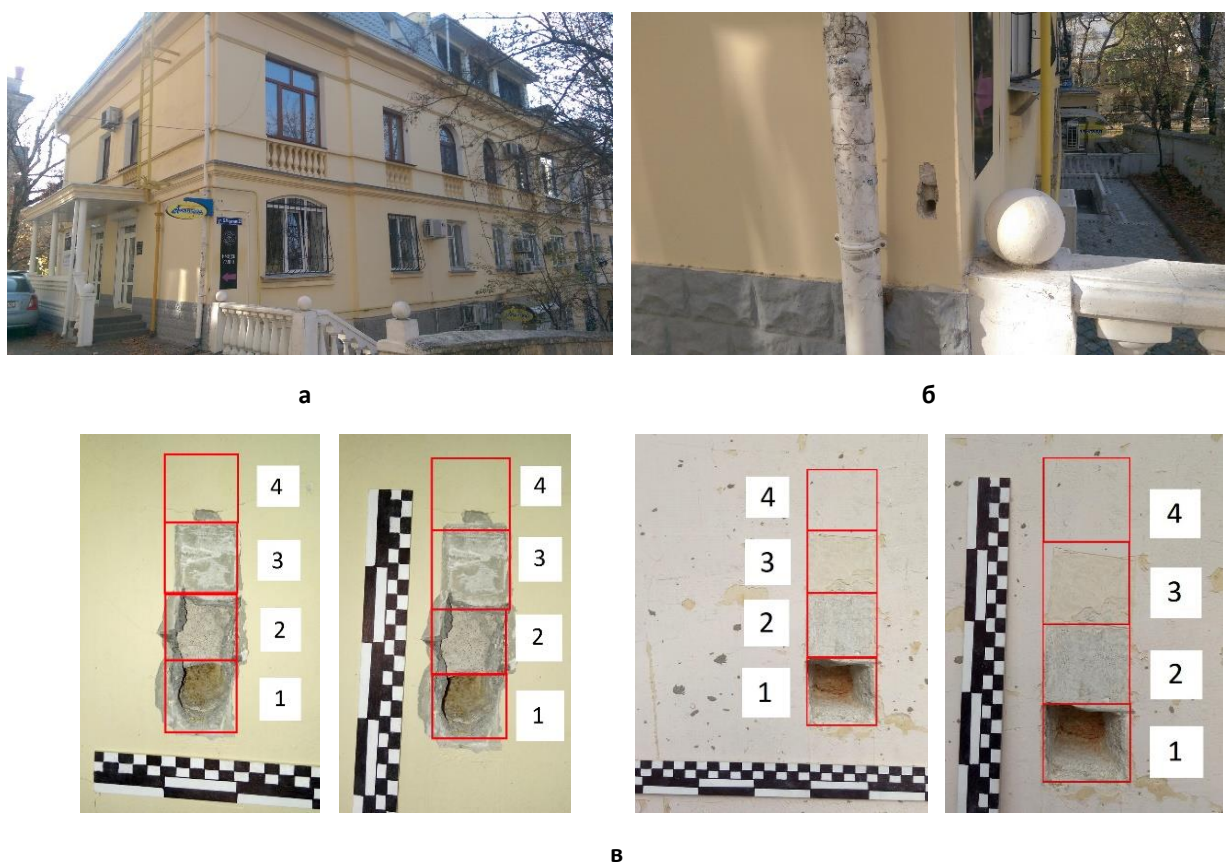


Рис. 2. Отбор проб раствора для исследований на доме № 22 по ул. Большая Морская:
а – общий вид дома; **б** – место зондажа; **в** – зондажи отделочных слоев дома
Fig. 2. Sampling the solution for research at the house number 22 on the street. Bolshaya Morskaya:
а – general view of the house; **б** – probe site; **в** – probes of the finishing layers of the house

Из зондажей, показанных на рис. 2, видно, что, например, стены дома № 22 по ул. Большая Морская сложены из известняка-ракушечника. Т.е., для восстановления и строительства домов в Севастополе наряду с белым инкерманским известняком использовались и известняки-ракушечники крымских месторождений.

С учетом разнообразия применяемых строительных материалов отделки зданий, для исследования отобранных проб растворов был

принят комплекс инструментальных методов исследования, включающий микроскопический, пикнометрический, гранулометрический, дифференциально-термический и термогравиметрический анализы (ДТА и ТГА).

Подготовка образцов материалов отделки фасадов к испытаниям включала механическое отделение покрасочного слоя и сушку их в сушильном шкафу до постоянной массы. Анализ покрасочного слоя не проводился.

Инструментальному исследованию предшествовало детальное визуальное исследование материала, производилась подробная характеристика по цветовым параметрам, структуре, состоянию поверхности, плотности, определяли массу и влажность проб по ГОСТ 5802-86. Производилась фотофиксация материала. Плотность образцов раствора определяли методом пикнометрии на автоматическом пикнометре газовом Rusnomatic Evo, Thermo Fisher Scientific.

Микроскопический анализ выполняли на микроскопе стереоскопическом МБС-9 в отраженном цвете при увеличении от $\times 8,15$ до $\times 100,8$.

С помощью ДТА и ТГА определяли вид вяжущего, используемого для приготовления растворов. Анализы проводили на синхронном (ТГА/ДСК/ДТА) анализаторе STA 8000, PerkinElmer (США) с одновременной съемкой двух кривых: дифференциальной кривой нагревания (ДТА), кривой изменения массы (ТГ), по которым определяли тепловые эффекты, сопровождающие фазовые превращения и химические реакции. Анализы проводили на образцах вяжущего растворов, получаемых путем соскабливания материала с поверхности зерен заполнителя. Масса исследуемой навески вяжущего составляла около 0,5 – 0,8 г, температурный диапазон – от 20 до 1000 °С, скорость подъема температуры – 10 °С /мин.

Образцы заполнителей (наполнителей) растворов для исследования зернового состава изготавливали следующим образом. Пробу раствора аккуратно (не растирая) измельчали в агатовой ступке до отделения зерен заполнителя. Полученный сыпучий материал протирали на металлических ситах с размером ячеек 2,5 и 1,25 мм для отделения растворной части от крупных зерен заполнителя, а также на ситах с размером ячеек 0,63, 0,315 и 0,16 мм для отделения вяжущего материала

от мелких зерен заполнителя раствора. Зерновой состав заполнителя раствора определяли путем просеивания через набор стандартных сит по ГОСТ 8735-88.



Количество вяжущего в растворе определяли методом определения нерастворимого остатка. Растворению подвергали продукт, прошедший через сито № 016 при расसेве заполнителя. Пробу массой 1 г растворяли в растворе соляной кислоты 1 : 3. Для этого навеску помещали в стеклянный стакан вместимостью 150 мл и добавляли раствор соляной кислоты в количестве 30 или 50 мл в зависимости от навески. Навеску при этом тщательно растирали стеклянной палочкой. После окончания процесса растворения жидкость фильтровали через фильтр «белая лента», промывали остаток водой через фильтр, высушивали и взвешивали.


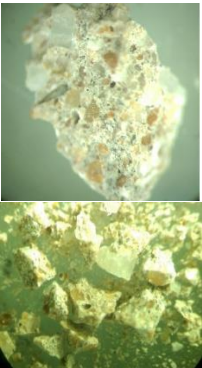

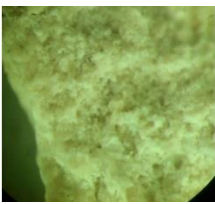



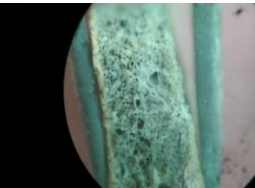


Для определения количества карбонатного и кварцево-полевошпатового заполнителя использовали также метод определения нерастворимого остатка. Растворению подвергали пробу раствора массой от 3 до 5 г. Дисперсность кварцево-полевошпатовой части заполнителя (нерастворимый остаток) определяли методом лазерной дифракции на лазерном анализаторе частиц Partica LA-960, HORIBA (Япония).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ


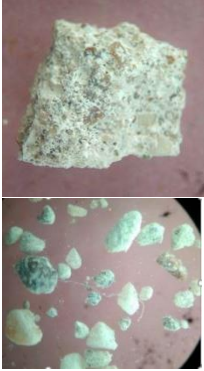








Результаты визуального осмотра и световой микроскопии проб материалов отделки фасадов представлены в таблице 1. В маркировке проб зашифрованы название улицы (БМ – ул. Большая Морская, СШ – спуск Шестакова, ГП – ул. Генерала Петрова), номер дома и номер пробы. Вид вяжущего в пробах раствора на этапе визуального осмотра определяли ориентировочно по цвету и макроструктуре искусственного камня.

Таблица 1. Результаты визуального и микроскопического исследований проб материалов
Table 1. Results of visual and microscopic examination of material samples

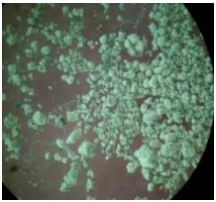






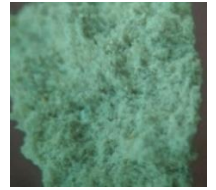



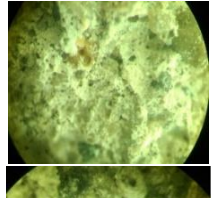

№ п/п	Шифр пробы, место отбора	Фото пробы	Фото пробы под микроскопом	Описание пробы
1	2	3	4	5
1	БМ-14(1), стена фасада			Прочный мелящий камень светло-бежевого цвета. Представляет собой однородный конгломерат природного происхождения. Идентифицируется как глинистый известняк с мшанками (скелеты мельчайших колониальных морских организмов), вероятнее всего, мшанковый известняк Инкерманского или Бодракского месторождений.

1	2	3	4	5
2	БМ-14(2), стена фасада			<p>Прочный камень серого цвета с вкраплением белых зерен и зерен разноцветных минералов. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, расположенных в светло-серой известково-цементной матрице.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков, зернами других темноцветных минералов.</p>
3	БМ-15(1), стена фасада			<p>Прочный мелящий камень светло-бежевого цвета однородной структуры. Представляет собой однородный конгломерат природного происхождения. Встречаются редкие зерна плохо окатанных бесцветных минералов.</p> <p>Идентифицируется как глинистый известняк с мшанками и оолитами, вероятнее всего, мшанковый известняк, Инкерманского, или Бодракского месторождений.</p>
4	БМ-15(2), стена фасада			<p>Прочный камень светло-серого цвета с вкраплением зерен разноцветных минералов. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, расположенных в светло-серой известково-цементной матрице.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотного известняка (мраморовидного) розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек.</p>
5	БМ-16(1), цоколь здания			<p>Прочный раствор светло-серого цвета, состоит из двух последовательных слоев. Толщина нижнего (основного) слоя от 2 до 4 мм, верхнего (окрашенного) – 0,5-1,5 мм.</p> <p>Верхний слой (окрашенный) пористый, без наполнителя, предположительно, цементный камень. Имеются волокна микрофибры длиной до 3 мм.</p> <p>Нижний слой более плотной структуры, содержит редкие зерна средне окатанных обломков морских ракушек</p>
6	БМ-16(2), стена фасада			<p>Непрочный раствор белого цвета. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, склеенных прокарбонизированным известковым камнем. Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек.</p>





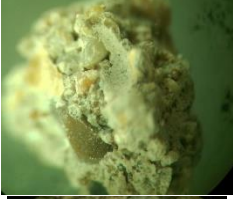






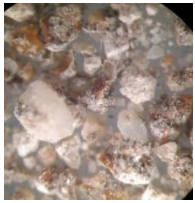
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
7	БМ-18(1), стена фасада			<p>Непрочный раствор белого цвета. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, склеенных прокарбонизированным известковым камнем.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек. Имеются единичные включения микрофибры длиной волокон около 3 мм.</p>
8	БМ-18(2), стена фасада			<p>Меящийся раствор белого цвета. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, склеенных прокарбонизированным известковым камнем.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек и зернами других темноцветных минералов.</p>
9	БМ-20(1), стена фасада			<p>Прочный раствор светло-серого цвета. Представляет собой искусственный плотный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя в светло-серой известково-цементной матрице.</p> <p>Заполнитель кварцево-полевошпатовый в виде зерен светлых тонов с примесью зерен темноцветных минералов и мелких обломков ракушек.</p>
10	БМ-20(2), стена фасада			<p>Прочный раствор светло-серого цвета. Представляет собой искусственный плотный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя в светло-серой известково-цементной матрице.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек, зернами других темноцветных минералов.</p>
11	БМ-22(1), стена фасада			<p>Прочный раствор светло-серого цвета, имеет два последовательных слоя.</p> <p>Верхний слой (окрашенный) – темно-серый, толщиной от 0,5 до 3 мм, пористый, с незначительным количеством минерального наполнителя в виде темных микрозерен. Имеются отдельные включения микрофибры длиной до 3 мм.</p> <p>Нижний – светло-серый, толщиной от 2 до 7 мм более плотной структуры, содержит минеральный наполнитель,</p>


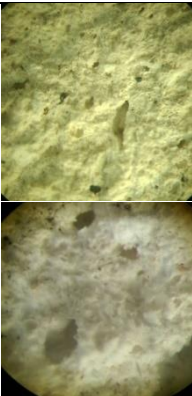
Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
				<p>представленный бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотного известняка (мраморовидного) розоватых и кремовых оттенков, обломков и целых ракушек.</p>
12	БМ-22(2), стена фасада		 	<p>Непрочный раствор белого цвета, представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, склеенных прокарбонизированным известковым камнем.</p> <p>Заполнитель представлен кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, зернами плотного известняка (мраморовидного) розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек.</p>
13	БМ-24(1), стена фасада			<p>Прочный раствор светло-бежевого цвета однородной структуры. Представляет собой однородный конгломерат природного происхождения с включениями микрочастиц примесей темноцветных минералов.</p>
14	БМ-24(2), стена фасада			<p>Идентифицируется как глинистый известняк с мшанками (скелеты мельчайших колониальных морских организмов), вероятнее всего, мшанковый известняк, Инкерманского, или Бодракского месторождений.</p>
15	БМ-25(1), стена фасада		 	<p>Прочный камень светло-серого цвета. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, расположенных в светло-серой известково-цементной матрице.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек, зернами других темноцветных минералов.</p>
16	БМ-25(2), стена фасада		 	<p>Прочный камень светло-серого цвета. Представляет собой конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, расположенных в светло-серой матрице, предположительно, из известково-цементного камня.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков, редких включений обломков ракушек морских микроорганизмов (оолитов), зернами других темноцветных минералов.</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
17	СШ-1(1), цоколь здания		 	<p>Представляет собой конгломерат природного происхождения из склеенных природным карбонатным клеем раковин морских микроорганизмов полых внутри – оолитов.</p> <p>Визуально идентифицируется как пизолит – раковинно-детритовый (оолитовый) известняк, вероятнее всего, Цыганского месторождения близ Инкермана.</p>
18	СШ-1(2), стена фасада		 	<p>Прочный камень светло-серого цвета. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных зерен заполнителя, расположенных в светло-серой матрице, предположительно, из известково-цементного камня.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек, а также зернами других темноцветных минералов.</p>
19	ГП-1(1), стена фасада		 	<p>Непрочный камень белого цвета. Представляет собой искусственный конгломерат из хорошо сложенных угловатых, средне окатанных и шероховатых зерен заполнителя, склеенных хорошо прокарбонизированным известковым камнем.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков хорошо окатанных обломков ракушек и оолитов, зернами других темноцветных минералов.</p>
20	ГП-1(2), стена фасада		 	<p>Прочный камень серого цвета. Представляет собой искусственный конгломерат из плохо сложенных зерен заполнителя, расположенных в серой матрице, предположительно, цементного камня.</p> <p>Заполнитель представлен бесцветными кварцево-полевошпатовыми хорошо окатанными зернами, карбонатными хорошо и средне окатанными зернами плотных известняков розоватых и кремовых оттенков и окатанных обломков ракушек, зернами других темноцветных минералов.</p>

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
21	ГП-1(3), декор. элемент отделки фасада			Непрочный мелящий камень, цвет – от белого до светло-желтого, структура однородная мелкозернистая, мелкопористая. Представляет собой искусственный однородный микропористый конгломерат, предположительно, на основе гипсового вяжущего с редкими включениями микрочастиц примесей темноцветных минералов.

В результате визуального и микроскопического исследований проб материалов отделки домов по ул. Большая Морская в г. Севастополе выявлено, что для устройства фасадов использовались как строительные растворы, так и природные каменные материалы. Причем для изготовления строительных растворов использовались различные минеральные вяжущие материалы: и цемент, и известь, и, предположительно, строительный гипс. Так для отделки домов по ул. Большая Морская № 14 и 15 применялся окрашенный природный камень мшанковых известняков и штукатурный раствор на основе цементно-известкового вяжущего, для отделки фасадной части домов № 16 и 22 применены растворы цементные и известковые; для отделки цоколя дома № 1 по ул. Спуск Шестакова использовали покрытый минеральной краской на цементной основе раковинно-детритовый (оолитовый) известняк разновидности пизолит и штукатурные растворы на основе цементно-известкового вяжущего, а для отделки дома № 1 по ул. Генерала Петрова – применяли известковые растворы, известково-цементные и на основе строительного гипса. При отделке домов № 20 и 25 по ул. Большая Морская использовались растворы на основе цементно-известкового вяжущего, но разного количественного состава; на доме № 18 для изготовления растворов использовали известковое вяжущее. Фасад дома № 24 по ул. Большая Морская, как и № 14 и 15, облицован мшанковым известняком, предположительно, Инкерманского или Бодракского месторождений.

В составе растворов проб БМ-16(1), БМ-18(1) и БМ-22(1) имеются микроволокна дисперсного армирования. Причем в пробах растворов БМ-16(1) и БМ-22(1), отличающихся наличием двух последовательных слоев, волокна содержатся в верхних слоях, расположенных под окраской раствора. Можно предположить, что данные дисперсно-армированные слои являются упрочняющими и выравнивающими штукатурку. В пробе БМ-22(1) визуально определяется, что нижний слой перед нанесением верхнего имел окраску того же цвета, что имеет и верхний слой. Исходя из этого, можно заключить, что данный слой

был нанесен при ремонте (восстановлении) фасада здания. Время ведения ремонтных работ не установлено, но определено, что возраст раствора верхнего слоя меньше основного раствора отделки фасада. Дисперсные волокна, при испытании материала проб растворов на определение нерастворимого остатка, а также при прокаливании при температуре 800 °С (табл. 2), остались и сохранились в первоначальном виде, т.е. являются минеральными волокнами, предположительно асбестовыми.

В табл. 2 представлены результаты инструментальных исследований влажности, истинной плотности и нерастворимых остатков исследуемых проб материалов и растворов отделки фасадов.

Влажность большинства проб материала отделки фасадов не высокая и составляет от 0,5 до 2 % мас. и свидетельствует, что стены фасадов зданий хорошо защищены от попадания на них воды. Резко отличается влажность проб БМ-20(1) (5,8 % мас.), БМ-22(1) (8,52 % мас.) и ГП-1(3) (10,44 % мас.).

Истинная плотность проб материалов отделки фасадов изменяется в широких пределах: от 2,43 г/см³ у пробы БМ-22(1) до 2,755 г/см³ у пробы СШ-1(1). Если учесть, что плотность кальцита, являющегося основным минералом известняков и продуктом карбонизации извести, порядка 2,74 г/см³, а плотность цементного камня составляет около 2,47 г/см³ и изменяется в меньшую сторону с увеличением В/Ц [18], то можно с большой долей вероятности определить вид используемого для приготовления раствора вяжущего. Так для изготовления растворов проб БМ-14(2), БМ-16(1), БМ-22(1) применялся портландцемент, причем в пробах БМ-16(1) и БМ-22(1) использовалось минимальное количество заполнителей. Пробы БМ-14(1), БМ-15(1), БМ-24(1), БМ-24(2) и СШ-1(1), плотность которых более 2,7 г/см³, представляют собой камень природных известняков, что подтверждает результаты визуального и микроскопического исследований (см. табл. 1).

Таблица 2. Результаты инструментальных исследований проб материалов отделки фасадов
Table 2. Results of instrumental studies of samples of materials for facade finishing

№ п/п	Шифр пробы	Влажность, % мас.	Истинная плотность, г/см ³	Нерастворимый остаток, % мас.	Характеристика остатка
1	БМ-14(1)	0,47	2,713	5,6	Остаток в виде мелкодисперсных пластинчатых, угловатых и шероховатых минеральных частиц
2	БМ-14(2)	1,08	2,566	33,0	Прозрачные с кремовым оттенком средне и хорошо окатанные, шероховатые с желтым оттенком кварцево-полевошпатовые зерна различной дисперсности
3	БМ-15(1)	0,87	2,708	3,0	Отдельные частицы не просматриваются. После сушки остаток вновь увлажняется
4	БМ-15(2)	0,85	2,655	42,9	Прозрачные с кремовым оттенком средне и хорошо окатанные, шероховатые с желтым оттенком кварцево-полевошпатовые зерна различной дисперсности
5	БМ-16(1)	7,30	2,458	11,3	Мелкодисперсные зерна кварцево-полевошпатового заполнителя. Наблюдаются отдельные микроволокна
6	БМ-16(2)	0,75	2,686	43,7	Прозрачные с кремовым оттенком средне и хорошо окатанные, шероховатые с желтым оттенком кварцево-полевошпатовые зерна различной дисперсности
7	БМ-18(1)	2,26	2,684	33,3	
8	БМ-18(2)	0,76	2,679	38,8	
9	БМ-20(1)	5,80	2,682	31,3	
10	БМ-20(2)	1,99	2,676	45,6	
11	БМ-22(1)	8,52	2,430	18,3	Мелкодисперсные зерна кварцево-полевошпатового заполнителя. Наблюдаются микроволокна
12	БМ-22(2)	1,16	2,691	46,0	Прозрачные с кремовым оттенком средне и хорошо окатанные, шероховатые с желтым оттенком кварцево-полевошпатовые зерна различной дисперсности
13	БМ-24(1)	1,37	2,708	10,9	Мелкодисперсные частицы различных цветов (примеси)
14	БМ-24(2)	1,79	2,713	13,3	
15	БМ-25(1)	0,52	2,686	43,0	Прозрачные с кремовым оттенком средне и хорошо окатанные, шероховатые с желтым оттенком средне окатанные кварцево-полевошпатовые зерна различной дисперсности
16	БМ-25(2)	0,50	2,684	16,4	Остаток темно-серого цвета. Частицы мелкодисперсные, в основном, пластинчатой, угловатой формы, шероховатые
17	СШ-1(1)	0,29	2,755	~ 1,0	Отдельные частицы не просматриваются. После сушки остаток мгновенно насыщается влагой из воздуха и становится влажным. Наблюдаются микроволокна темного цвета
18	СШ-1(2)	0,96	2,659	54,8	Остаток светло-зеленого цвета. Зерна заполнителя представлены прозрачными и светло-серыми средне и хорошо окатанными кварцево-полевошпатовыми зернами различной дисперсности. Наблюдаются белые микроволокна
19	ГП-1(1)	1,34	2,686	25,6	Прозрачные с кремовым оттенком средне и хорошо окатанные, шероховатые с желтым оттенком средне окатанные кварцево-полевошпатовые зерна различной дисперсности
20	ГП-1(2)	1,12	2,692	45,0	
21	ГП-1(3)	10,44	2,599	39,2	Часть остатка представлена прозрачными, кремовыми и серыми средне окатанными кварцево-полевошпатовыми зернами. Часть остатка высохла в виде тонких пластин из игольчатых прозрачных кристаллов ангидрита

Плотность известняка в пробе СШ-1(1) значительно выше плотности кальцита, поскольку представляет собой раковинно-детритовый известняк, состоящий из мелких ракушек – оолитов, карбонат кальция в которых находится в форме арагонита, имеющего истинную плотность порядка

2,93 г/см³. Примечательно, что в нерастворимом остатке данной пробы известняка имеются микроволокна (рис. 3). Вероятнее всего, их можно идентифицировать как волокна асбеста, которые присутствуют в известняке в виде примесей.

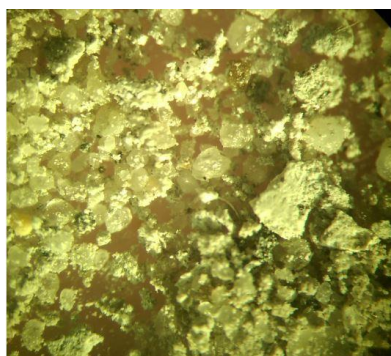


Рис. 3. Фото нерастворимого остатка пробы СШ-1(1). Стрелкой отмечены микроволокна
Fig. 3. Photo of the insoluble residue of the SSh-1(1). Arrow marks microfibers

Остальные пробы растворов изготовлены либо на основе известкового, либо смешанного известково-цементного вяжущего. Особо следует отметить пробы БМ-25(2) и СШ-1(2), нерастворимые остатки которых, во-первых, наряду с зернами кварцево-полевошпатового заполнителя, содержат шероховатые мелкодисперсные частицы пластинчатой и угловатой формы (рис. 4), а во-вторых отличаются от нерастворимых остатков

других проб тем, что окрашены в темно-серый и светло-зеленый цвет, соответственно. Раствор пробы СШ-1(2) содержит также отдельные дисперсные волокна асбеста (см. рис. 4, б).

Проба раствора ГП-1(3) содержит в качестве вяжущего гипс, что подтверждает нерастворимый осадок, который высох в виде пластин из игольчатых кристаллов ангидрита (рис. 5).



а



б

Рис. 4. Фото нерастворимого остатка пробы БМ-25(2) (а) и СШ-1(2) (б). Стрелкой отмечены микроволокна
Fig. 4. Photo of the insoluble residue of the sample BM-25(2) (a) and SSh-1(2) (b). Arrow marks microfibers



Рис. 5. Фото кристаллов ангидрита в нерастворимом остатке пробы ГП-1(3)
Fig. 5. Photo of anhydrite crystals in the insoluble residue of the GP-1(3)

ДТА и ТГА специально изготовленных образцов вяжущего материала исследуемых материалов отделки фасадов зданий г. Севастополя подтверждают результаты

визуального осмотра проб и микроскопического анализа их нерастворимых остатков. Характерные термограммы исследуемых образцов показаны на рис. 6 – 11.

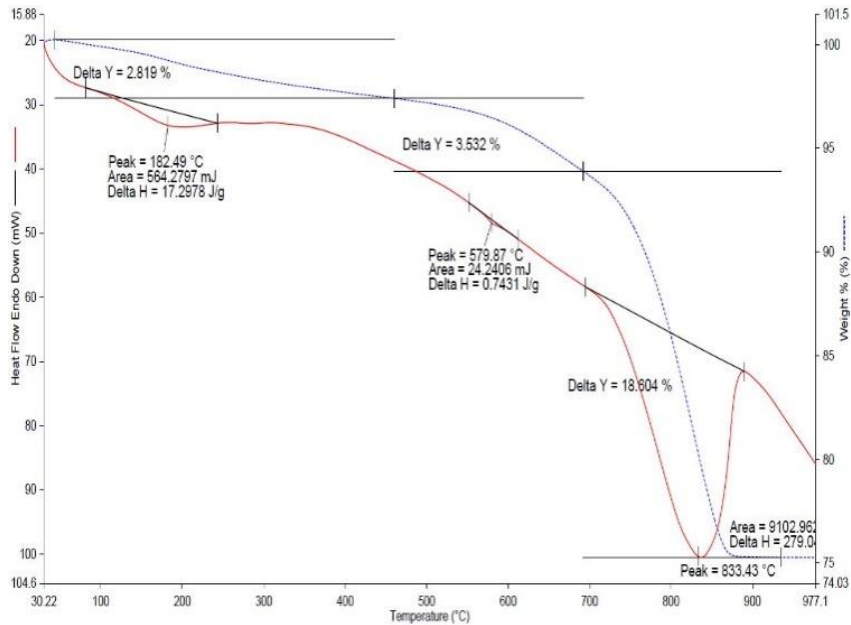


Рис. 6. Термограмма вяжущего раствора БМ-14(2)
 Fig. 6. Thermogram of binder mortar BM-14(2)

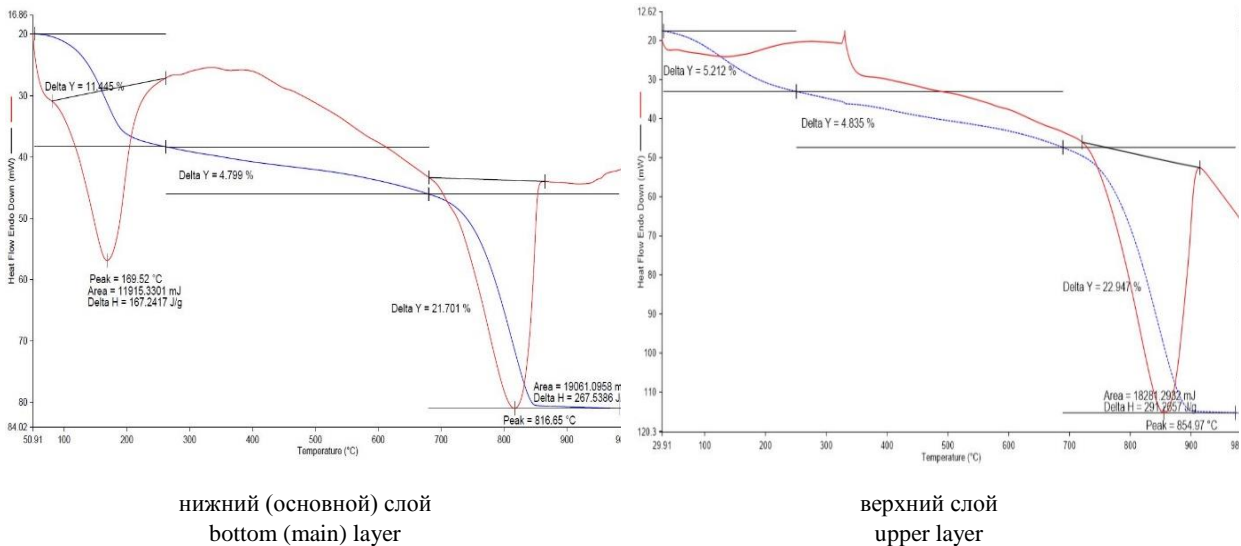


Рис. 7. Термограмма вяжущего раствора БМ-16(1)
 Fig. 7. Thermogram of binder mortar BM-16(1)

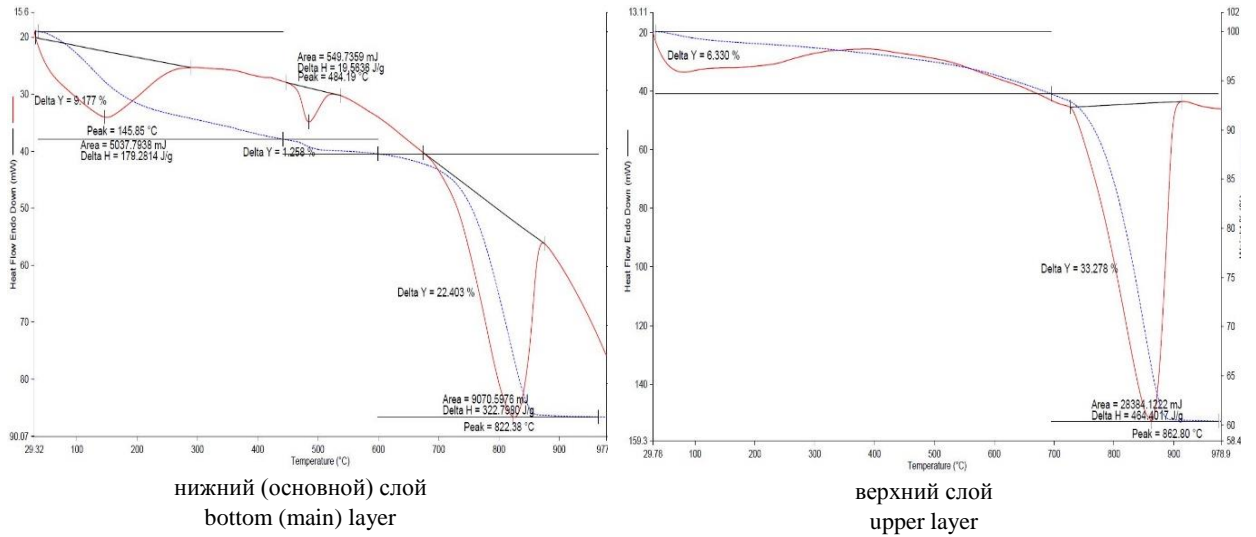


Рис. 8. Термограммы вяжущего раствора БМ-22(1)
Fig. 8. Thermogram of binder mortar BM-22(1)

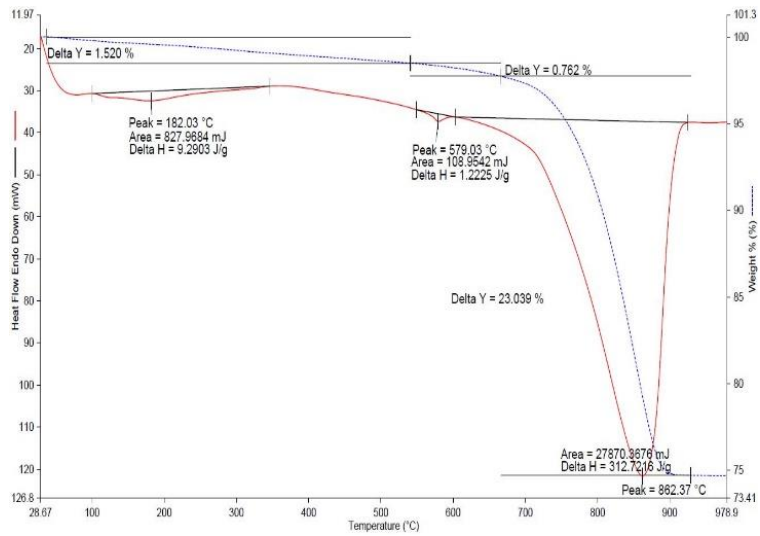


Рис. 9. Термограммы вяжущего растворов БМ-22(2)
Fig. 9. Thermogram of binder mortar BM-22(2)

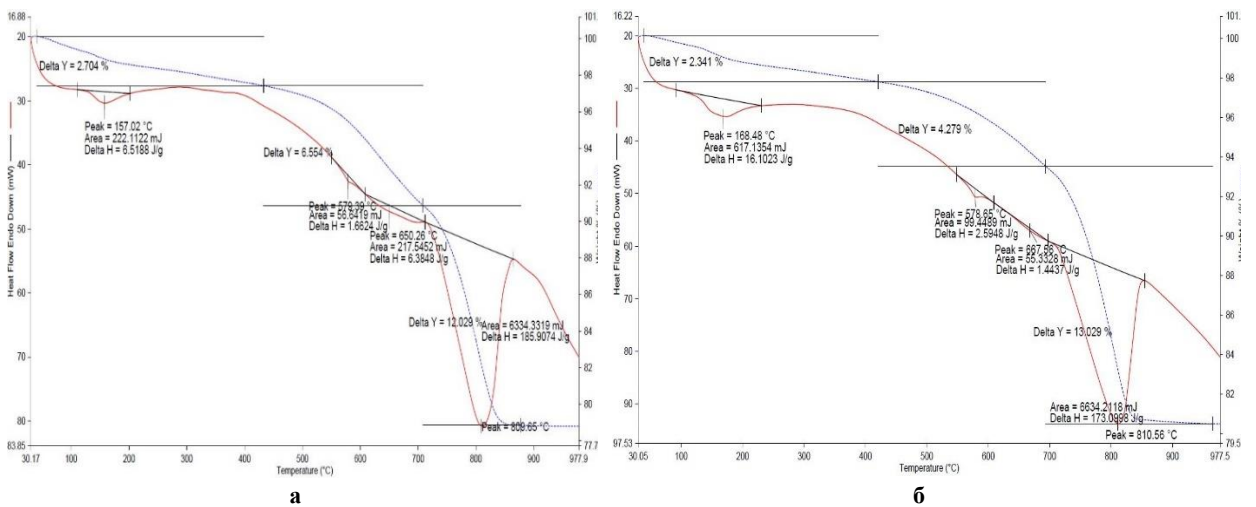


Рис. 10. Термограммы вяжущего растворов СШ-1(2) (а) и ГП-1(2) (б)
Fig. 10. Thermograms of binder solutions SSh-1(2) (a) and GP-1(2) (b)

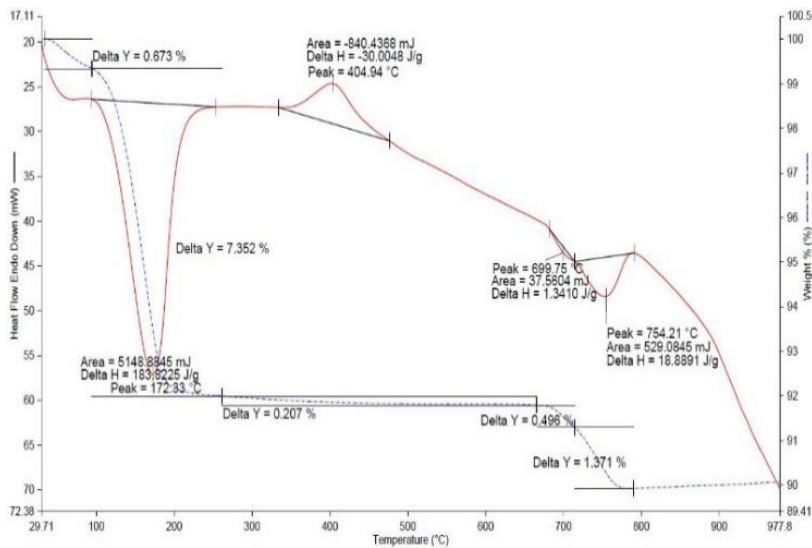


Рис. 11. Термограмма вяжущего раствора ГП-1(3)

Fig. 11. Thermogram of binder mortar GP-1(3)

В результате ДТА и ТГА подтверждено, что пробы БМ-14(1), БМ-15(1), БМ-24(1), БМ-24(2) и СШ-1(1) представляют собой известняковый камень. Термограммы данных проб имеют единственный характерный эндотермический эффект в районе температур 850 – 870 °С, соответствующий разложению кальцита (CaCO_3) – основного минерала, образующего известняки. Потеря массы по данным ТГА составляет при этом не менее 40 %.

Характер кривых ДТА образцов проб БМ-16(2), БМ-18(1), БМ-18(2), БМ-22(2) и ГП-1(1) свидетельствует, что данные растворы изготовлены на основе известкового вяжущего. Известковое вяжущее при этом полностью карбонизированное. Кривые ДТА данных образцов характеризуются наличием эндотермических пиков в диапазоне температур 850...870 °С, что соответствует разложению карбоната кальция. Кроме этого, на термограммах имеется эндотермический пик в районе температуры 580 °С (см. рис. 9) свидетельствующий о наличии в растворе гидросиликатов кальция, которые могли образоваться в результате взаимодействия кремнезема, содержащегося в кварцево-полевошпатовом заполнителе.

Результаты ДТА образцов верхних слоев растворов проб БМ-16(1) (см. рис. 7) и БМ-22(1) (см. рис. 8), а также пробы растворов СШ-1(2) и ГП-1(2) (см. рис. 10) свидетельствуют, что в качестве вяжущего в них использовался портландцемент, причем в растворах СШ-1(2) и ГП-1(2) портландцемент с добавками, предположительно, шлака. Таким образом, в качестве верхних слоев растворов отделки фасадов домов № 16 и 22 по ул. Большая Морская применяли цементное тесто на основе портландцемента с дисперсными волокнами асбеста.

У образцов БМ-14(2), БМ-15(2), БМ-20(1), БМ-20(2), БМ-22(1), БМ-25(1) и БМ-25(2) согласно данным ДТА для приготовления данных растворов использовалось смешанное цементно-известковое вяжущее. На всех термограммах имеется характерный для портландцемента эндотермический пик в районе температур 170...180 °С, соответствующий разложению гипса. Вяжущее в растворах карбонизировано в различной степени, причем эндотермический пик, соответствующий разложению CaCO_3 заметно смещен влево и находится в районе температур 830 – 840 °С (см. рис. 6, 8, 10) за счет влияния гипса, выступающей в роли добавки, снижающей температуру разложения CaCO_3 [18]. По потере массы при разложении гипса определяли вероятное количество портландцемента в составе смешанного цементно-известкового вяжущего.

Следует отметить результаты ДТА и ТГА образца вяжущего материала нижнего (основного) слоя раствора БМ-16(1) (см. рис. 7). Так кривые ДТА и ТГ на полученной термограмме раствора отличаются значительными эндотермическим эффектом и потерей массы, соответствующие разложению гипса. Эндотермический пик диссоциации CaCO_3 при этом еще более смещен в сторону меньших температур и составляет около 816 °С. Таким образом, можно заключить, что для отделки фасадов дома № 16 по ул. Большая Морская использовали раствор на основе цементно-гипсового вяжущего состава порядка 1 : 1, который затем затирали цементным тестом с добавкой асбестового волокна.

На термограмме образца нижнего (основного) слоя раствора БМ-22(1) (см. рис. 8) наряду с характерными эндотермическими пиками гипса и кальцита, присутствует эндотермический пик в районе температуры 485 °С, соответствующий

портландиту ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), который за столь длительный период эксплуатации раствора (более чем 70 лет) не перешел в кальцит под влиянием углекислого газа, содержащимся в атмосферном воздухе. Это свидетельствует о хороших барьерных свойствах имеющегося в данной пробе раствора верхнего цементного обмазочного слоя (см. табл. 1 и 2).

Содержание и состав смешанных вяжущих в пробах исследованных растворов приведены в табл. 3. Так как петрографический анализ представляет известковое вяжущее, портландцементов и гипса в виде карбоната кальция, цементного и гипсового камня соответственно, содержания вяжущих материалов в исследуемых пробах растворов в табл. 3 приведены в следующем виде: известковое вяжущее – в четырех вариантах: для CaCO_3 , для известки-киселки, ИК, (CaO) , извести-пушонки, ИП, $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ и известкового теста, ИТ, (смесь гидроксидов кальция с водой в соотношении 1 : 1 по массе); портландцементное – в двух вариантах: для цементного камня (ЦК) и сухого цемента (ПЦ, ШПЦ) из расчета, что портландцементный камень при полной гидратации цемента содержит порядка 0,23 г воды на 1 г цемента [19]; гипсовое – в двух вариантах: для гипсового камня ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и гипса строительного полуводного ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$). Составы смешанных цементно-известковых вяжущих приведены в двух вариантах, учитывающих возможность использования известки-пушонки и известкового теста.

Опытные данные, представленные в табл. 3, показывают, что составы смешанных цементно-известковых вяжущих, на основе которых выполнены исследуемые пробы растворов, различны. Соотношение портландцемента и известкового компонента в пересчете на известковое тесто составляет порядка 1 : 0,5, 1 : 1 и 1 : 2. При этом составы смешанных цементно-известковых вяжущих различны даже в пределах одного здания. Это наглядно видно на жилом доме № 20 по ул. Большая Морская, состав вяжущего в пробах растворов (пробы БМ-20) которого составляет 1 : 0,45 и 1 : 0,9. Вместе с этим, у растворов отделки жилого дома № 25 по ул. Большая Морская состав вяжущего идентичен и составляет порядка 1 : 1,8. По-видимому, на строительный объект поставляли готовые известковые растворы, а непосредственно штукатурные растворы изготавливались самими строителями в условиях строительной площадки путем подмешивания портландцемента в известковый раствор.

Состав смешанного цементно-гипсового вяжущего, использованного в растворе пробы БМ-16(1), 1 : 1. Примечательным является тот факт, что цементно-гипсовое вяжущее было использовано в растворе для отделки цокольной части здания. Это в известной мере объясняет наличие у данной пробы раствора наружного портландцементного слоя толщиной около 3 мм, армированного дисперсным волокном. Известно [20], что введение в состав портландцемента гипса ускоряет твердение раствора. По-видимому, причиной введения в состав раствора гипса вызвано ускорением работ по сдаче восстанавливаемого жилого дома № 16 по ул. Большая Морская.

Заполнители практически всех растворов представляют собой смесь хорошо и средне окатанных карбонатных и кварцево-полевошпатовых зерен в соотношении с примесью зерен темноцветных минералов. Карбонатная часть заполнителей представлена окатанными зернами плотных известняков кремовых и розоватых оттенков, а также окатанных обломков и целых мелких морских раковин. Кварцево-полевошпатовая часть смеси заполнителя представлена в основном бесцветными хорошо окатанными и более мелкими в сравнении с карбонатными зернами. Зерновой состав заполнителей представлен в табл. 4. Фракционный состав кварцево-полевошпатовой части заполнителя определен по результатам анализа нерастворимого остатка на лазерном анализаторе частиц.

Соотношение карбонатных и кварцево-полевошпатовых зерен в заполнителе колеблется от 1 : 0,3 до 1 : 1,5, но в основном составляет 1 : 1,5 (см. табл. 4). В некоторых пробах раствора (БМ-1(1) и СШ-1(2)) встречаются незначительные примеси в виде зерен гравия (галечки) размером более 5 и 10 мм. По составу, степени окатанности зерен заполнитель очень схож с морским песком пляжей бухт и морского побережья в районе г. Севастополя. Возможно, именно песок местных пляжей использовался для изготовления строительных растворов восстанавливаемых зданий Севастополя. Для изготовления раствора ГП-1(3) на гипсовом вяжущем использован мелкий кварцевый песок с добавлением молотого известняка.

В табл. 5 представлены сводные данные составов исследованных проб растворов. Рассчитанные соотношения вяжущих материалов к заполнителям приведены для вариантов использования известкового вяжущего в виде известки-киселки, извести-пушонки и известкового теста.

Таблица 3. Содержание вяжущих материалов и составы смешанных вяжущих материалов в растворах
Table 3. Content of binders and compositions of mixed binders in solutions

№ п / п	Шифр пробы раствора	Вид вяжущего	Содержание вяжущего материала в растворе, % мас., в зависимости от его вида										Составы смешанных вяжущих материалов		
			известь в виде				портландцемент в виде		шлакопортланд-цемент в виде		гипс в виде		цементно-известковых		цементно-гипсовое
			карбонат кальция	ИК	ИП	ИТ	ЦК	ПЦ	ЦК	ШПЦ	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	ПЦ : ИП	ПЦ : ИТ	
1	БМ-14(2)	цементно-известковое	15,0	-	11,1	22,2	30,0	24,3	-	-	-	-	1 : 0,45	1 : 0,9	-
2	БМ-15(2)	цементно-известковое	12,5	-	9,0	18,0	12,5	10,1	-	-	-	-	1 : 0,9	1 : 1,8	-
3	БМ-16(1)	цементно-гипсовое	-	-	-	-	40,0	32,5	-	-	40,0	33,5	-	-	1 : 1
4	БМ-16(2)	известковое	25,0	14,0	18,5	37,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	БМ-18(1)	известковое	25,0	14,0	18,5	37,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	БМ-18(2)	известковое	25,0	14,0	18,5	37,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	БМ-20(1)	цементно-известковое	10,0	-	7,4	14,8	20,0	16,2	-	-	-	-	1 : 0,45	1 : 0,9	-
8	БМ-20(2)	цементно-известковое	5,0	-	3,7	7,4	20,0	16,2	-	-	-	-	1 : 0,2	1 : 0,45	-
9	БМ-22(1)	цементно-известковое	15,0	-	11,1	22,2	50,0	40,5	-	-	-	-	1 : 0,25	1 : 0,55	-
10	БМ-22(2)	известковое	25,0	14,0	18,5	37,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	БМ-25(1)	цементно-известковое	12,5	-	9,0	18,0	12,5	10,1	-	-	-	-	1 : 0,9	1 : 1,8	-
12	БМ-25(2)	цементно-известковое	12,5	-	9,0	18,0	12,5	10,1	-	-	-	-	1 : 0,9	1 : 1,8	-
13	СШ-1(2)	цементное	-	-	-	-	-	-	15,0	12,2	-	-	-	-	-
14	ГП-1(1)	известковое	20,0	11,2	14,8	29,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	ГП-1(2)	цементное	-	-	-	-	-	-	15,0	12,2	-	-	-	-	-
16	ГП-1(3)	гипсовое	-	-	-	-	-	-	-	-	48,0	40,0	-	-	-

Таблица 4. Состав заполнителей растворов
Table 4. Composition of mortar fillers

№ п / п	Шифр пробы раствора	Состав заполнителя (отношение карбонатных и кварцево-полевошпатовых зерен)	Фракционный состав заполнителя, % мас. фракции, мм											
			общий (по результатам ситового анализа)							кварцево-полевошпатовая часть (метод лазерной дифракции)				
			> 5,0	2,5-5,0	1,25-2,5	0,63-1,25	0,315-0,63	0,16-0,315	< 0,16	> 2,0	1,0-2,0	0,2-1,0	0,1-0,2	< 0,1
1	БМ-14(2)	1 : 1,5	-	-	8,5	13,5	33,0	13,0	32,0	-	3,5	36,5	15,0	45,0
2	БМ-15(2)	1 : 1,5	-	-	12,0	19,5	31,0	16,5	21,0	-	5,0	48,5	19,0	27,0
3	БМ-16(1)	1 : 1	-	-	8,0	25,0	20,0	11,0	36,0	-	7,0	21,0	5,0	67,0
4	БМ-16(2)	1 : 1,5	отдельн. зерна	-	13,0	22,0	33,0	24,0	8,0	отдельн. зерна (> 5, 10)	10,0	60,0	25,0	5,0
5	БМ-18(1)	1 : 1,5	-	2,0	4,0	25,5	42,5	18,0	8,0	3,5	13,5	65,0	10,0	8,0
6	БМ-18(2)	1 : 1,5	-	2,5	10,5	29,0	38,5	13,0	6,5	4,0	11,0	58,0	20,0	7,0
7	БМ-20(1)	1 : 1,4	-	-	8,5	28,5	32,5	5,0	25,5	-	2,0	50,5	7,0	40,5
8	БМ-20(2)	1 : 1,5	-	-	6,0	26,0	27,5	17,5	23,0	-	-	29,5	34,5	36,0
9	БМ-22(1)	1 : 1,3	-	-	4,5	15,5	28,5	20,0	31,5	-	-	21,3	31,7	47,0
10	БМ-22(2)	1 : 1,5	-	-	4,5	16,0	41,5	26,0	12,0	-	1,0	63,0	21,0	15,0
11	БМ-25(1)	1 : 1,5	-	-	10,5	19,5	25,0	19,0	26,0	-	0,5	42,0	23,5	33,0
12	БМ-25(2)	1 : 0,3	-	-	4,0	37,0	31,5	11,0	16,5	-	-	34,0	16,0	50,0
13	СП-1(2)	1 : 1,8	2,0	2,0	18,5	32,5	23,5	8,0	13,5	16,5	36,5	24,5	7,5	15,0
14	ГП-1(1)	1 : 0,3	-	3,5	12,5	24,0	41,0	12,0	7,0	0,5	17,5	64,0	8,0	10,0
15	ГП-1(2)	1 : 0,9	-	-	9,0	18,5	25,5	24,5	19,0	3,5	19,0	37,5	16,0	24,0
16	ГП-1(3)	1 : 1,8	-	-	-	0,5	14,5	36,0	49,0	-	1,0	35,0	25,0	39,0

Таблица 5. Состав растворов
Table 5. Composition of solutions

Шифр пробы раствора	Соотношение вяжущих материалов к заполнителю в растворе в зависимости от вида использованного вяжущего							
	известковое в виде			цементно-известковое на извести в виде		цемент	цементно-гипсовое	гипс
	ИК	ИП	ИТ	ИП	ИТ			
БМ-14(2)	-	-	-	1 : 1,8	1 : 1,15	-	-	-
БМ-15(2)	-	-	-	1 : 4,2	1 : 2,6	-	-	-
БМ-16(1)	-	-	-	-	-	-	1 : 2,0	-
БМ-16(2)	1 : 6,2	1 : 4,3	1 : 1,7	-	-	-	-	-
БМ-18(1)	1 : 6,2	1 : 4,3	1 : 1,7	-	-	-	-	-
БМ-18(2)	1 : 6,2	1 : 4,3	1 : 1,7	-	-	-	-	-
БМ-20(1)	-	-	-	1 : 3,3	1 : 2,2	-	-	-
БМ-20(2)	-	-	-	1 : 4,0	1 : 3,2	-	-	-
БМ-22(1)	-	-	-	1 : 0,95	1 : 0,6	-	-	-
БМ-22(2)	1 : 6,2	1 : 4,3	1 : 1,7	-	-	-	-	-
БМ-25(1)	-	-	-	1 : 4,2	1 : 2,6	-	-	-
БМ-25(2)	-	-	-	1 : 4,2	1 : 2,6	-	-	-
СШ-1(2)	-	-	-	-	-	1 : 7,2	-	-
ГП-1(1)	1 : 7,8	1 : 5,7	1 : 2,4	-	-	-	-	-
ГП-1(2)	-	-	-	-	-	1 : 7,2	-	-
ГП-1(3)	-	-	-	-	-	-	-	1 : 1,5

Из опытных данных табл. 5 видно, что растворы на основе извести и шлакопортландцемента, т.е. растворы, приготовленные на моновяжущем, имеют более стабильные составы, в отличие от проб растворов на смешанном цементно-известковом вяжущем. Так, известковые растворы используемые при отделке домов по ул. Большая Морская (пробы БМ-16(1), БМ-18(1), БМ-18(2) и БМ-22(2)), имеют идентичные составы 1 : 1,7 в пересчете на известковое тесто; несколько отличается известковый раствор, используемый при отделке дома № 1 по ул. Генерала Петрова (проба ГП-1(1)), в составе которого больше содержится заполнителя (1 : 2,4). Составы растворов на основе шлакопортландцемента (пробы СШ-1(2) и ГП-1(2)) имеют аналогичные составы 1 : 7,2 в независимости от адресов восстанавливаемых домов. Составы растворов на основе смешанного цементно-известкового вяжущего (пробы БМ-14(2), БМ-15(2), БМ-20(1), БМ-20(2), БМ-22(1), БМ-25(1) и БМ-25(2)) изменяются в пределах от 1 : 0,6 до 1 : 3,2. При этом следует отметить пробы растворов, использованных для отделки жилого дома № 25 по ул. Большая Морская, у которых одинаковы и составы вяжущего и составы раствора.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования показали, что при восстановлении и строительстве зданий по ул. Большая Морская, Спуск Шестакова и Генерала Петрова г. Севастополя для отделки фасадов применяли как штукатурные и шпаклевочные растворы, так и плиты природных известняков. Виды материалов, примененных для отделки

фасадов домов, отличаются даже в пределах одного здания. Так для отделки домов по ул. Большая Морская № 14 и 15 и дома № 1 по ул. Спуск Шестакова наряду с облицовочными плитами из природного известняка использованы штукатурные растворы на основе цементно-известкового вяжущего.

Для устройства фасадов домов №№ 14, 15 и 24 по ул. Большая Морская применены облицовочные плиты из мшанковых известняков, предположительно Инкерманского или Бодракского месторождений, расположенных близ г. Севастополя, для отделки фасада дома № 1 по ул. Спуск Шестакова использован оолитовый известняк разновидности пизолит Крымских месторождений. Лицевая поверхность плит известняка, как и штукатурных растворов, окрашена несколькими слоями красок на минеральной и полимер-минеральной основе.

Как показали результаты исследований, для изготовления растворов отделки фасадов домов по ул. Большая Морская, Спуск Шестакова и Генерала Петрова использовался широкий спектр минеральных вяжущих материалов. Это и известь, и портландцемент, в том числе шлакопортландцемент, и гипс. Ряд растворов выполнены на смешанных – цементно-известковых и цементно-гипсовых вяжущих. Составы смешанных цементно-известковых вяжущих, определенные на исследуемых пробах, различны и отличаются даже в пределах одного здания. Это может касаться и других восстанавливаемых зданий Севастополя, так как, вероятнее всего, на строительный объект поставляли известковые растворы, а окончательное приготовление штукатурного раствора осуществлялось

строителями непосредственно на строительной площадке путем подмешивания в него портландцемента.

Заполнитель в растворах по своему составу, степени окатанности зерен очень схож с морским песком пляжей бухт и морского побережья в районе г. Севастополя. С большой долей вероятности можно утверждать, что для изготовления строительных растворов восстанавливаемых зданий Севастополя использовался в основном песок, добываемый на пляжах г. Севастополя.

Комплексный анализ строительных растворов отделки жилых домов на ул. Большая Морская, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24 и 25, ул. Спуск Шестакова, 1 и ул. Генерала Петрова, 1 г. Севастополя показал, что по виду и составу растворы могут значительно отличаться даже в пределах одного здания. Более всего колеблется состав растворов на основе смешанного цементно-известкового вяжущего.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баглей А.И., Артюхов В.М. Город-герой Севастополь. – М.: Стройиздат, 1975. – 206 с.
2. Венিকেев Е.В. Архитектура Севастополя. – Симферополь: Таврия, 1983. – 208 с.
3. Москвина И.К. Современные концепции в культурологическом дискурсе // Культура и цивилизация. – 2016. – Вып. 6(5А). – С 317-324.
4. Brandi C. The theory of restoration and other works on the themes of protection, conservation and restoration. C. Brandi authors. foreword. A. Rabotkevich [et al.]. – Moscow: Nardini editore, 2011. – 264 p.
5. Restoration of Monuments of History and Art in Russia XIX and XX centuries. History problems, Moscow: Academic Project; Alma Mater, 2008. – 604 p.
6. Blazetti L. Recovery of stone elements St. Klary Basilica of St. Damiana convent in Assisi // Experience the preservation of cultural heritage: the problem of the restoration: collection of materials of scientific-practical conference. – St. Petersburg: Asterion, 2014. – Pp. 39-46.
7. Белик Я.Г., Папкина Л.П. Некоторые исследования строительных материалов киевских Золотых ворот // Известия АН СССР. Сер. геологическая. – 1953. – № 5. – С. 124-131.
8. Юнг В.Н. О древнерусских строительных растворах // Сборник научных работ по вяжущим материалам. – М., 1949. – С. 226-257.
9. Значко-Яворский И.Л., Белик Я.Г., Иллиминская В.Т. Экспериментальное исследование древних строительных растворов и вяжущих веществ // СА. – 1959. – № 4. – С. 140-152.
10. Значко-Яворский И.Л. Очерки истории вяжущих веществ от древнейших времен до середины XIX в. – М.-Л., 1963.
11. Медникова Е.Ю., Раппопорт П.А., Селиванова Н.Б. Древнерусские строительные растворы // СА. – 1983. – № 2. – С. 152-161.

12. Медникова Е.Ю., Раппопорт П.А. Строительные растворы древнего Новгорода // СА. – 1991. – № 4. – С. 102-107.

13. Лобзова Р.В., Носов К.С. Петрографическая характеристика строительных растворов русских крепостей XVI-XVII вв. // Вестник РУДН, серия Инженерные исследования. – 2009. – № 1. – С. 91-98.

14. Раппопорт П.А. Строительное производство Древней Руси (X-XIII вв.). – СПб: Наука, 1994. – 140 с.

15. Медникова Е.Ю., Раппопорт П.А., Селиванова Н. Б. Изучение древнесмоленских строительных растворов // Краткие сообщения Института археологии. – 1982. – Вып. 155. – С. 44-56.

16. Медникова Е.Ю., Стеценко Н.К. Изучение строительных растворов архитектурных памятников Старой Ладogi // Архитектурное наследие и реставрация: Реставрация памятников истории и культуры России. – 1992. – С. 164-168.

17. Бойнтон Р.С. Химия и технология извести. Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1972. – 240 с.

18. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986. – 476 с.

19. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 544 с.

20. Алкснис Ф.Ф. Твердение и деструкция гипсоцементных композиционных материалов. – Л.: Стройиздат. Ленинг. отд-ние, 1988. – 103 с.

REFERENCES

1. Bagley A.I., Artyukhov V.M. Hero City Sevastopol. – M.: Stroyizdat, 1975. – 206 p.
2. Venikeev E.V. Sevastopol architecture. – Simferopol: Tavria, 1983. – 208 p.
3. Moskvina I.K. (2016) Sovremennye kontseptsii restavratsii v kul'turologicheskom diskurse [The modern concept of restoration in the culture-based discourses]. Kul'tura i tsivilizatsiya [Culture and Civilization], 6 (5A), Pp. 317-324.
4. Brandi C. The theory of restoration and other works on the themes of protection, conservation and restoration. C. Brandi authors. foreword. A. Rabotkevich [et al.]. – Moscow: Nardini editore, 2011. – 264 p.
5. Restoration of Monuments of History and Art in Russia XIX and XX centuries. History problems, Moscow: Academic Project; Alma Mater, 2008. – 604 p.
6. Blazetti L. Recovery of stone elements St. Klary Basilica of St. Damiana convent in Assisi // Experience the preservation of cultural heritage: the problem of the restoration: collection of materials of scientific-practical conference. – St. Petersburg: Asterion, 2014. – Pp. 39-46.
7. Belik Ya.G., Papkova L.P. Some studies of building materials of the Kiev Golden Gate // Izvestia of

the USSR Academy of Sciences. Ser. geological. – 1953. – № 5. – Pp. 124-131.

8. Yung V.N. About old Russian building solutions // Collection of scientific papers on knitting materials. – M., 1949. – Pp. 226-257.

9. Znachko-Yavorsky I.L., Belik Ya.G., Illyminskaya V.T. Experimental study of ancient mortars and binders // SA. – 1959. – № 4. – Pp. 140-152.

10. Znachko-Yavorsky I.L. Essays on the history of binders from ancient times to the middle of the 19th century. – M.-L., 1963.

11. Mednikova E.Yu., Rappoport P.A., Selivanova N.B. Old Russian mortars // SA. – 1983. – № 2. – Pp. 152-161.

12. Mednikova E.Yu., Rappoport P.A. Building solutions of ancient Novgorod // SA. – 1991. – № 4. – Pp. 102-107.

13. Lobzova R.V., Nosov K.S. Petrographic characteristics of mortars of Russian fortresses of the 16th-17th centuries // RUDN Bulletin, Engineering Research Series. – 2009. – № 1. – Pp. 91-98.

14. Rappoport P.A. Construction production of Ancient Rus (X-XIII centuries). – SPb: Science, 1994. – 140 p.

15. Mednikova E.Yu., Rappoport P.A., Selivanova N.B. Study of Old Smolensk mortars // Brief reports of the Institute of Archeology. – 1982. – Vol. 155. – Pp. 44-56.

16. Mednikova E.Yu., Stetsenko N.K. Study of mortars of architectural monuments of Staraya Ladoga // Architectural heritage and restoration: Restoration of monuments of history and culture of Russia. – 1992. – Pp. 164-168.

17. Boynton R.S. Lime chemistry and technology. Per. from english. – M.: Stroyizdat, 1972. – 240 p.

18. Volzhensky A.V., Burov Yu.S., Kolokolnikov V.S. Mineral binders. – M.: Stroyizdat, 1986. – 476 p.

19. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L. Building mineral binders. – M.: Infra-Engineering, 2011. – 544 c.

20. Alksnis F.F. Hardening and destruction of gypsum-cement composite materials. – L.: Stroyizdat, Leninsk. branch, 1988. – 103 p.

PETROGRAPHIC CHARACTERISTICS OF FINISHING MATERIALS OF BUILDINGS OF CULTURAL HERITAGE OF SEVASTOPOL OF POST-WAR CONSTRUCTION 40-50s OF THE XX CENTURY

Lyubomirskiy¹ N.V., Fedorkin² S.I., Bakhtin³ A.S., Hmelnitsky⁴ A.L.

^{1,2,3} Academy of Construction and Architecture of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Kiyevskaya St., 181,
e-mail: niklub.ua@gmail.com

⁴ LLC "Doria-project", Simferopol, st. Belova, 4, a1,
e-mail: hmelnitsky@hotmail.com

Abstract. this article is devoted to the identification of materials and the study of the composition of mortars used in the decoration of the facades of residential buildings that are cultural heritage objects and identified cultural heritage objects to be restored according to a major renovation plan, st. Bolshaya Morskaya and pl. Lazarev in the city of Sevastopol.

Subject of research: mortars used for finishing the facades of residential buildings that are cultural heritage sites and identified cultural heritage sites subject to restoration according to the plan of major overhaul of st. Bolshaya Morskaya and pl. Lazarev in the city of Sevastopol.

Materials and methods: 21 samples of materials (solutions and natural stone) used for finishing the facades of buildings located on the street were taken for research. Bolshaya Morskaya (houses No. 14, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 25), as well as buildings on the street. Generala Petrova, 1 and descent Shestakova, 1. For the study of the taken samples of solutions, a set of instrumental research methods was adopted, including microscopic, pycnometric, granulometric, differential thermal and thermogravimetric analyzes (DTA and TGA). Preparation of samples of facade finishing materials for testing included mechanical separation of the paint layer and drying them in a drying cabinet to constant weight. Instrumental research was preceded by a detailed visual examination of the material, detailed characteristics were made in terms of color parameters, structure, surface condition, density, and the mass and moisture content of the samples were determined according to GOST 5802-86. The material was photographed.

Results: as a result of visual and microscopic examination of samples of materials for finishing houses on the street. Bolshaya Morskaya in the city of Sevastopol revealed that both building solutions and natural stone materials were used for the construction of the facades. It was found that various mineral binders were used for the manufacture of mortars: lime and Portland cement, including slag Portland cement, and gypsum. A number of solutions are made on mixed - cement-lime and cement-gypsum binders. The compositions of the mixed cement-lime binders, determined on the test samples, are different and differ even within the same building. The filler in solutions in its composition, the degree of roundness of the grains is very similar to the sea sand of the beaches of the bays and the sea coast near the city of Sevastopol.

Conclusions: studies of solutions for finishing the facades of buildings to be restored according to the plan of major repairs, on the street. Bolshaya Morskaya, Descent of Shestakov and General Petrov of the city of Sevastopol and it was found that both plaster and putty solutions and slabs of natural limestone were used for finishing. A comprehensive analysis of finishing mortars showed that the type and composition of mortars can differ significantly even within the same building, because used various mineral binders (lime, Portland cement, including slag Portland cement, gypsum). Most of all, the composition of solutions based on a mixed cement-lime binder fluctuates.

Key words: restoration; finishing; solutions; mixed astringent.

УДК 519.6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЛЕТА ВИСЯЧЕГО МОСТА МЕТОДАМИ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Чемодуров¹ В.Т., Кузьменко² О.А., Хитрук³ С.А.

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО КФУ им. В.И. Вернадского, г. Симферополь, ул. Киевская, 181.

e-mail: ¹ chens_mu1@mail.ru, ² olya.kuzy@mail.ru, ³ sergej.xitruk97@mail.ru

Аннотация. Как известно, висячие мосты по своей общей массе значительно легче мостов других конструкций. В этом заключается несомненное их положительное качество. Не случайно, мосты данного типа получили широкое распространение на практике. Однако, наряду с неоспоримыми преимуществами, данный тип мостов достаточно чувствителен к ветровым нагрузкам, которые являются генератором изгибных и крутильных колебаний пролетов при определенных скоростях поперечного воздушного потока. Если лобовое сопротивление моста при поперечном воздушном потоке легко уменьшить за счет проектирования обтекаемых поверхностей, то обеспечение устойчивости поверхности пролета моста на изгибные и крутильные можно обеспечить лишь надлежащим образом выбора профиля его поперечного сечения, обеспечивающего нужный момент инерции, как необходимых компонентов его жесткости.

Ключевые слова: пролет, висячий мост, момент инерции, площадь.

ВВЕДЕНИЕ

История хранит память о десятках катастроф, постигших висячие мосты в XIX и XX веках. Наиболее часто в литературе упоминается разрушение кабельного моста на шоссе Такома - Вашингтон (США), произошедшего в 1940 году при скорости ветра всего 18,7 м/с.

Ветровое воздействие на многие сооружения, особенно высокие и протяженные, весьма существенно. Для таких строительных объектов, как гибкие мостовые конструкции, ветровая нагрузка может иметь решающее значение в формировании картины напряженно-деформированного состояния. Для конструкций мостов эта проблема является более актуальной, чем для любых других строительных конструкций, поскольку пролетные строения, как правило, плохообтекаемы и требуют более ответственного подхода к вопросам безопасности. Немаловажным фактом является и то, что колебания висячих мостов под воздействием

ветра побудили инженеров рассматривать пути решения этой задачи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время нормативные документы расчета аэродинамических явлений висячих мостов не в полной мере удовлетворяют требованиям безопасности при строительстве и эксплуатации сооружений. В данной статье предлагается следующий подход к проектированию конструкции пролета моста, состоящий из двух этапов.

На первом этапе изучается поведение плоской пластины в потоке воздуха, которая имеет размеры в плане, соответствующие планируемой конструкции (рисунок 1). Толщина пластины определяется путем расчета устойчивости данной пластины на предельный ветер, который может возникнуть в районе сооружения реального моста.

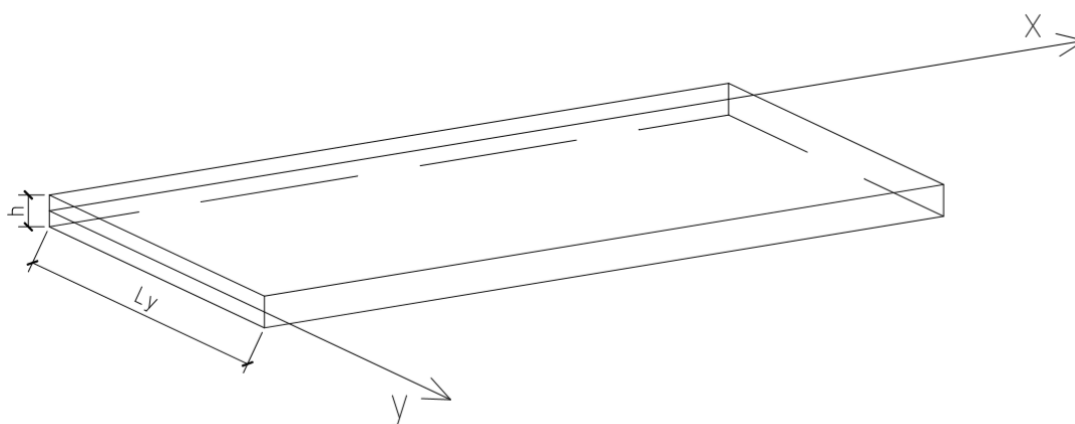


Рис 1. Модель мостового полотна в виде тонкой пластины

L_x – расстояние между точками крепления вант; L_y – ширина балки жесткости; h – высота балки жесткости

Fig. 1. Model of the bridge bed in the form of a thin plate

L_x – distance between cable attachment points; L_y – width of the stiffener beam; h – height of the stiffener beam

Данные предварительного исследования позволяют определить предельное значение изгибного момента инерции $J_{пл}$ пластины

$$J_{пл} = \frac{L_y h^3}{12} \quad (1)$$

и момент сопротивления

$$W_{пл} = \frac{L_y h^2}{6}, \quad (2)$$

а также ее предварительную массу

$$m_{пл} = \rho L_x L_y h, \quad (3)$$

где ρ - приведенная плотность.

Полученные теоретические значения изгибного момента инерции и момента сопротивления являются отправной точкой для обоснования поперечного сечения пролета висячего моста, состоящего из набора отдельных элементов его будущей конструкции.

Второй этап проектирования пролета висячего моста непосредственно связан с определением архитектуры поперечного сечения, которое обеспечит теоретический (предельный) момент инерции.

Такой двух этапный подход к проектированию пролета висячего моста, наряду с заданной устойчивостью, может обеспечить дополнительное снижение массы конструкции, по сравнению с массой пластины. Кроме того, используя методы системного анализа, удастся найти оптимальный облик поперечного сечения пролета моста.

На третьем этапе исследования после построения математической модели поперечного сечения пролета методами системного анализа находятся оптимальные параметры подкрепляющих элементов и общих габаритов конструкции.

Теория системного анализа предлагает в настоящее время довольно обширный список

методов программирования математических моделей систем. Как показывает практика самым универсальным и надежным методом поиска оптимума является случайный поиск. Под случайным поиском понимается намеренное введение элемента случайности в алгоритм поиска. Эта случайность служит целям сбора информации о поведении объекта исследования. В ряде случаев введение такого случайного поведения в поиск дает возможность построить весьма простые и эффективные алгоритмы случайного поиска, которые в определенных случаях превосходят регулярные (в частности градиентные) алгоритмы поиска.

Особенно эффективно применение случайного поиска при оптимизации объектов с большим числом параметров и ограничений, то есть в задачах оптимального проектирования. Рассмотрим его.

В программировании сложных задач оптимальный вектор \hat{x} найти можно лишь приближенно (с заданной точностью), используя численные методы поиска.

Стратегия численных методов нелинейного программирования заключается в том, чтобы из выбранного начального решения $x^0 \in D_x$, за некоторое количество шагов найти оптимальное значение критерия $f^0(x)$ с заданной точностью $\varepsilon > 0$. Характер стратегий поиска меняется по мере его развития может меняться. Вначале, когда о функции вообще нечего не известно, мы должны вести исследование в некоторой небольшой, случайным образом выбранной области с тем, чтобы расположить пробные воздействия я там, где значения критерия ниже. В середине процесса поиска, когда накапливается информация о характере отклика, поиск ведется быстрее. В конце поиска (вблизи оптимума) необходимо интенсивно проводить исследования с целью достижения заданной точности решения задачи ε .

Стратегия любых численных методов основывается на рекуррентной зависимости:

$$x^{s+1} = \pi(x) \cdot (x^s + \rho^s \gamma^s \xi^s) \quad (4)$$

Здесь: x^s – приближения вектора варьируемых параметров после s-й итерации; ρ^s – величина шага в s-й итерации (шаговый множитель); γ^s – нормированный множитель; ξ^s – вектор направления. $\pi(x)$ – операция проектирования x на множество X , то есть учитывает ограничения. Если множество X есть n-мерный параллелепипед, то есть

$$X\{x = (x_1, \dots, x_n): a_j \leq x_j \leq b_j, j = \overline{1, n}\}, \quad \text{то } \pi(x) = \{\pi_1(x), \dots, \pi_n(x)\} \text{ а}$$

$$\pi_o(x) = \begin{cases} a_j & \text{при } x_j < a_j, \\ b_j & \text{при } x_j > b_j, \\ x_j & \text{при } a_j \leq x_j \leq b_j. \end{cases} \quad (5)$$

Формула поиска (4) удовлетворяет существующему многообразию методов нелинейного программирования.

Рассмотрим простейший метод случайного поиска, который носит название метода удачной

выборки. Его идея заключается в том, что направление перехода от точки x^s в новую x^{s+1} выбирается из условия

$$\xi^s = \begin{cases} \beta^s & \text{при } f^0(x^s + \rho^s \xi^s) < f^0(x^s), \\ 0 & \text{при } f^0(x^s + \rho^s \xi^s) \geq f^0(x^s). \end{cases} \quad (6)$$

При выполнении первого условия (6) шаг считается удачным и осуществляется переход в эту точку $x^{s+1} = x^s + \rho^s \xi^s$. В противном случае вырабатывается новое значение β^s . Здесь: $\beta^s = (\beta_1^s, \dots, \beta_n^s)$ – случайный вектор, j – ая компонента которого есть случайная величина с равномерным распределением на отрезке $[-1, 1]$, либо с нормальным распределением, параметры которого $M(\beta_j^s) = 0$, $D(\beta_j^s) = 1$.

При реализации алгоритмов (4)-(6) в реальных задачах следует также учитывать ограничения

$$\rho^s = \exp[-10^{-3}(N^2 + \sup N^2 + n^2)]. \quad (7)$$

где: N – число неудачных шагов из последней опорной точки поиска; $\sup N$ – наибольшее число неудачных шагов, совершенных из какой-либо опорной точки поиска за весь предшествующий процесс оптимизации; n – число варьируемых параметров.

При таком задании случайного шага значения модуля последнего зависит от качественной характеристики приращения целевой функции. При положительном значении $\Delta f^0 = f^0(x^{s+1}) - f^0(x^s)$ происходит увеличение N , благодаря чему в последующем повышается вероятность удачного шага. По мере приближения к точке оптимума \hat{x} вероятность удачного шага имеет тенденцию к уменьшению. С целью повышения вероятности

$f^i(x)$, $i = \overline{1, m}$, то есть следует предусмотреть операцию возврата в исходную точку поиска (при нарушении функционального ограничения шаг признается неудачным), либо вводить функции штрафа аналогичные, как и для регулярных методов поиска.

Важным вопросом в реализуемых алгоритмах случайного поиска остается вопрос о выборе шага на каждой итерации. Наибольшее распространение получили алгоритмы, в которых выбор шага осуществляется с учетом результативности случайных шагов:

удачного шага по мере приближения к оптимуму в масштаб шага вводят зависимость от значения наибольшего числа шагов из опорных точек $\sup N$, которая позволяет уменьшить среднюю длину шага и повысить точность определения \hat{x} .

Косвенным признаком окончания процесса оптимизации может служить достаточно длинная последовательность неудачных шагов, например $N_{max} = 40 + 5\sqrt{n}$, так как очевидно, что все шаги, совершенные из оптимальной точки \hat{x} , будут неудачными.

Рассмотрим следующий пример. Пусть поперечное сечение моста имеет вид, показанный на рисунке 2.

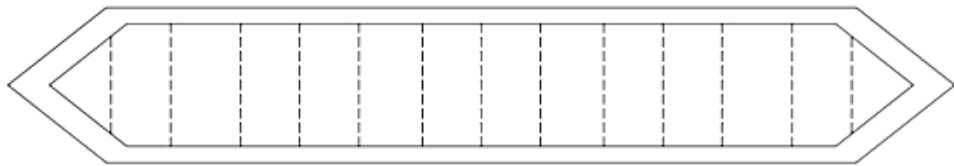


Рис. 2. Схема поперечного сечения пролета моста
Fig. 2. Scheme cross section of bridge span

На нем показаны два полотна: верхний представляет собой проезжую часть; нижнее полотно обеспечивает плавное обтекание потоком воздуха при минимальном лобовом сопротивлении. Между ними должен располагаться набор элементов в виде продольных коробов, двутавров, либо набор элементов ферменного типа. В любом

случае данная конструкция должна обеспечить требуемую величину момента инерции.

Приведем пример набора в виде двутавровой конструкции (рисунок 3).

В данном примере двутавр не относится к перечню сортамента двутавров, а его размеры произвольны.

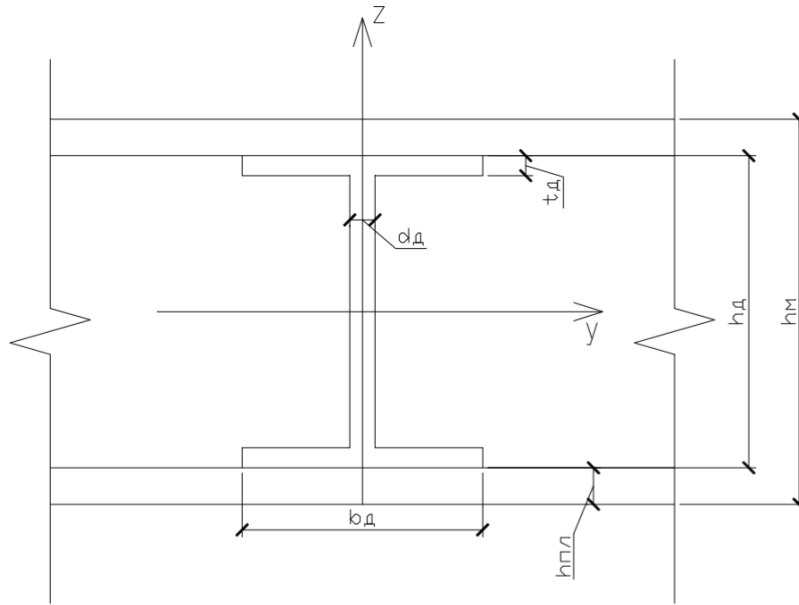


Рис. 3. Узел проезжей части висячего моста
Fig. 3. Roadway Junction of the suspension bridge

В этом случае моменты инерции конструкции состоит из моментов инерции верхнего и нижнего полотен, а также из моментов инерции всего набора двутавров относительно оси «у». Для простоты задачи зададим одинаковую толщину верхнего и нижнего полотна. Тогда их общий момент инерции

$$J_{\Pi} = 2 \left[\frac{L_y h_{\Pi}^3}{12} + L_y h_{\Pi} \left(\frac{h_M}{2} - \frac{h_{\Pi}}{2} \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Выражение для момента одного двутавра инерции имеет вид

$$J_{д1} = \frac{d_d (h_d - 2t_d)^3}{12} + 2 \left[\frac{b_d t_d^3}{12} + b_d t_d \left(\frac{h_d}{2} - \frac{t_d}{2} \right)^2 \right]. \quad (9)$$

Общий момент инерции сечения

$$J_{\Sigma} = J_{\Pi} + n J_{д1}, \quad (10)$$

где n – количество двутавров в наборе.

Общая площадь поперечного сечения пролета моста определится по формуле

$$A_{\Sigma} = A_{\Pi} + n A_{д1}. \quad (11)$$

Здесь:

$A_{\Pi} = 2L_y h_{\Pi}$ – площадь поперечного сечения двух плоскостей;

$A_{д1} = 2b_d t_d + d_d (h_d - 2t_d)$ – площадь поперечного сечения одного двутавра.

Для нахождения конкретных размеров наборного пролета висячего моста ставится задача оптимизации, которая заключается в минимизации целевой функции (площади поперечного сечения пролета или его массы)

$$f^0(x) = A_{\Sigma} \rightarrow \min \quad (12)$$

При ограничениях: момент инерции наборного сечения пролета должен быть не меньше требуемого

$$f^1(x) = J_{\Sigma} \leq J_{пл}, \quad (13)$$

момент сопротивления наборного сечения не превышает допустимое значение

$$f^2(x) = W_{\Sigma} \leq W_{пл}. \quad (14)$$

при этом число варьируемых переменных равно семи: $d_d, h_M, h_{\Pi}, h_d, b_d, t_d, n$.

Число варьируемых переменных целесообразно сократить, используя статистические данные по изготовлению двутавров специального назначения. При этом выявлены следующие значения ряда геометрических размеров в зависимости от высоты двутавра

$$b_d = 0,32h_d, \quad d_d = t_d = 0,02h_d. \quad (15)$$

Таким образом, число варьируемых переменных сократиться до четырёх: h_M, h_{Π}, h_d, n .

Далее используем зависимость $h_M = h_d + 2h_{\Pi}$.

В этом случае останется всего три независимых варьируемых параметра: h_n, h_d, n .

$$A_{d1} = 0,0336h_{d1}. \quad (18)$$

Теперь преобразуем зависимости (8) – (11) с учетом принятых допущений

$$J_{d1} = 0,00454h_d^4, \quad (16)$$

$$J_{\Sigma} = J_{пл} + n \cdot J_{d1}J_{d1}, \quad W_{\Sigma} = \frac{J_{\Sigma}}{\frac{h_d}{2} + h_{пл}}. \quad (17)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты оптимизации сечения приведенного примера сведены в таблицы. Первая таблица соответствует параметрам пластины, найденных для скорости потока воздуха 30 м/с, вторая таблица рассчитана для исходных параметров пластины, выбранной из условий ее устойчивости при скорости воздуха 40 м/с.

Таблица 1. Исходные данные: $J_{пл} = 0,933 \text{ м}^4$; $v = 30 \text{ м/с}$; $A_{пл} = 13,6 \text{ (м}^2\text{)}$.

Table 1. Source data: $J_{пл} = 0,933 \text{ м}^4$; $v = 30 \text{ м/с}$; $A_{пл} = 13,6 \text{ (м}^2\text{)}$.

n	$A \text{ (м}^2\text{)}$	$h_{пл} \text{ (м)}$	$h_d \text{ (м)}$	$h_m \text{ (м)}$
10	2,35	0,0269	1,490	1,548
20	3,03	0,0288	1,442	1,500
30	3,78	0,0388	1,228	1,305
40	4,28	0,0400	1,206	1,286
50	4,77	0,0454	1,126	1,217
60	5,24	0,0543	1,017	1,125

Таблица 2. Исходные данные: $J_{пл} = 1,64 \text{ м}^4$; $v = 40 \text{ м/с}$; $A_{пл} = 16,4 \text{ (м}^2\text{)}$.

Table 2. Source data: $J_{пл} = 1,64 \text{ м}^4$; $v = 40 \text{ м/с}$; $A_{пл} = 16,4 \text{ (м}^2\text{)}$.

n	$A \text{ (м}^2\text{)}$	$h_{пл} \text{ (м)}$	$h_d \text{ (м)}$	$h_m \text{ (м)}$
10	2,92	0,0291	1,912	1,970
20	4,03	0,0388	1,642	1,719
30	4,89	0,0471	1,477	1,572
40	5,63	0,0504	1,423	1,524
50	6,27	0,0518	1,402	1,506
60	6,80	0,0618	1,269	1,406

ВЫВОДЫ

Предложенный метод проектирования пролетов висячих мостов, основанных на предварительном определении их жесткости, приводится впервые. Форма поперечного сечения наборного пролета выбирается произвольно. Однако, решающим фактором ее выбора является решение задачи оптимизации с целью уменьшения массы моста в целом. В таблицах 1 и 2 приводятся параметры наборного моста для фиксированных значений подкрепляющих элементов.

Из результатов исследования следует:

– наборное сечение пролета висячего моста снижает его площадь поперечного сечения (массу) по сравнению с площадью поперечного сечения плоской пластиной с соответствующей жесткостью в 3–4 раза;

– еще больший выигрыш в массе моста можно получить при включении в число варьируемых параметров количество n подкрепляющих элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чемодуров В.Т., Литвинова Э.В., Сеитжелилов М.С. Численные методы: монография. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. – С. 88-98.
2. Чемодуров В.Т., Жигна В.В. Методы теории планирования эксперимента в решении технических задач: монография. – Симферополь, 2012. – С. 98-100.
3. Погорелов В.И. Строительная механика тонкостенных конструкций: Уч. пособие для студентов высших учебных заведений. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 528с.
4. Дмитриев Ю.В., Дороган А.С. Аналитические методы расчета висячих и вантовых мостов // Уч. пособие// Хабаровск «ДВГУПС», 2008. – С. 124-131.
5. Безухов Н.И., Лужин О.В., Колкунов Н.В. Устойчивость и динамика сооружений в примерах и задачах: Уч. пособие для строит. спец. вузов. – 3-е

изд., перераб. – М.: Высшая школа, 1987. – С. 164-170.

6. Чемодуров В.Т., Литвинова Э.В. Моделирование систем: монография. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2016. – 230с.

REFERENCES

1. Chemodurov V.T., Litvinova E.V., Seitzhelilov M.S. Numerical methods: monograph. Simferopol: ИТ «АРИАЛ», 2017. 88-98 p.

2. Chemodurov V.T., Zhigna V.V. Methods of the theory of experiment planning in solving technical problems: monograph. Simferopol, 2012. 98-100 p.

3. V.I. Pogorelov Building mechanics of thin-walled structures: Uch. manual for students of higher

educational institutions. SPb.: BHV-Petersburg, 2007. 528 p.

4. Dmitriev Yu.V., Dorogan A.S. Analytical methods for calculating suspension and cable-stayed bridges // Uch. manual // Khabarovsk «FESTU». 2008. 124-131 p.

5. Bezukhov N.I., Luzhin O.V., Kolkunov N.V. 1987 Stability and dynamics of structures in examples and tasks: Uch. manual for construction specialists. universities. - 3rd ed., Revised - M.: Higher school. 164-70p.

6. Chemodurov V.T., Litvinova E.V. System modeling: monograph. – Simferopol: ИТ «АРИАЛ», 2016. 230 p.

DESIGNING THE SPAN OF A HANGING BRIDGE BY METHODS OF SYSTEM ANALYSIS

Chemodurov¹ V.T., Kuzmenko² O.A., Khitruk³ S.A.

¹Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department. Mechanics and seismic resistance of structures, D.T.S. Professor of the Academy of Civil Engineering and Architecture (structural unit) V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, st. Kievskaya, 181, Russia, e-mail: chens_mu1@mail.ru

²Assistant of the Department. Mechanics and seismic resistance of structures, assistant of the Academy of Civil Engineering and Architecture (structural unit) V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, st. Kievskaya, 181, Russia, e-mail: olya.kuzy@mail.ru

³Second year master's student TPZS-191 group of the Academy of Civil Engineering and Architecture (structural unit) V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, st. Kievskaya, 181, Russia, e-mail: olya.kuzy@mail.ru

Abstract. As you know, suspension bridges are much lighter in their total weight than bridges of other structures. This is their undoubted positive quality. It is no accident that this type of bridge is widely used in practice. However, along with the undeniable advantages, this type of bridge is quite sensitive to wind loads, which are a generator of bending and torsional vibrations of spans at certain speeds of transverse air flow. If the drag of the bridge with a transverse air flow can be easily reduced by designing streamlined surfaces, then ensuring the stability of the bridge span surface for bending and torsion can only be ensured by properly selecting the profile of its cross-section, which provides the necessary moment of inertia, as necessary components of its rigidity.

Key words: Span, suspension bridge, moment of inertia, area.

Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 69. 059.0004.057

КОНЦЕПЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В ОБСЛУЖИВАНИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОАО «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»

Борсук¹ О.Ю., Меретуков² З.А.

ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 191

¹канд. биол. наук, доцент кафедры строительных и общепрофессиональных дисциплин,
²д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой строительных и общепрофессиональных дисциплин,
¹borsuk.oxana@yandex.ru; ²zaur-meretukov@yandex.ru

Аннотация. В статье изложена концепция использования мобильных устройств в обслуживании зданий и сооружений ОАО «Российские железные дороги» (РЖД). Показано, что внедрение мобильных устройств повышает уровень технического мониторинга зданий, сокращают производственные расходы. Создание базы данных об объекте в виде электронных паспортов позволяет: визуализировать полученную информацию; комплексно оценить физический и моральный износ здания; мгновенно вносить корректировки в техническую документацию при ремонте с просмотром результатов на экране мобильного устройства.

Ключевые слова: здания, сооружения, техническая эксплуатация, мобильное устройство, информация.

ВВЕДЕНИЕ

Техническая эксплуатация зданий и сооружений объектов ОАО «Российские железные дороги» «РЖД» и грамотное управление ими во многом зависит от сбора, обработки и учета объективной информации об их техническом состоянии. Информация необходима для рационального распределения средств поддержания фонда в технически исправном состоянии.

Недостатки сложившейся системы заключаются в следующем:

- отсутствие системности при оценке безопасности;
- выборочной оценке отдельных объектов при отсутствии постоянного контроля и мониторинга;
- отсутствие критериев и методик, позволяющих оценить безопасность объектов в любой заданный момент времени;
- малое использование мобильных устройств.

Одним из перспективных и актуальных направлений повышения обслуживания зданий и сооружений от аварий, является обеспечение постоянного мониторинга технического состояния и внедрение перспективных методов оценки технического состояния объектов с применением мобильных устройств.

Создание базы данных (рисунок 1) об объекте в виде электронных паспортов повысит уровень технической эксплуатации зданий и сооружений и

позволит рационально использовать материальные ресурсы.

Электронные паспорта зданий включают чертежи планов этажей, инженерных систем водоснабжения, отопления и других систем, что позволит:

- визуализировать полученную информацию;
- комплексно оценить физический и моральный износ здания;
- мгновенно вносить корректировки в техническую документацию при ремонте с просмотром результатов на экране мобильного ПК;
- удобно и точно производить расчеты расходных материалов при ремонтах;
- информацию о здании хранить на дисках, передавать на съёмных носителях, пересылать по электронной почте;
- распечатывать увеличенную или уменьшенную часть здания или инженерной системы.

Реализация данного подхода позволит решить следующие задачи:

- постоянное взаимодействие специализированных экспертных организаций и эксплуатирующих служб собственника объекта;
- оперативный контроль технического состояния объекта с накоплением информации об изменении состояния объекта.



Рис.1. - Принципиальная схема работы электронного паспорта

Fig. 1. - Schematic diagram of the operation of an electronic passport

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

ЕК АСУИ – Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой ОАО «РЖД».

Перечень основных документов, используемых в организации процесса технической эксплуатации, делится на категории:

1. Государственные законодательные акты - Федеральный закон «Градостроительный кодекс» от 29.12.2004 №190-ФЗ, Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 №384-ФЗ, ГОСТ 31937-2011 «Правила обследования и мониторинга технического состояния», ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований», МДС 13.-14.2000 «Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений», СП «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения» от 25.02.2017.

2. Ведомственные нормативные документы - СТО РЖД 09.012-2016 Система управления эксплуатацией административно-бытовых и производственных зданий ОАО «РЖД», СТО РЖД 1.09.002-2006 «Текущее содержание, комплексное обследование и капитальный ремонт несущих конструкций производственных зданий ОАО «РЖД», «Единый корпоративный стандарт ОАО «РЖД» предоставления и обслуживания помещений от 01.07.2013 №1462р (ред. 01.11.2017 № 2245р), «Методика определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД» от 07.06.2018 № 1198р, «Инструкция о порядке подготовки к зиме жилых и служебно-технических зданий, объектов социальной сферы, водоснабжения, водоотведения и котельного хозяйства ОАО «РЖД» (распоряжение ОАО «РЖД»

от 07.09.2017 №1819/р).

Единый корпоративный стандарт ОАО «РЖД» предоставления и обслуживания помещений определяет порядок взаимодействия при предоставлении в пользование помещений и их обслуживания, требования к качеству предоставляемой услуги и организацию документооборота.

Настоящий стандарт предназначен для применения подразделениями аппарата управления ОАО «РЖД», филиалами ОАО "РЖД" и иными структурными подразделениями ОАО «РЖД».

Целью настоящего стандарта является обеспечение порядка эффективного взаимодействия между пользователем и эксплуатационным подразделением в процессе использования объектов, предоставленных функциональным филиалам и иным структурным подразделениям ОАО «РЖД».

Стандарт определяет:

- необходимые требования, единые для любых видов эксплуатируемых объектов;
- минимальные требования безопасной эксплуатации объектов, в том числе с учетом сейсмической обстановки, гидрогеологического режима подтоплений, условий Крайнего Севера и другие неблагоприятные условия территорий Российской Федерации;
- ответственность всех участников процесса эксплуатации объектов, в том числе обязательность выполнения требований физическими и юридическими лицами;
- ответственность за несоответствие минимально необходимых требований безопасной эксплуатации и за ущерб от аварий на эксплуатируемом объекте;
- ответственность пользователей объектов за их сохранность, в том числе оборудования, состоящего

на балансе эксплуатирующего подразделения и предоставленного в пользование;

- порядок предоставления коммунальных услуг в соответствии с установленными нормативами;
- требования по обеспечению пожарной безопасности на объектах со стороны пользователя и эксплуатирующего подразделения;
- порядок обеспечения санитарного содержания зданий и помещений, уборки придомовых территорий, ухода за зелеными насаждениями;
- порядок обеспечения требований экологической безопасности;
- порядок организации подготовки объектов к работе в сезонных условиях (очистка от снега кровель и придомовых территорий);
- порядок проведения ремонтных работ в соответствии с нормативными требованиями.

Состав, структура и порядок работы электронного паспорта базируется на трех основных принципах:

1. нет ситуаций в работе конструкций, которые нельзя спрогнозировать;
2. аварийная ситуация связана с ограниченным перечнем причин;
3. аварийная ситуация должна прогнозироваться.

Основываясь на этих принципах электронный паспорт на здания и сооружения, включает следующие разделы (рис.2):

АРХИВ — хранение данных об объекте и исходные данные для работы паспорта;

МОНИТОРИНГ — система наблюдения и контроля объекта;

ПРОГНОЗ — анализ данных об объекте и прогнозирование состояния;

ОЦЕНКА И УКАЗАНИЯ — планирование мероприятий по защите объекта от аварий и обеспечению безопасной эксплуатации.

Цель работ по технической эксплуатации зданий заключается в обеспечении:

- безотказной работы конструкций и инженерных систем объектов;
- безопасных и комфортных условий для осуществления размещенных на объектах технологических процессов, пребывания и проживания людей;
- надежности объектов и их элементов;
- выполнения экологических требований;
- сохранности имущества;
- рационального использования природных, материальных, топливно-энергетических, трудовых и финансовых ресурсов.

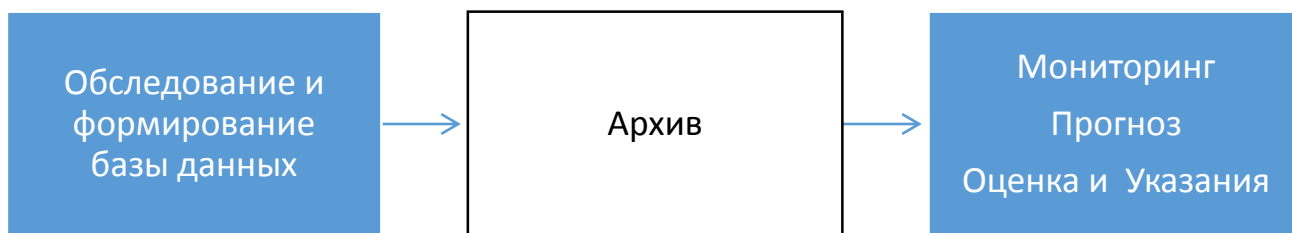


Рис. 2. - Разделы электронного паспорта

Fig. 2. - Sections of the e-passport

Процесс технической эксплуатации зданий регламентирован **нормативно-правовой базой**, которая постоянно актуализируется и совершенствуется в зависимости от структурных преобразований в компании, изменений в законодательстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Процесс **технической эксплуатации** объектов состоит из основных комплексов организационно-технических мероприятий (рис.3):

- **надзор** за техническим состоянием – осуществление контроля за техническим состоянием, использованием и содержанием зданий и помещений с целью выявления возможных дефектов и неисправностей конструктивных элементов и инженерного оборудования, выработки мер по их устранению, а также накопления информации для определения объектов и

планирования текущего и капитального ремонта зданий и сооружений;

- **текущее содержание** - комплекс работ по поддержанию в исправном состоянии элементов и внутридомовых систем зданий, заданных параметров и режимов работы его конструкций, оборудования и технических устройств;

- **текущий ремонт** - работы по систематическому и своевременному предохранению частей зданий и сооружений и инженерного оборудования от преждевременного износа путем проведения профилактических мероприятий и устранения мелких повреждений и неисправностей;

- **капитальный ремонт** - работы, в процессе которых производится замена или восстановление строительных конструкций (за исключением несущих) или их деталей, систем и сетей инженерно-технического обеспечения - на аналогичные или улучшающие показатели конструкций и систем.



Рис. 3. Процесс технической эксплуатации

Fig. 3. Maintenance process

В соответствии со своими функциональными обязанностями, в рамках утвержденных штатного расписания и бюджета расходов дирекция по эксплуатации зданий и сооружений предоставляет соответствующие услуги структурным подразделениям, занимающим помещения в служебно-технических и административно-бытовых зданиях:

необходимую площадь здания, исходя из функционального предназначения объекта; текущее содержание зданий (осмотры, санитарное и пожарное состояние зданий),

В настоящее время штатная численность дирекции полигона Северо Кавказского полигона железной дороги и ее структурных подразделений составляет 916 единиц, из них:

- 92 человека (10%) – на капитальном ремонте;
- 145 человек (16%) – на текущем ремонте;
- 679 человек (74%) – выполняют работы по текущему содержанию объектов дирекции.

Эксплуатационные расходы 2018 года составляют 1488 млн.руб. и распределены следующим образом:

- 229,2 млн.руб. (15%) – расходы на капитальный ремонт;
- 91,3 млн.руб. (6%) – расходы на текущий ремонт;
- 1167,2 млн.руб. (79%) – расходы на текущее содержание объектов.

В п. 3.14 Единого корпоративного стандарта ОАО «РЖД» отражен паспорт объекта: свод эксплуатационной документации объекта (архивация, планирование, оценка соответствия), в котором отражаются результаты всех плановых и внеплановых проверок соответствия технического состояния объекта требованиям, установленным законодательством.

Цель исследования – повысить качество обслуживания зданий и сооружений, путем внедрения мобильного устройства в работу персонала, занимающегося техническим осмотром и создать электронный технический архив.

Объект исследования – методы повышения технической эксплуатации объектов ОАО «РЖД»

Предмет исследования – анализ результатов внедрения Единого корпоративного стандарта на полигоне Северной железной дороги

Задачи исследования:

- Подобрать программу автоматического моделирования, подходящую для переносного мобильного устройства, учитывающая требования.
- Разработать образец заполнения технической документации на примере типового здания с применением мобильного устройства
- Рассчитать экономический эффект от внедрения мобильных устройств в работу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Методы повышения качества технической эксплуатации на объектах ОАО «РЖД» Первый метод-экономический.

Экономический метод – аутсорсинг, передача отдельных функций, технологических операций или бизнес-процессов внешним исполнителям.

Основной эффект аутсорсинга должен создаваться за счет того, что специализированная организация обеспечивает более эффективное и качественное исполнение передаваемых ей процессов или функций. Неоспоримым преимуществом аутсорсинга является отсутствие объемных долгосрочных инвестиций.

Одна из основных задач реформы железнодорожного транспорта — повышение прозрачности отрасли в целом и отдельных ее хозяйствующих субъектов, в том числе благодаря выводу непрофильных функций и процессов, которых накоплено немало. Аутсорсинг как раз и представляет собой удачный способ вывода непрофильных функций и процессов.

Основной принцип аутсорсинга, звучит следующим образом: «Оставляю себе только то, что могу делать лучше других, передаю внешнему исполнителю то, что он делает лучше других».

Принцип является гениальным решением для достижения высокой эффективности и конкурентоспособности предприятия, для прочного закрепления на рынке, особенно, если при этом будет соблюдаться немаловажное соотношение «цена-качество».

Цели и условия применения аутсорсинга

Применение различных форм аутсорсинга должно обеспечивать достижение следующих **целей**:

повышение экономической эффективности и снижение издержек в хозяйственной деятельности дистанций;

сокращение потребности в инвестициях на развитие несвойственных видов деятельности и функций;

освобождение дистанции и ее подразделений от выполнения несвойственных им функций;

создание условий для компенсации сезонных потребностей в дополнительном персонале;

повышение качества предоставляемых услуг, работ и поставляемой продукции

Главные условия, которые должны неукоснительно соблюдаться при привлечении внешних организаций:

проведение конкурсных процедур;

соблюдение нормативных документов (актов) органов исполнительной власти и ОАО «РЖД», регламентирующих работу переданных и связанных с ними технологических процессов;

сумма затрат по договорам аутсорсинга должна быть меньше затрат дороги, которые реально высвобождаются при -передаче непрофильных функций, вспомогательных, поддерживающих или сопутствующих процессов;

соблюдение норм технологической и экологической безопасности;

обеспечение экономической безопасности ОАО «РЖД» и сохранение его рыночных позиций;

материальная ответственность аутсорсеров за качество, объем и срок выполнения услуг, работ,

создание конкурентной среды

Таким образом, суть аутсорсинговой деятельности заключается в экономии времени и денег, а также, в концентрации организации на своей профильной деятельности.

Второй метод – технологический.

Технологический метод – внедрение электронных паспортов объектов.

Одним из перспективных направлений повышения защиты зданий и сооружений от аварий являются обеспечения постоянного мониторинга технического состояния и внедрение перспективных методов оценки технического состояния объектов.

Создание базы данных об объекте в виде электронных паспортов повысит уровень технической эксплуатации зданий и позволит рационально использовать материальные ресурсы.

Электронные паспорта зданий включают чертежи планов этажей, инженерных систем водоснабжения, отопления и других систем, что позволит:

- визуализировать полученную информацию;
- комплексно оценить физический и моральный износ здания;
- мгновенно вносить корректировки в техническую документацию при ремонте с просмотром результатов на экране ПК;
- удобно и точно производить расчеты расходных материалов при ремонтах;
- информацию о здании хранить на дисках, переносить на съёмных носителях (флешках), пересылать по электронной почте,
- распечатывать увеличенную или уменьшенную часть здания или инженерной системы.

Реализация данного подхода позволит решить следующие задачи:

Постоянное взаимодействие специализированных экспертных организаций и эксплуатирующих служб собственника объекта;

Оперативный контроль технического состояния объекта с накоплением информации об изменении состояния объекта.

Указанные недостатки сложившейся системы и актуальность создания электронных паспортов очевидна. Основная цель этого метода научить лиц, ответственных за техническую эксплуатацию объекта читать архитектурно строительные чертежи и уметь определить физический и моральный износ здания и его основных конструктивных элементов, заноса данные с рекомендациями и фото фиксацией дефектов в техническую документацию электронного вида с применением мобильных устройств.

Третий метод – программное обеспечение.

Существенно оптимизировать работу по составлению дефектных ведомостей можно путем разработки и внедрения специализированного программного обеспечения.

Данное программное обеспечение на основании вводимых данных инспектором должно производить автоматический подсчет объемов с разделением по конструктивным элементам, а также износ конструкций на основании Методики определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД», утвержденной распоряжением ОАО «РЖД» от 07.06.2018 г. №1198/р.

Алгоритм работы программного обеспечения должен выглядеть следующим образом:

Этап I – оцифровка паспортов зданий в векторную форму с обязательной выдержкой всех геометрических размеров, включая дверные и оконные блоки, откосы (идеальный вариант оцифровка в формате 3D).

Этап II – внесение в оцифрованные паспорта конструктивы и виды отделки фасадов, кровель и т.п.

Этап III – внесение в оцифрованные паспорта конструктивы и виды внутренних отделок, коммуникаций и т.п.

Этап IV – заполнение информации по процентам износов каждой конструкции.

Внесение информации в оцифрованные паспорта должно осуществляться путем выбора из ниспадающих списков.

Для выполнения данной работы инспекторы должны быть обеспечены планшетными компьютерами с выходом в сеть Интернет ОАО «РЖД» с доступом к системе ЕКАСУИ, СУИК информация с которых в онлайн режиме передается между системами. В планшетном компьютере инспектора должна быть программа (вновь разработанная), которая позволяет делать выборку дефектов (т.е. инспектор выбирает данные из предложенного списка на основании методики определения физического износа зданий ОАО «РЖД» находясь непосредственно на месте). Программа автоматически производит расчет износа здания. При внесении данных, инспектор делает с планшета фотосъемку. Все данные автоматически подгружаются в ЕКАСУИ, СУИК. Это бы позволило сократить время на работу с оформлением техдокументации.

На сегодняшний день инспектору по надзору за техническим содержанием зданий на проведение натурного осмотра одного объекта необходимо от 1,5 до 2 часов рабочего времени.

Анализ видов мобильных устройств и необходимых технических характеристик

При проверке кровли уделяется внимание состоянию покрытия и конструкциям кровли, работоспособности вентиляции, состоянию вентиляционных коробов, техническому состоянию чердачных помещений.

При внешнем осмотре здания уделяется внимание на косметическое и конструктивное состояние фасада, отмостки, фундамента, наружным водостокам.

Далее осматриваются внутренние, подвальные и встроенные помещения, где уделяется внимание оконным и дверным проемам, электроснабжению и электрооборудованию системам отопления, косметическому состоянию помещений.

Эксплуатационные расходы Краснодарской дистанции гражданских сооружений в 2018г составили 82,4 млн. руб. и распределены следующим образом

1. 25 млн. руб. (30%) расходы на капитальный ремонт

2. 36,4 млн. руб. (45%) расходы на текущий ремонт, в том числе 18 млн. руб. выполнен подрядным способом и 18,4 млн. руб. выполнен хоз. способом

3. 21 млн руб. (25 %) –расходы на текущее содержание объектов.

Штатная численность Краснодарской дистанции гражданских сооружений по состоянию на 01.05.2019 г. составляет 340 единиц, списочная 330 единиц, из них:

1. 57 чел. (17%) на капитальном ремонте

2. 109 чел. (32%) на текущем ремонте

3. 174 чел. (52%) выполняют работы по текущему содержанию объектов дистанции.

В 2018 г. Ремонтные работы выполнялись на 133 объектах на общую сумму 61,4 млн. рубл.

Таблица 1. Эксплуатационные расходы и количество инцидентов за 2016-2018 гг.
Table 1. Operating costs and number of incidents for 2016-2018

Год	Количество инцидентов	Ориентировочное количество инцидентов, которое могло быть дополнительно зарегистрировано	Процент снижение инцидентов к предыдущему оду	Расход на текущее содержание в рубл.	Доп.расходы на текущее содержание при росте количества инцидентов в млн рубл
2016	3058	192	Снижение на 10%	15.3	1.53
2017	2092	232	Снижение на 32%	14.0	4.48
2018	2571	99	Снижение на 22%	31.0	4.62

Таблица 2. Расходы за 2016-2018 гг.
Table 2. Expenditures for 2016-2018

Год	Расходы на капитальный ремонт в млн. руб.	Способ выполнения капремонта	Количество отремонтированных объектов	Расходы на 1 объект в млн. руб.	Снижение затрат на капитальный ремонт 1 объекта в предыдущем году млн. руб
2016	36.000	подрядный	12	3,000	-
	3.157	хозспособ	1	3,175	-
2017	15.587	подрядный	8	1,980	1,020
	3.333	хозспособ	2	1,6660	1,5000
2018	18.000	подрядный	18	1,000	0,980
	18.400	хозспособ	99	0,180	1,480

Таблица 3. Экономический эффект от внедрения мобильных устройств
Table 3. Economic effect of the introduction of mobile devices

Год	Снижение затрат на капитальный ремонт 1 объекта в предыдущем году млн. руб	Способ выполнения капремонта	Доп. расходы на текущее содержание при росте количества инцидентов в млн.руб.	Экономический эффект от внедрения мобильных устройств млн. рубл
2016	1,150	подрядный	2,32	0,45
	1,620	хозспособ		
2017	1,020	подрядный	2,22	0,34
	1,510	хозспособ		
2018	0,980	подрядный	2,16	0,30
	1,480	хозспособ		

Затраты на приобретение мобильных устройств. Цена за 1 мобильное устройство (планшет Samsung) -20110,00 рубл. без НДС. Количество участков Краснодарской гражданской дистанции гражданских сооружений -7.Итого затраты 20110,000X7=140770,00 рубл. без НДС.

Ожидаемый экономический эффект в первый год от внедрения мобильных рабочих мест, с учетом окупаемости мобильных устройств составит 450 000,00 рубл.-140770,00=309 230,00 рубл.

Для сбора и анализа информации о здании, подойдет несколько типов мобильных устройств. Таких как: планшет на базе Windows, мобильный смартфон типа Самсунг. **Планшет-трансформер LENOVO IdeaPad 32Gb D330-10IGM, 2GB, 32GB.**

Виды программного обеспечения на мобильное устройство

11 июня 2016 года был утверждён перечень поручений, обеспечивающих создание правовой базы использования информационного моделирования зданий в строительстве, в первую очередь по государственному заказу.

BIM - это относительно новая технология в отрасли, которая обычно медленно адаптируется к изменениям. Тем не менее, BIM будет играть со временем еще более важную роль в создании документации.

- BIM предлагает:
- улучшенную визуализацию,
- повышение производительности благодаря простому поиску информации,

- усиление согласованности строительных документов,
- встраивание и связывание важной информации, такой как информация о поставщиках для конкретных стройматериалов, с учетом их детального описания и количества, необходимого для оценки и проведения торгов,
- высокую скорость логистики,
- снижение затрат.

BIM (Building Information Modeling или Building Information Model) — информационное моделирование здания или информационная модель здания.

Информационное моделирование зданий (BIM) - это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта. BIM - это общий ресурс знаний для получения информации об объекте, который служит надежной основой для принятия решений в течение его жизненного цикла, который определяется как существующий от самой ранней концепции до сноса.

Использование BIM выходит за рамки фазы планирования и проектирования проекта, охватывая весь жизненный цикл здания и поддерживая все процессы, включая управление затратами, управление строительством, управление проектом, эксплуатацию объекта и управление в экологическом строительстве.

Информационное моделирование здания — это подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания (к управлению жизненным циклом объекта), который предполагает

сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и всё, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект.

Традиционное проектирование зданий в значительной степени основывалось на двухмерных технических чертежах (планы, фасады, разрезы и т. д.). Информационное моделирование зданий расширяет это за пределы 3D, увеличивая три основных пространственных измерения (ширину, высоту и глубину) с помощью показателя времени в качестве четвертого измерения (4D) и стоимостью в качестве пятого (5D). Совсем недавно стало практиковаться введение шестого измерения (6D), представляющее аспекты окружающей среды и устойчивости зданий, и седьмого измерения (7D) для управления объектами в течение всего срока службы, хотя существуют противоречивые определения для этих измерений. Поэтому BIM охватывает больше, чем просто геометрию. Он учитывает множество факторов, например, пространственные отношения, анализ освещения, географическую информацию, а также количество и свойства компонентов здания (например, детали производителей).

BIM включает в себя представление дизайна в виде комбинаций «объектов» - расплывчатых и неопределенных, общих или специфичных для продукта, сплошных фигур или ориентированных в пустом пространстве (например, в форме комнаты), которые несут свою геометрию, отношения и атрибуты. Инструменты проектирования BIM позволяют извлекать различные виды информационных материалов из модели здания для создания чертежей и других целей. Эти различные материалы автоматически согласуются и основаны на одном определении каждого экземпляра объекта. Программное обеспечение BIM также определяет объекты параметрически; то есть объекты определяются как параметры и отношения с другими объектами, поэтому, если в связанный объект вносятся изменения, зависимые объекты также автоматически изменяются. Каждый элемент модели может содержать атрибуты для их автоматического выбора и упорядочивания, предоставляя оценки затрат, а также отслеживание и учет материалов.

Для специалистов, вовлеченных в проект, BIM позволяет передавать виртуальную информационную модель от команды разработчиков (архитекторы, ландшафтные архитекторы, геодезисты, инженеры-строители и т.д.) генеральному подрядчику и субподрядчикам, а затем владельцам/операторам; каждый профессионал добавляет данные в единую общую модель. Это уменьшает потери информации, которые традиционно имели место быть, когда новая команда становится «владельцем» проекта, и

предоставляет более обширную информацию владельцам или другим участникам проекта.

Трёхмерная модель здания, либо другого строительного объекта, связанная с информационной базой данных, в которой каждому элементу модели можно присвоить дополнительные атрибуты. Особенность такого подхода заключается в том, что строительный объект проектируется фактически как единое целое. И изменение какого-либо одного из его параметров влечёт за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и объектов, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций и календарного графика.

BIM в эксплуатации объекта.

BIM может компенсировать потерю информации, связанную с работой над проектом от проектной группы, строительной команды и владельца оператора здания, позволяя каждой группе добавлять и ссылаться на всю информацию, которую они получают в течение периода внесения дополнений и правок в модель BIM. Это может принести значительную пользу владельцу/оператору объекта.

Например, владелец может найти доказательства и причины утечки в своем здании. Вместо того, чтобы исследовать физическое здание обычными способами, он может обратиться к модели и увидеть, что в подозрительном месте находится водяной клапан. Он также может иметь в модели конкретный размер клапана, производителя, номер детали и любую другую информацию, когда-либо исследованную в прошлом, в зависимости от адекватной для этого вычислительных ресурсов, имеющихся в наличии для обслуживания такой модели

Динамическая информация о здании, такая как измерения датчиков и управляющие сигналы от систем здания, также может быть включена в программное обеспечение BIM для поддержки анализа эксплуатации и технического обслуживания здания.

Общая стоимость владения объектами и управление активами включает BIM для учета множества критических требований и затрат в течение жизненного цикла здания, включая, помимо прочего: замену и обслуживание энергетической инфраструктуры, коммунальные услуги и системы безопасности; постоянное обслуживание экстерьера и интерьера здания и замена материалов; обновления дизайна и функциональности; расходы на рекапитализации.

Рекомендуемые программы для мобильных устройств, применяемых при технической эксплуатации

От качества проектной документации в перспективе зависит безопасность строительного объекта. Поэтому основной задачей любого проектной программы является тщательная детализация всех архитектурных и конструктивных

элементов здания. Для реализации проектных решений в AutoCAD и Autodesk Revit предусмотрен широкий перечень специальных инструментов. В целом эти совершенно разные продукты выполняют схожие задачи, но основные принципы моделирования отличаются весьма существенно. Обе системы автоматизированного проектирования могут использоваться в автономном режиме, однако многие предпочитают использовать потенциал обоих ресурсов, используя сильные стороны ПО.

Принцип работы

Ключевая разница между AutoCAD и Autodesk Revit заключается в цели проектирования. С помощью AutoCAD создаются профессиональные геометрические чертежи в 2D и 3D формате. Основной упор делается на геометрические характеристики объектов, а также проработку технологической и проектной документации инженерных систем, а также для проектирования объектов инфраструктуры. Функционал каждого программного продукта ориентирован на конечного потребителя и предлагает широкий выбор специализированных инструментов проектирования.

Целью Autodesk Revit является создание полноценных цифровых прототипов в 3D-формате. Autodesk Revit в полной мере реализует задачи BIM – проект здания представляет собой комплекс взаимосвязанных систем, каждую из которых можно рассматривать по отдельности или в разрезе общей информационной модели здания. Все элементы электронных макетов Revit связаны параметризацией, что полностью исключает появление «накладок» и других видов брака.

Ключевые отличия

AutoCAD специализируется на «плоских» чертежах, а Revit – на объемных прототипах.

В AutoCAD правки необходимо отдельно вносить в каждый чертеж, в Revit коррективы автоматически разносятся во все планы и разрезы.

В AutoCAD возможность анализа предоставляется опционно и в ограниченном режиме, Revit предоставляет широкий выбор инструментов для расчетов и анализа объектов.

AutoCAD предоставляет больше возможностей в создании чертежей и проектной документации для застройщиков, в Revit более красочные визуализации.

Несмотря на массу различий, нельзя говорить о каких-либо существенных преимуществах AutoCAD перед Revit, и наоборот. AutoCAD более удобен для конструкторов и инженеров-проектировщиков, тогда как Revit пользуется большим успехом у архитекторов и дизайнеров. Оба программных продукта производятся компанией Autodesk – на территории России их можно приобрести у официального дистрибьютора

«Поинт». При этом чертежи и разрезы, созданные в одной программе, без труда можно импортировать в другую.

Определение физического и морального износа зданий и сооружений по удельным весам конструкций

Формулы оценки технического состояния в настоящей разработаны на основании методов анализа иерархии и математической статистики. Показатель оценки технического состояния здания или сооружения в целях настоящей Методики определяется по формуле:

$$ОТС = K_n \cdot \sum_{i=1}^{i=7} B_i,$$

где:

B_i – баллы, рассчитываемые согласно п. 3.1.1-3.1.6; B_i и ОТС должны быть положительными числами в интервале от 0 до 100 со степенью округления до трех знаков после запятой (до 1/1000); если при расчете B_i – это отрицательное число, то принимается $B_i = 0$;

K_n – коэффициент по назначению здания или сооружения, определяемый согласно п. 3.1.7.

Учет максимального физического износа одного из укрупненных элементов здания или сооружения производится по формуле:

$$B_1 = -0,00058 \cdot \Phi_{k_{max}}^2 + 0,173073 \cdot \Phi_{k_{max}},$$

где:

B_1 – количество баллов, учитывающих максимальный физический износ одного из укрупненных элементов здания или сооружения;

$\Phi_{k_{max}}$ – максимальный оцениваемый физический износ одного из укрупненных элементов здания или сооружения, рассчитываемый согласно Методике определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД». Интервал значений для учета физического износа элемента: от 0% до 100%. За пределами интервала принимается $B_1 = 0$.

Учет физического износа здания или сооружения в целом производится по формуле:

$$B_2 = 11,688 - \frac{233,435}{\Phi_3},$$

где B_2 – количество баллов, учитывающих физический износ здания или сооружения в целом;

Φ_3 – оцениваемый физический износ здания или сооружения, рассчитываемый согласно Методике определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД». Интервал значений для учета физического износа здания или сооружения в целом: от 21% до 60%. За пределами интервала принимается $B_2 = 0$.

Учет инцидентов и их повторяемости выполняется по формуле:

$$B_3 = 0,771 \cdot \frac{\sum \text{ИЗ}}{\sum \text{ИЗ}_{\max}} + 1,808 \cdot \frac{\sum \text{И1}}{\sum \text{И1}_{\max}} + 1,349 \cdot \sum_{i=1}^{i=k3} l_i +$$

$$+ 3,162 \cdot \sum_{i=1}^{i=k1} l_i + 1,634 \cdot \sum_{i=1}^{i=c3} l_i + 3,831 \cdot \sum_{i=1}^{i=c1} l_i$$

где:

B_3 – количество баллов, учитывающих инциденты и их повторяемость;

$\sum \text{ИЗ}$ – количество инцидентов 3-го уровня критичности, зафиксированных в ТСИ ЕК АСУИ за предыдущие 12 месяцев, для рассматриваемого здания или сооружения;

$\sum \text{ИЗ}_{\max}$ – максимальное количество инцидентов 3-го уровня критичности, зафиксированных в ТСИ ЕК АСУИ за предыдущие 12 месяцев, среди всех зданий и сооружений соответствующей региональной дирекции;

$\sum \text{И1}$ – количество инцидентов 1-го уровня критичности, зафиксированных в ТСИ ЕК АСУИ за предыдущие 12 месяцев, для рассматриваемого здания или сооружения;

$\sum \text{И1}_{\max}$ – максимальное количество инцидентов 1-го уровня критичности, зафиксированных в ТСИ ЕК АСУИ за предыдущие 12 месяцев, среди всех зданий и сооружений соответствующей региональной дирекции;

l_i – примерный усредненный удельный вес укрупненного элемента здания или сооружения, принимаемый согласно Методике определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД»;

$k3$ – количество укрупненных конструктивных элементов здания или сооружения, на которых в ТСИ ЕК АСУИ зафиксирована повторяемость инцидентов (произошло 2 и более инцидента) 3-го уровня критичности за предыдущие 12 месяцев;

$k1$ – количество укрупненных конструктивных элементов здания или сооружения, на которых в ТСИ ЕК АСУИ зафиксирована повторяемость инцидентов (произошло 2 и более инцидента) 1-го уровня критичности за предыдущие 12 месяцев;

$c3$ – количество укрупненных элементов инженерных систем или сетей здания или сооружения, на которых в ТСИ ЕК АСУИ зафиксирована повторяемость инцидентов (произошло 2 и более инцидента) 3-го уровня критичности за предыдущие 12 месяцев;

$c1$ – количество укрупненных элементов инженерных систем или сетей здания или сооружения, на которых в ТСИ ЕК АСУИ зафиксирована повторяемость инцидентов (произошло 2 и более инцидента) 1-го уровня критичности за предыдущие 12 месяцев;

Классификатор инцидентов по уровням критичности, принятых в ТСИ ЕК АСУИ представлен на портале ЕК АСУИ по адресу: http://10.144.51.25/download/index.php?&filepath=assets/files/Spravochnik_incidentov_TSUO.pdf.

Регистрирование классификации инцидента выполняется в соответствии с Руководством функционального пользователя Типовой системы управления инцидентами в части объектов технологического и коммунального назначения. В целях Методики в расчет берутся инциденты, которые возможно устранить при мелком, текущем или капитальном ремонте.

Учет предписаний государственных надзорных органов производится по формуле:

$$B_4 = 10,668 \cdot \frac{\sum \text{Шт}}{\sum \text{Шт}_{\max}} + 8,435 \cdot \frac{\sum \text{Шп}}{\sum \text{Шп}_{\max}},$$

где:

B_4 – количество баллов, учитывающих предписания государственных надзорных органов, которые возможно и целесообразно устранить при капитальном ремонте;

$\sum \text{Шт}$ – сумма возможных штрафов за неисполнение предписаний для рассматриваемого здания или сооружения, со сроком устранения в текущем году (или просроченные предписания при их актуальности); в случаях, если за неисполнение предписания предусмотрена приостановка деятельности структурных подразделений ОАО «РЖД» и (или) дочерних и зависимых обществ, то $\sum \text{Шт}$ условно в целях расчета баллов принимается равным $\sum \text{Шт}_{\max}$.

$\sum \text{Шт}_{\max}$ – максимальная сумма возможных штрафов за неисполнение предписаний, среди всех зданий или сооружений рассматриваемого структурного подразделения или региональной дирекции или хозяйства, со сроком устранения в текущем году (или просроченные предписания при их актуальности);

$\sum \text{Шп}$ – сумма возможных штрафов за неисполнение предписаний для рассматриваемого здания или сооружения, со сроком устранения в планируемом году; в случаях, если за неисполнение предписания предусмотрена приостановка деятельности структурных подразделений ОАО «РЖД» и (или) дочерних и зависимых обществ, то $\sum \text{Шп}$ условно в целях расчета баллов принимается равным $\sum \text{Шп}_{\max}$.

$\sum \text{Шп}_{\max}$ – максимальная сумма возможных штрафов за неисполнение предписаний, среди всех зданий или сооружений рассматриваемого структурного подразделения или региональной дирекции или хозяйства, со сроком устранения в планируемом году;

Учет превышения предельных межремонтных сроков осуществляется по формуле:

$$B_5 = \sum_{i=1}^{i=n} K_i \cdot l_i,$$

где:

B_5 – количество баллов, учитывающих превышения предельных межремонтных сроков;

l_i – примерный усредненный удельный вес укрупненного элемента здания или сооружения,

определяемый согласно Методике определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД»;

K_i – коэффициент учета превышения предельных межремонтных сроков элемента здания или сооружения, определяемый по таблице.

Таблица 4. Превышение S (лет) предельных межремонтных сроков элемента здания
Table 4. Exceeding S (years) of the maximum turnaround time of a building element

Превышение S (лет) предельных межремонтных сроков элемента здания или сооружения, определяемое согласно приложению № 4 или действующих нормативных документов		
без превышения	от 1 до 8 лет	более 8 лет
$K_i = 0$	$K_i = 0,0441237 \cdot S^3 - 0,66478 \cdot S^2 + 3,9856 \cdot S$	$K_i = 14,189$
Примечание. В случае, если в приложении № 4 для элемента здания или сооружения указан интервал межремонтных сроков, то за предельный межремонтный срок принимается верхняя граница интервала.		

Учет планируемых в рамках капитального ремонта работ по поддержанию архитектурной выразительности и эстетического вида производится по формуле:

$$B_6 = 10,272 \cdot \sum_{i=1}^{i=a} l_i,$$

B_6 – количество баллов, учитывающих планируемые в рамках капитального ремонта работы по поддержанию архитектурной выразительности и эстетического вида;

l_i – примерный усредненный удельный вес элемента здания или сооружения, определяемый

согласно Методике определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД»;

a – количество укрупненных конструктивных элементов, на которых планируются в рамках капитального ремонта работы по поддержанию архитектурной выразительности и эстетического вида.

Учет назначения зданий и сооружений осуществляется согласно таблице в зависимости от принадлежности объекта к группе.

Таблица 5. Коэффициент K_n в зависимости от принадлежности объекта к группе
Table 5. Coefficient K_n depending on the belonging of the object to the group

Коэффициент K_n в зависимости от принадлежности объекта к группе			
Группа А.	Группа Б.	Группа В.	Группа Г.
Служебные, бытовые и жилые здания: пассажирские здания, жилой фонд, служебно-технические здания, здания постов ЭЦ, санитарно - бытовые здания и пункты, административные, бытовые здания производственного персонала служб и предприятий инфраструктуры	Производственные здания: производственные здания депо, дистанций и других подразделений, котельные, водозаборы, очистные сооружения, объекты ГО, гаражи	Прочие здания и сооружения: здания развяздов, стрелочных постов, склады, пакгаузы, подвалы, хозяйственные блоки, постройки, блок-контейнеры, блок-гаражи, модули, павильоны, вспомогательные здания, пассажирские платформы	Платформы, площадки, дороги: грузовые платформы, грузовые и контейнерные площадки, эстакады, замощение, дороги, проезды, заборы, ограждения
$K_n = 1,207$	$K_n = 1,174$	$K_n = 1,147$	$K_n = 1,1399$

Образец электронного паспорта на примере ст. Варилка



Рис. 4. Станция Варилка
Fig. 4. Varilka station



Рис. 5. Отмостка
Fig. 5. Blind area

Таблица 6. Оценка износа
Table 6. Assessment of wear

<i>Признаки износа</i>	<i>Количественная оценка</i>	<i>Физический износ, %</i>	<i>Примерный состав работ</i>
Мелкие трещины в цоколе, местные нарушения штукатурного слоя цоколя и стен	Ширина трещин до 1,5 мм.	0-20	Затирка трещин

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Нами был рассчитан ожидаемый экономический эффект в первый год от внедрения мобильных рабочих мест, с учетом окупаемости мобильных устройств составивший 309 230,00 руб. За расчетную модель был взят планшет Samsung.

Таким образом, внедрение мобильных устройств-

- повысит качество технической эксплуатации объекта;
- высвободит часть времени проведения осмотра;
- позволит более качественно формировать программу текущего содержания и ремонта объекта, повысить межремонтный срок и увеличить жизнедеятельность его элементов и здания в целом.

А создание базы данных об объекте в виде электронных паспортов позволит:

- визуализировать полученную информацию;
- комплексно оценить физический и моральный износ здания;
- мгновенно вносить корректировки в техническую документацию при ремонте с просмотром результатов на экране мобильного устройства;
- удобно и точно производить расчеты расходных материалов при ремонтах;
- информацию о здании хранить на дисках, переносить на съёмных носителях (флешках), пересылать в базу данных через интернет;
- распечатывать увеличенную или уменьшенную часть здания или инженерной системы;
- рационально использовать материальные ресурсы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Градостроительный кодекс» от 29.12.2004 №190-ФЗ.
2. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 №384-ФЗ.
3. ГОСТ 31937-2011 Правила обследования и мониторинга технического состояния.
4. МДС 13-14.2000 Положение о проведении планово-предупредительного ремонта производственных зданий и сооружений.
5. СП «Здания и сооружения. Правила эксплуатации. Основные положения» от 25.02.2017.
6. Стандарт ОАО «РЖД» «СТО РЖД 09.012-2016» Система управления эксплуатацией административно-бытовых и производственных зданий ОАО «РЖД».
7. Стандарт ОАО «РЖД» «СТО РЖД 1.09.002-2006» Текущее содержание, комплексное обследование и капитальный ремонт несущих конструкций производственных зданий ОАО «РЖД».
8. Единый корпоративный стандарт ОАО «РЖД» предоставления и обслуживания помещений от 01.07.2013 №1462р (ред. 01.11.2017 № 2245р).
9. Методика определения физического износа зданий, эксплуатируемых ОАО «РЖД» от 07.06.2018 № 1198р.

10. Инструкция о порядке подготовки к зиме жилых и служебно-технических зданий, объектов социальной сферы, водоснабжения, водоотведения и котельного хозяйства ОАО «РЖД» (распоряжение ОАО «РЖД» от 07.09.2017 №1819/р).

11. «Профессиональный стандарт инспектора по контролю за техническим содержанием зданий железнодорожного транспорта», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 16.03.2018 г. №1

BIBLIOGRAPHY

1. Federal law "Town-Planning code" of 29.12.2004 No. 190-FZ.
2. Federal law "Technical regulations on the safety of buildings and structures" dated 30.12.2009 No. 384-FZ.
3. GOST 31937-2011 Rules for inspection and monitoring of technical condition.
4. MDS 13-14.2000 Regulations on scheduled preventive maintenance of industrial buildings and structures.
5. JV " Buildings and structures. Operating rule. Main provisions " from 25.02.2017.
6. Standard of JSC "Russian Railways ""STO RZD 09.012-2016" management System for the operation of administrative, household and industrial buildings of JSC "Russian Railways".
7. Standard of JSC "Russian Railways ""STO RZHD 1.09.002-2006" Current maintenance, comprehensive inspection and overhaul of load-bearing structures of industrial buildings of JSC "Russian Railways".
8. Unified corporate standard of JSC "Russian Railways" for provision and maintenance of premises dated 01.07.2013 No. 1462r (ed. 01.11.2017 No. 2245r).
9. Methodology for determining the physical wear of buildings operated by JSC "Russian Railways" dated 07.06.2018 No. 1198r.
10. Instructions on how to prepare for winter residential and service-technical buildings, social facilities, water supply, sanitation and boiler facilities of JSC" Russian Railways "(order of JSC "Russian Railways" dated 07.09.2017 No. 1819/R).
11. Professional standard of the inspector for monitoring the technical maintenance of railway transport buildings, approved by order of the Ministry of labor and social protection of the Russian Federation No. 1 of 16.03.2018

CONCEPT OF USING MOBILE DEVICES IN THE MAINTENANCE OF BUILDINGS AND STRUCTURES OF JSC " RUSSIAN RAILWAYS»

Borsuk¹ O.U., Meretukov² Z.A.

Maikop State Technological University, Republic of Adygea, Maykop, st. Pervomayskaya, 191

¹borsuk.oxana@yandex.ru; ²zaur-meretukov@yandex.ru

Abstract. The article describes the concept of using mobile devices in the maintenance of buildings and structures of Russian Railways. Mobile devices increase the level of technical monitoring of buildings and reduce production costs.

Key words: buildings, maintenance, mobile devices

УДК 621.311.25: 69.032.4

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ КРЫМА

Цопа¹ Н. В., Дикарев² А. Е.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение). Симферополь, ул. Киевская, 181, 295493
e-mail: ¹natasha-ts@yandex.ru, ²dikarevaleksandr0@gmail.com

Аннотация: в статье дан сравнительный анализ развития солнечной энергетики в мире в целом, в Европейском Союзе, в России и в Крыму; рассмотрены преимущества и недостатки использования солнечной энергетики, особенности применения возобновляемых источников энергоснабжения, обосновано применение солнечной энергетики в Крыму; описан механизм технико-экономического обоснования применения автономного электроснабжения для малоэтажных зданий в условиях Крыма.

Предмет исследования: применение солнечной энергии для автономного энергоснабжения малоэтажного дома в Крыму.

Материалы и методы: статья написана на основе изучения материалов научных статей, публикаций, электронных ресурсов; использованы методы – теоретический и структурно-функциональный.

Результаты: при рациональном подборе оборудования для автономного электроснабжения в соответствии с районом расположения здания, его площадью, расчетом потребности в электропотреблении вся система будет круглогодично без перебоев обеспечивать здание электроэнергией.

Выводы: на основе изучения отечественного и зарубежного опыта использования возобновляемых источников энергии и формирования алгоритма (модели) технико-экономического обоснования применения автономного электроснабжения рассмотрена возможность эксплуатации солнечных батарей при строительстве малоэтажных зданий в условиях Крыма.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная энергетика, солнечные батареи, технико-экономическое обоснование, малоэтажные здания.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы энергоснабжения потребителей являются достаточно актуальными во всём мире, по причине увеличения общемировой численности населения. В поисках различных источников снабжения потребителей энергией, обращаются не только к традиционной энергетике, но и к возобновляемым источникам энергоснабжения. Здесь следует отметить, что традиционные источники энергоснабжения на данный момент активно влияют на окружающую среду, в большинстве случаев угрожая безопасности жизнедеятельности человека. Это является одной из причин все большего развития возобновляемой энергетики.

В настоящей статье изложены результаты исследования, целью которых является изучение особенностей применения возобновляемых источников энергоснабжения зданий и сооружений, с учетом отечественного и зарубежного опыта для дальнейшего обоснования возможностей применения автономного электроснабжения для малоэтажных зданий в условиях Крыма.

В работе решены следующие задачи:

- проведен сравнительный анализ развития солнечной энергетики в мире в целом, в Европейском Союзе, в России, в Крыму в частности;
- рассмотрены преимущества и недостатки использования солнечной энергетики;
- выявлены особенности применения возобновляемых источников энергоснабжения;
- обосновано применение солнечной энергетики в Крыму.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемы применения традиционных и возобновляемых источников энергоснабжения нашли свое отражение в трудах отечественных ученых: А.Б. Алхасова, Д.С. Стребкова, О.В. Григораш, В.Н. Хазовой, В.Е. Фортова, Д.В. Дубинина, В.Е. Лаевского, Б.В. Лукутина, О.А. Суржиковой, Е.Б. Шандаровой [1-10].

В своих работах А.Б. Алхасов рассматривает современное состояние и перспективы использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), их энергетические, экономические и экологические характеристики [1]. Вопросами развития солнечной энергетики в мире и в России, особенностей разработки технологий, материалов и конструкций солнечных элементов занимается в своих исследованиях Д.С. Стребков [2, 3]. О.В. Григораш обосновал и разработал систему комбинированного электроснабжения, выполненную с использованием возобновляемых источников энергии [4]. В.Е. Фортов, В.Н. Хазова выявляют закономерности функционирования сектора возобновляемой энергетики в мире, дают оценку и перспективы его развития в России [5, 6]. В своих работах Д.В. Дубинин, В.Е. Лаевский, на основе экспериментальных исследований, обосновали разработку и производство систем преобразования солнечной энергии в электричество как наиболее перспективное и активно развиваемое направление создания экологически чистых регенеративных источников энергии [7]. В исследованиях Б.В. Лукутина, О.А. Суржиковой, Е.Б. Шандаровой рассмотрены энергетические

характеристики основных видов природных возобновляемых источников энергии, способы их преобразования в электроэнергию и экономические аспекты использования возобновляемой энергетики в автономном электроснабжении [8]. Несмотря на большое количество исследований, посвященных проблемам и перспективами использования возобновляемых источников энергии, особенности и возможности их использования в условиях Крыма не достаточно изучены.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ С РЕЗУЛЬТАТАМИ И ИХ АНАЛИЗ

Одним из основных и развитых направлений является получение солнечной энергии, запасы которой практически неисчислимы, что делает ее идеальным источником для использования в жизнеобеспечении человека. Потенциал использования энергии Солнца крайне велик. На данный момент чистый прирост мощностей солнечной энергетики в мире составил 48% от общего прироста мощностей всех видов энергетики (данные на 2020 год) (рис. 1).

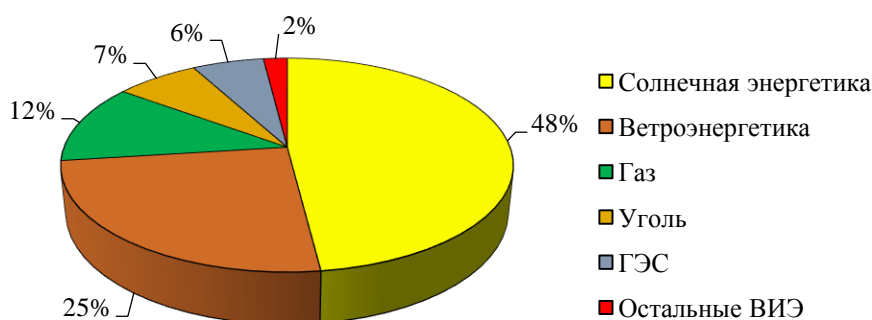


Рис. 1. Чистый прирост мощностей электроэнергетики в мире в 2020 году в процентном соотношении.
Fig. 1. Net increase in global electricity capacity in 2020, percent.

К концу 2019 года глобальная установленная мощность солнечной энергетики превысила 630 ГВт. Доля энергии солнца в выработке мировой электроэнергии составляет сегодня примерно 2,6%.

На рисунке 2 показана динамика увеличения установленной мощности солнечных электростанций в период с 2010 по 2018 года [3].

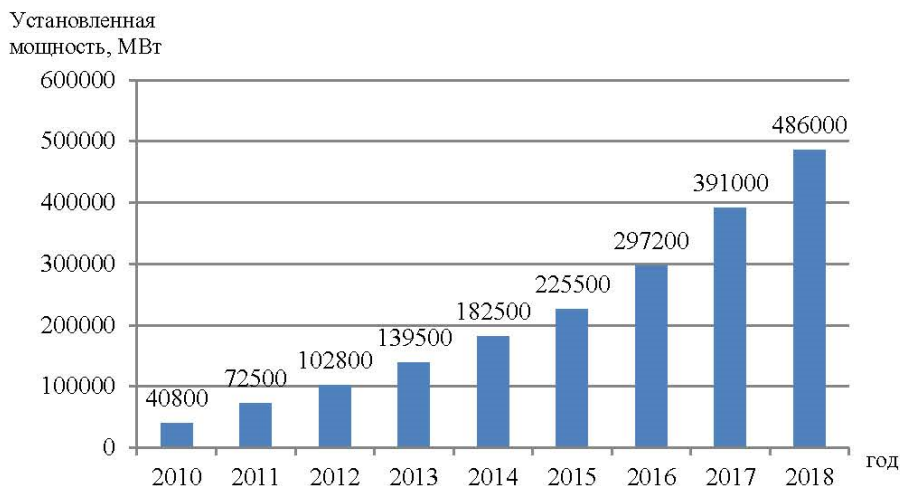


Рис. 2. Установленная мощность солнечных фотоэлектрических станций в мире с 2010 по 2018 гг.
Fig. 2. Installed capacity of solar photovoltaic stations in the world from 2010 to 2018 year.

Из анализа рисунка 2 видно, что в среднем через каждые 3 года установленная мощность увеличивается в 2 раза. При сохранении такой динамики возможно достижение значения в 1 млн МВт в перспективе 2021-2022 годов.

Согласно отчету аналитиков из организации International Renewable Energy Agency, более трети вырабатываемого электричества в мире поступает

из возобновляемых источников – это новый рекордный показатель. В период с 2018 по 2019 годы строительство новых мощностей возобновляемой энергии несколько замедлилось. Но так как разные страны построили меньше новой инфраструктуры для добычи ископаемого топлива, доля возобновляемых источников энергии в расширении энергетического потенциала возросла.

По данным аналитиков, 72% всех введенных в эксплуатацию в 2019 году источников энергии были возобновляемыми. Большая часть этого роста пришла на Азию – 54% прироста мощности возобновляемых источников энергии. При этом в США и Европе за этот период закрылось больше электростанций, работающих на ископаемом топливе, чем открылось [16].

В 2019-2024 гг. в мире будет введено 1200-1500 ГВт новых станций на возобновляемых источниках энергии, их мощность увеличится на 50-88%. По прогнозам Мирового энергетического агентства (МЭА) доля «зеленой» генерации в мировом производстве электроэнергии вырастет с 26 до 30%. Лидерами по вводу новых «зеленых» мощностей на сегодняшний день являются Китай и США (рис. 3-4).



Рис. 3. Плавающая солнечная электростанция мощностью 70 МВт.
Fig. 3. 70 MW floating solar power plant.

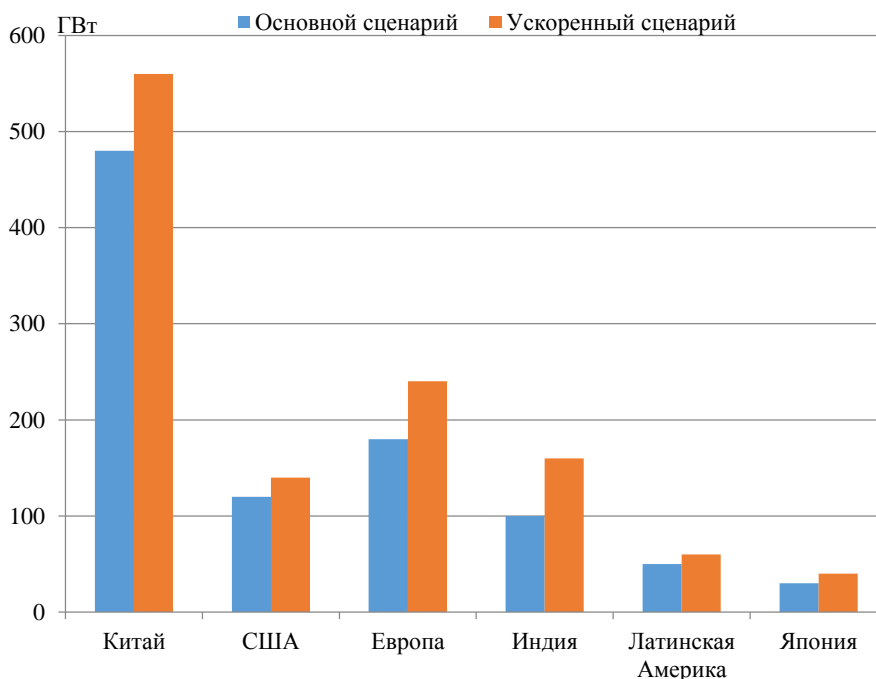


Рис. 4. Лидеры по вводу новых «зеленых» мощностей в 2019 году.
Fig. 4. Leaders on the introduction of new "green" capacities in 2019.

В Европейском Союзе ввод в эксплуатацию солнечных электростанций неуклонно возрастает. В 28 странах ЕС было введено в эксплуатацию 8 ГВт солнечных электростанций – это на 36% больше, чем в 2018 году. Более широкий еврорынок, включающий Турцию, Россию, Украину, Норвегию, Швейцарию, Сербию, Белоруссию, также показал рост на 11 ГВт, что на 20% больше, чем годом ранее.

Крупнейшим рынком солнечной энергетики на европейском континенте является Германия с новыми СЭС общей мощностью 3 ГВт. Турция за счет высоких темпов развития рынка за последние два года заняла второе место (1,64 ГВт). На третьем месте с 1,4 ГВт введенных в строй СЭС разместились Нидерланды.

На мировом уровне государства прорабатывают дальнейшие пути создания благоприятных условий

для популяризации использования возобновляемых источников потребления и увеличения эффективности потребления электроэнергии [3].

Однако, как выяснили ученые, ветряные, солнечные и гидроэнергетические установки могут представлять угрозу для важных районов биоразнообразия, в том числе природных заповедников, в которых могут располагаться энергетические объекты, инфраструктура вокруг них и соответственно активность человека (поселения, интенсивное землепользование) [11]. Переход от ископаемого топлива – нефти, угля, горючего сланца, природного газа, торфа, а также прочих горючих минералов и веществ, добываемых под землей или открытым способом – к возобновляемой энергии служит главным фактором для замедления хода нынешнего антропогенного изменения климата.

Однако, количество объектов «зеленой» энергии за последние 20 лет утроилось и подобные сооружения, в связи с малой, в сравнении с невозобновляемыми источниками энергии (нефть,

газ, уголь, атомная энергетика), средней плотностью мощности, требуют в десять раз большие территории, чтобы производить такое же количество энергии как электростанции, работающие на традиционном топливе [16].

К недостаткам солнечной энергетики относится так же высокая стоимость аккумулирования энергии, нестабильность её поступления, применение дорогостоящих и редких компонентов при изготовлении солнечных панелей. Несмотря на то, что по сравнению с производством и переработкой других видов энергоресурсов солнечная энергия более благоприятна к природной среде, некоторые технологические процессы производства солнечных панелей сопровождаются выбросом парниковых газов, трифторида азота и гексафторида серы.

Согласно анализу исследовательской компании Frost & Sullivan, были определены основные драйверы и ограничители развития мировой альтернативной энергетики.

Таблица 1. Драйверы и ограничители развития альтернативной энергетики
Table 1. Drivers and constraints on the development of alternative energy

<i>Драйверы</i>	<i>Ограничители</i>
Стратегический фокус на возобновляемую энергетику в ведущих экономических регионах (Северная Америка, Европа, Китай, Индия)	Недостаток инфраструктуры и энергосистем
Снижение цен на возобновляемые источники энергии	Снижение государственных стимулов
Рост экономики и повышение глобального спроса на электроэнергию	Конкуренция со стороны традиционных источников энергии, в связи с падением цен на них
Технологическое развитие, повышение эффективности технологий	Технологические ограничения, связанные с более низким коэффициентом утилизации мощности
Снижение цен на ключевое оборудование	
Устаревшая инфраструктура (например, угольные станции)	

По данным на 2018 год объем производства электроэнергии возобновляемыми источниками энергии в Российской Федерации составляет 980 МВт, что более чем на 130% больше, чем в 2017 году [5]. Прослеживается положительная динамика, но данные значения крайне малы в сравнении с топ-6 странами. Так, в сравнении с Великобританией, которая находится на 6 месте по производству электроэнергии от возобновляемых источников, объем производства Россией в 38 раз меньше (рис. 5).

Для России происходящая энергетическая трансформация является вызовом для диверсификации собственной энергетической

отрасли, в том числе за счет развития сектора возобновляемой энергетики. Несмотря на достаточную обеспеченность углеводородными источниками энергии, по пути трансформации развивают свою энергетику такие страны как Норвегия, Саудовская Аравия и другие энергообеспеченные страны.

Более 11 миллионов людей на территории страны находятся в зоне с децентрализованным электроснабжением, т.е. производство электроэнергии осуществляется за счет поставок топлива на данные территории, что является крайне затратным и может приводить к перебоям поступления электроэнергии [8].

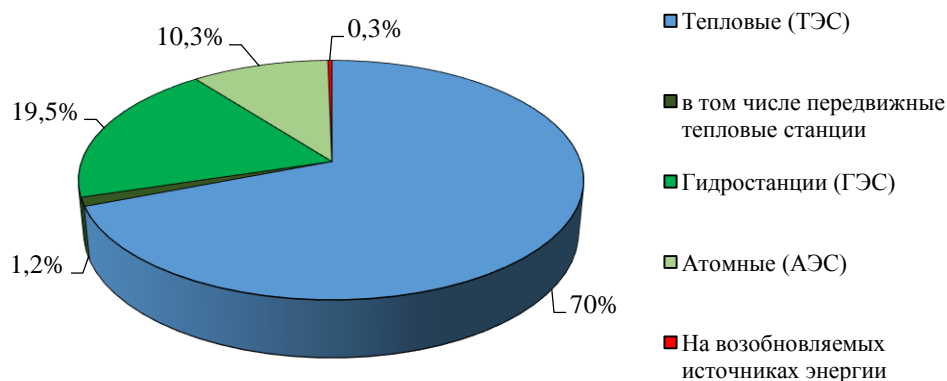


Рис. 5. Структура установленной мощности электростанций по типам принадлежности в России.
Fig. 5. The structure of the installed capacity of power plants by type of affiliation in the Russian Federation.

В наши дни большое количество потребителей электроэнергии, живут вдали от электростанций, что требует прокладки протяженных, а также трудновозводимых из-за рельефа или климатических условий линий электропередач, увеличение длины линий электропередач ведет к существенному увеличению потерь. Развитие возобновляемых источников энергии дает возможность, не используя существующую инфраструктуру, обеспечить жилые дома электричеством.

Цена на солнечную электроэнергию упала примерно в 30 раз в период с 1990 по 2019 год. Модули для производства солнечной электроэнергии, как правило, имеют гарантию на 25 лет и в течение этого времени, подвергаются лишь незначительной деградации, поэтому все, что необходимо для прогнозирования генерации энергии – это локальная инсоляция.

Республика Крым, относится к районам, где плотность солнечного излучения достаточна для применения солнечных теплоснабжающих

установок коллекторного типа, фотоэлектрических преобразователей и тепловых двигателей с гелиоконцентраторами. Это подтверждается данными метеонаблюдений за последние 20 лет. Продолжительность эффективного солнечного сияния в регионе – 2250-2480 ч в год, инсоляция на территории Крыма составляет в среднем 4,14 кВтч/м² в сутки, что является одним из самых высоких показателей в Российской Федерации. Такие показатели делают возможным развитие в Крыму солнечной энергетики [17; 18].

В Крыму наибольшее количество энергии солнечной радиации поступает на прибрежные территории в равнинной части, что связано с малой облачностью над этими районами, а наименьшее – на горные области, где количество облаков и атмосферных осадков возрастает (рис. 6). Крым является уникальным регионом, в котором 5% потребностей в электроэнергии покрывается за счёт солнечной энергии и ветра. Тогда как в целом по России на долю альтернативной энергетики сегодня приходится менее 1% генерации [18].

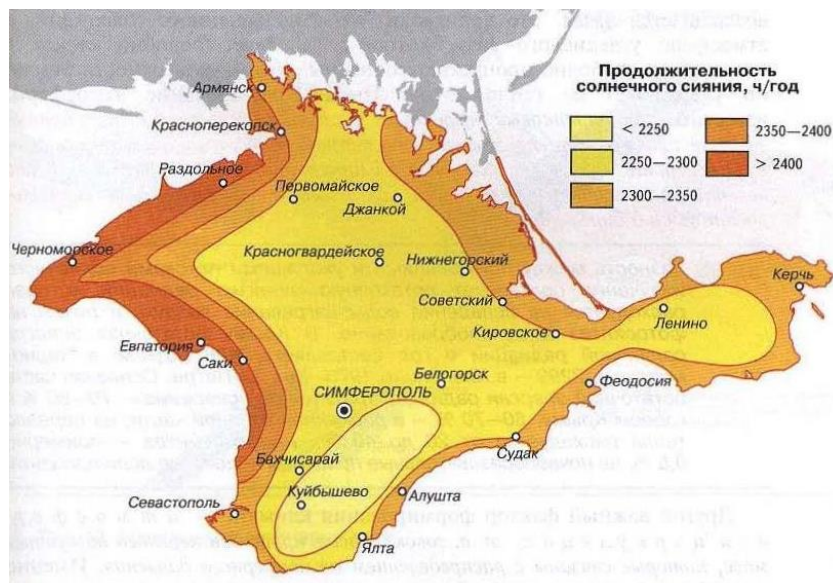


Рис. 6. Годовая продолжительность солнечного сияния в Крыму [12].
Fig. 6. Annual duration of sunshine in Crimea [12].



Рис. 7. Солнечная электростанция «Перово» в Крыму на 106 МВт (S=200га).

Fig. 7. Solar power station "Perovo" in Crimea for 106 MW (S = 200 hectares)

В условиях нестабильности энергетической системы Крыма и благодаря природным факторам в регионе широко используется возможность получения энергии с помощью ВИЭ (солнечная энергетика, ветроэнергетика), а также внедрения гибридных электростанций, которые способны дополнительно подсоединяться к обычной электросети и использовать ее ресурсы, если энергии Солнца недостаточно [12, 13]. Эта система может работать и наоборот – подключать солнечные батареи при отключении центральной энергии. Такие многофункциональные устройства используются, когда к сети подключено много потребителей, и панелей не хватает при пиковой нагрузке. Устанавливаются они в общественных местах, ресторанах, отелях, пансионатах Крыма. Для малоэтажного строительства в Крыму как альтернативный вид энергообеспечения может быть рассмотрен вариант применения солнечных батарей. У такого способа энергоснабжения много достоинств: полная безопасность эксплуатации батарей; экономичность; экологическая чистота; тишина по сравнению с генераторами внутреннего сгорания и ВЭС; высокая эффективность (рис. 8).



Рис. 8. Солнечные батареи для малоэтажного дома.

Fig. 8. Solar panels for a low-rise building.

Малая площадь установки, следовательно, отсутствие необходимости в поиске больших свободных площадей для установки системы

является еще одним значительным достоинством. Солнечные панели можно разместить на любой свободной незадействованной площади, как, например, крыши или стены. Сравнительно высокая стоимость солнечных панелей делает возможным их применение лишь в том случае, когда расход электроэнергии максимально оптимизирован, что означает необходимость наличия наиболее современной энергосберегающей техники, светодиодного освещения, датчиков движения и прочих приборов, однако с другой стороны использование современных технологий делает жизнь комфортнее [15].

ВЫВОДЫ

Для снабжения дома электроэнергией предлагается использовать установки с фотоэлектрическими преобразователями (ФЭП) второго поколения. Суть технологии изготовления тонкопленочных ФЭП заключается в нанесении слоев вакуумным методом. Данная технология является менее энергозатратной, в сравнении с технологией изготовления ФЭП первого поколения. Различают следующие виды ФЭП второго поколения: на основе аморфного кремния; на основе микрокремния и нанокремния; технология использования кремния и стекла; на основе теллурида кадмия. Преимуществом является возможность выпуска гнущихся и дешевых преобразователей большой площади. Недостатком является более низкий КПД, в сравнении с ФЭП первого поколения [7].

Для технико-экономического обоснования применения автономного электроснабжения необходимо произвести расчеты, на основании которых будут выбраны:

- оптимальное количество солнечных панелей для электроснабжения здания;
- контроллер заряда, правильный выбор которого исключает его перезаряд, ведущий к более раннему выходу из строя;
- инвертор, преобразующий постоянный ток от солнечных панелей в переменный, который

необходим для электроснабжения здания;

- аккумулятор, обеспечивающий запасание избыточной энергии, вырабатываемой в дневное время, которая отдается в ночные часы, когда солнечная активность отсутствует;

- дизельный генератор, который работает в часы, когда электроэнергия, полученная от солнца недостаточно для бесперебойного электроснабжения.

В расчет необходимо также включить затраты на вспомогательное оборудование и профессиональную установку элементов системы автономного электроснабжения. Требуется также предусмотреть места расстановки оборудования в подвале и расположения солнечных панелей на кровле здания.

При рациональном подборе оборудования для автономного электроснабжения в соответствии с районом расположения здания, его площадью, расчетом потребности в электропотреблении вся система будет круглогодично без перебоев обеспечивать здание электроэнергией.

В случае самостоятельного потребления солнечной энергии время окупаемости рассчитывается исходя из того, сколько электроэнергии произведено взамен покупки сетевой энергии. Запас электроэнергии можно увеличить с помощью батарей или контролируемого потребления. Батареи, однако, стоят дорого, и для достижения рентабельности от них могут потребоваться другие преимущества. Например, резервуары для горячей воды с электрическим подогревом с тепловыми насосами или резистивными нагревателями могут обеспечить выгодные условия хранения солнечной энергии для собственного потребления.

К концу 2019 года глобальная установленная мощность солнечной энергетики в мире превысила 630 ГВт. К 2020 году чистый прирост мощностей солнечной энергетики в мире составил 48% от общего прироста мощностей всех видов энергетики. Переход к возобновляемой энергетике во многом зависит от совершенствования законодательной базы и предоставления льгот для производителей энергии данного типа [16].

В России также идет постоянное увеличение объема выработки энергии от возобновляемых источников, но все еще находится на крайне низком уровне в сравнении с ведущими в этом направлении странами. Принята стратегия развития до 2030 года, которая должна способствовать увеличению доли возобновляемой энергетики в энергетическом балансе страны.

Основные преимущества солнечной энергетики состоят в возможности обеспечения децентрализованного электроснабжения и негативного воздействия на окружающую среду. Крым, с высокими показателями солнечного излучения, является перспективным регионом для дальнейшего развития солнечной энергетики, однако необходимо более совершенное законодательство, позволяющее дать возможность

производителям солнечной энергии работать с прибылью. Отсутствие «зеленых тарифов» ведет к увеличению срока окупаемости СЭС в Крыму и нецелесообразности инвестиций в эту отрасль [13].

На основе изучения отечественного и зарубежного опыта использования возобновляемых источников энергии и формирования алгоритма (модели) технико-экономического обоснования применения автономного электроснабжения рассмотрена возможность эксплуатации солнечных батарей при строительстве малоэтажных зданий в условиях Крыма. Технология имеет ряд преимуществ. Основным достоинством является неисчерпаемость источника энергии, простота монтажа и использования, минимальные площади для установки, отсутствие движущихся элементов, а, следовательно, шума и вибрации. Требуется только периодическая очистка поверхности от пыли и грязи. Скорость износа крайне низкая, поэтому солнечная электростанция способна работать десятилетиями без ремонта, однако ее установка требует серьезных денежных вложений, оптимизации расхода электричества и использования современной энергосберегающей техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возобновляемая энергетика: [монография] / А.Б. Алхасов; под ред. В. Е. Фортова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Физматлит, 2012. 255 с.
2. Стребков Д.С. Инновационные энергетические технологии. // Точка опоры. Электрон. журн. 2010. №11. С. 26-29. Режим доступа: <https://rucont.ru/efd/420020> (дата обращения 14.10.20)
3. Основы солнечной энергетики = Fundamentals of solar power engineering / Д.С. Стребков; под ред. П. П. Безруких; Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) [и др.]. М.: ФНАЦ ВИМ, 2019. 323 с.
4. Григораш О.В., Богатырев Н.И., Курзин Н.Н. Системы автономного электроснабжения. Краснодар: Б/И, 2001. 335 с.
5. Хазова В.Н. Особенности развития энергии возобновляемых источников на российском энергетическом рынке // Теоретическая и прикладная экономика. 2019. № 2. С. 24-36.
6. Фортов В.Е., Попель О.С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный: Интеллект, 2011. 167 с.
7. Дубинин Д.В., Лаевский В.Е. Энергетическая эффективность работы солнечных батарей в реальных режимах эксплуатации // Известия ТПУ, 2015. – Т.326. №3. С. 58-62.
8. Лукутин Б.В., Суржикова О.В., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. М.: Энергоатомиздат, 2008. 231 с.
9. Цопа Н.В. Особенности управления энергосбережением в инвестиционно-строительном

комплексе // Строительство и техногенная безопасность. 2016. № 2 (54). С. 54-59.

10. Цопа Н.В., Стрэнато А.Д. Технологии энергосбережения в строительном комплексе // VIII Международная научно-практическая конференция «Инвестиции, строительство, недвижимость как материальный базис модернизации и инновационного развития экономики»: материалы. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2018. С. 265-267.

11. Jose A. Rehbein, James E. M. Watson, Joe L. Lane Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas // Global Change biology. 2020. Issue 5. p. 26.

12. Значение солнечной инсоляции в г. Симферополь (Республика Крым). Режим доступа: <https://www.betaenergy.ru/insolation/simferopol/> (дата обращения 14.10.2020)

13. Ромашов А. Концепция развития инженерных инфраструктур на территории Республики Крым. Режим доступа: <https://itpgrad.ru/node/2196> (дата обращения 14.10.2020)

14. Zaytsev O.N., Tsopa, N.V., Stepancova, N.A. Processes of Precession and Nutation in Swirling Interacting Gas Jets // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 463(3), 032053.

15. Ярославцев Е.А. Особенности использования солнечных батарей // Студенческий электрон. научн. журн. 2019. № 16(60). Режим доступа: <https://sibac.info/journal/student/60/138623> ((дата обращения 14.10.2020).

16. Развитие солнечных технологий в мире // Дирекция по экономике отраслей ТЭК. Информационная справка. Режим доступа: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/896.pdf> (дата обращения 14.10.2020)

17. Солнечная радиация в Крыму. Режим доступа: http://www.crimea.ru/item_info_big.htm?id=1168. (дата обращения 14.10.2020)

18. Что влияет на климат Крыма. Режим доступа: <http://adminland.ru/crimea/books/climat/part01.htm>. (дата обращения 14.10.2020)

REFERENCES

1. Renewable energy: [monograph] / A.B. Alkhasov; ed. V. E. Fortova. - Ed. 2nd, rev. and add. M.: Fizmatlit, 2012. 255 p.

2. Strebkov D.S. Innovative energy technologies // Pivot point. Electronic resource. 2010. № 11. P. 26-29. Access mode: <https://rucont.ru/efd/420020>. (date of the application 14.10.20)

3. Fundamentals of solar power engineering / D.S. Strebkov; edited by P. P. Bezrukikh; United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) [and others]. M.: FNATS VIM, 2019. 323 p.

4. Grigorash O.V., Bogatyrev N.I., Kurzin N.N. Autonomous power supply systems. Krasnodar: B / I, 2001. 335 p.

5. Khazova V.N. Features of the development of renewable energy sources in the Russian energy market. // Theoretical and Applied Economics. 2019. №2. P. 24-36.

6. Fortov V.E., Popel O.S. Energy in the modern world. Dolgoprudny: Intellect, 2011. 167 p.

7. Dubinin D.V., Laevsky V.E. Energy efficiency of solar batteries in real operating modes. // Izvestia TPU, 2015. T.326. № 3. P. 58-62.

8. Lukutin B.V., Surzhikova O.V., Shandarova E.B. Renewable energy in decentralized power supply. M.: Energoatomizdat, 2008. 231 p.

9. Tsopa N.V. Features of energy saving management in the investment and construction complex // Construction and industrial safety. 2016. №2 (54). P. 54-59.

10. Tsopa N.V., Strenado A.D. Energy saving technologies in the building complex // Investments, construction, real estate as a material basis for modernization and innovative development of the economy. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference. Tomsk: TSUACE, 2018. P. 265-267.

11. Jose A. Rehbein, James E. M. Watson, Joe L. Lane Renewable energy development threatening many globally important biodiversity areas // Global Change biology. 2020. Issue 5. p. 26.

12. The value of solar insolation in Simferopol (Republic of Crimea) // [Electronic resource] URL: <https://www.betaenergy.ru/insolation/Simferopol/>

13. Romashov A. The concept of development of engineering infrastructures in the territory of the Republic of Crimea / A. Romashov // [Electronic resource] URL: <https://itpgrad.ru/node/2196>

14. Zaytsev, O.N. Processes of Precession and Nutation in Swirling Interacting Gas Jets / Zaytsev, O.N., Tsopa, N.V., Stepancova, N.A. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2018, 463(3), 032053.

15. Yaroslavtsev E.A. Features of using solar batteries // Student: electron. scientific. zhurn. 2019. №16 (60). URL: <https://sibac.info/journal/student/60/138623> (date of the application 14.10.20)

16. Development of solar technologies in the world // Directorate for the economy of the fuel and energy sector. Information note. URL: <https://ac.gov.ru/archive/files/publication/a/896.pdf> (date of the application 14.10.20)

17. Solar radiation in Crimea // URL: http://www.crimea.ru/item_info_big.htm?id=1168. (date of the application 14.10.20)

18. What affects the climate of Crimea // URL: <http://adminland.ru/crimea/books/climat/part01.htm>. (date of the application 14.10.20)

PROSPECTS FOR RENEWABLE ENERGY FOR LOW-RISE BUILDINGS IN CRIMEA

Tsopa N.V.¹, Dikarev A.E.²

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of Construction and Architecture (Academic Unit),
Simferopol, st. Kievskaya, 181, 295493

e-mail: ¹natasha-ts@yandex.ru, ²dikarevaleksandr@gmail.com

Abstract. In the article provides a comparative analysis of the development of solar energy in the world, in the European Union, in Russia and in Crimea; the advantages and disadvantages of the use of solar energy, the features of the use of renewable energy sources are considered, the use of solar energy in the Crimea is justified; describes the mechanism of a feasibility study for the use of autonomous power supply for low-rise buildings in Crimea.

Subject of research: the use of solar energy for autonomous power supply of a low-rise building in Crimea.

Materials and methods: the article was written on the basis of studying the materials of scientific articles, publications, electronic resources; the methods used are theoretical and structural-functional.

Results: with a rational selection of equipment for autonomous power supply in accordance with the area where the building is located, its area, and calculating the need for power consumption, the entire system will provide the building with electricity throughout the year without interruption.

Conclusions: based on the study of domestic and foreign experience in the use of renewable energy sources and the formation of an algorithm (model) of a feasibility study for the use of autonomous power supply, the possibility of using solar panels in the construction of low-rise buildings in the Crimea was considered.

Key words: renewable energy sources, solar energy, solar panels, feasibility study, low-rise buildings.

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 504.06

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ УРАЛ В РАЙОНЕ НЕОРГАНИЗОВАННОГО ПЛЯЖА СЕЛА ИЛЕК ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ

Бронский В.А., Солопова В.А., Байтелова А.И.

Оренбургский государственный университет (ОГУ)
460018, Оренбургская область, город Оренбург, проспект Победы, 13.
E-mail: kastiel-97@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты проведения экологического мониторинга проб воды и льда реки Урал в районе неорганизованного пляжа села Илек в холодный и теплый периоды года, и проведен анализ полученных результатов. Выделены приоритетные загрязняющие вещества, проведено ранжирование по pH и минерализации водного объекта. Проведены интегральная оценка экологического состояния водного объекта и исследование индекса пригодности воды в этом объекте. Предложены различные мероприятия, направленные на сохранение и обеспечение необходимого качества поверхностных вод реки Урал в исследуемом районе.

Ключевые слова: экологический мониторинг, концентрация загрязняющих веществ, коэффициент концентрации, показатель химического загрязнения, индекс пригодности воды, природоохранные мероприятия.

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн реки Урал имеет площадь 237.000 км² и по этому показателю находится на шестом месте среди рек России. Это третья по длине река в Европе – 2428 км, и крупнейший водный путь Оренбургской области – 1164 км от общей протяженности [1].

В Илекском районе Оренбургской области протекают две крупные реки – Урал и ее левый приток Илек, а в административном центре района (село Илек) находится их слияние (устье). Протяженность исследуемой реки Урал по Илекскому району составляет 475 км. Питание реки смешанное, весеннее половодье начинается с апреля. Вода на Урале в районе села Илек поднимается до 7 - 8 метров. Река подвержена кратковременным наводнениям из-за летних и осенних дождей. Зимой река покрывается устойчивым ледяным покровом на период до 140 дней, вскрытие льда происходит к 6 - 15 апреля [2].

Вода реки Урал – основной источник водоснабжения региона, характеризующийся повышенной концентрацией загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами от промышленности и сельского хозяйства. Содержание вредных ингредиентов в воде часто в десятки, а иногда и в сотни раз выше предельно-допустимых концентраций (ПДК). В частности, вблизи села наблюдается постоянное загрязнение органическими веществами и тяжелыми металлами [4].

Воздействие на окружающую природную среду наблюдается через сток реки Илек из соседней Республики Казахстан, вредные загрязняющие вещества поступают через устье рек.

Поверхностные воды постоянно обременены органическими веществами, массами, нефтепродуктами и металлами. В последнее время власти на всех уровнях все больше обеспокоены экологическими проблемами трансграничного потока. Чтобы не загубить реку, требуется объединиться, укрепить культуру населения и привлечь молодых людей к охране природы [2].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью проведения экологического мониторинга состояния реки Урал были взяты три пробы воды в районе неорганизованного пляжа села Илек Оренбургской области. Отбор проб проводился с расстояния 0,5; 10 и 15 метров от береговой линии в теплый период года (5 августа) и две пробы на расстоянии 10 метров от берега в холодный период (5 февраля): вода и лед. В теплый период каждая из трех проб отбирались на глубине 0,5 метров от поверхности водного объекта. В зимнее время лед отбирался в разрезе, толщина льда находилась в пределах 0,4 - 0,5 метров, а вода отбиралась с глубины 0,5 метров от поверхности. Место отбора находилось ниже по течению в 1 км от устья рек. В течение месяца после отбора образцов проводились лабораторный анализ и необходимые расчеты. Так как Илекский район – аграрный, то прямыми источниками загрязнения являются бытовые сточные воды и смывы с сельскохозяйственных полей в период весенних и осенних паводков.

Места отбора проб воды в районе неорганизованного пляжа села Илек указаны на рисунке 1.

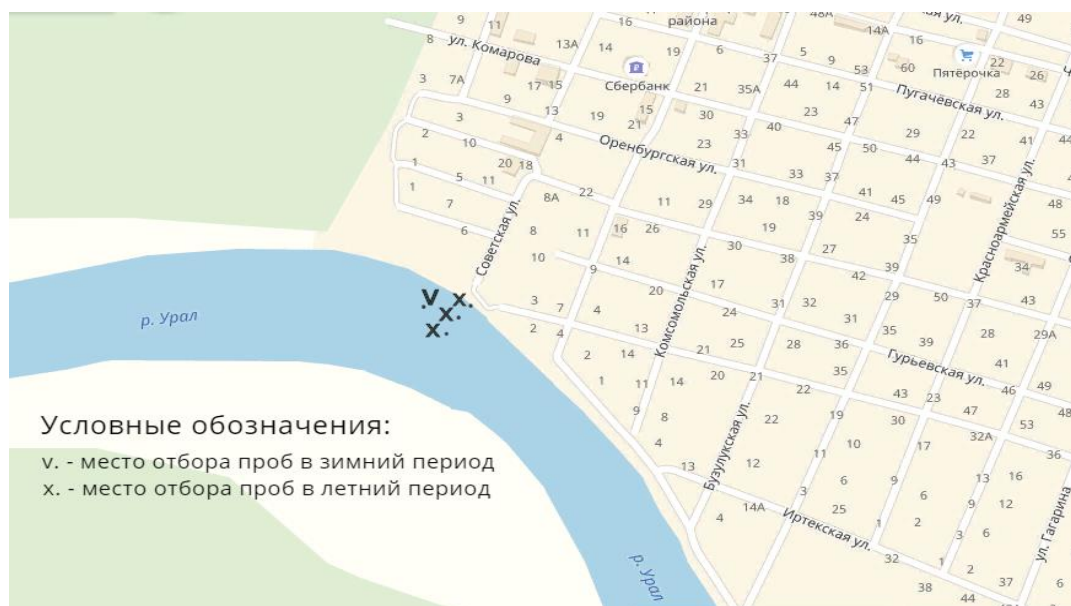


Рис. 1. Место отбора проб воды в районе неорганизованного пляжа села Илек.
Fig. 1. Place of water sampling in the area of the unorganized beach of the village of Ilek.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для оценки загрязнения участка реки Урал в августе были отобраны пробы воды с трех точек,

после чего они исследовались по 12 показателям. Результаты содержания загрязняющих веществ, значения рН и общей минерализации представлены в таблицах 1 - 3.

Таблица 1. Концентрация загрязняющих веществ в пробах воды реки Урал в теплый период года
Table 1. Concentration of pollutants in water samples from the Ural River in the warm season

№	Показатель	Точка отбора	Средняя концентрация, (мг/л)	E _{абс}	E _{отн} , %
1	Взвешенные вещества	1	86,67	23,987	27,676
		2	45,55	3,355	7,366
		3	31,44	2,079	6,613
2	Карбонат и гидрокарбонат-ионы	1	174,87	72,1	41,23
		2	294,83	43,8	14,86
		3	169,78	53,82	31,7
3	Хлорид-ионы	1	184,25	3,13	1,7
		2	95,26	6,27	6,58
		3	119,52	10,05	8,91
4	Кальций	1	55,5	1,14	2,05
		2	57,7	1,14	1,98
		3	46,9	1,29	2,75
5	Магний	1	27,88	4,95	17,75
		2	30,16	6,02	19,96
		3	33	3,6	10,91
6	Сульфиды и гидросульфиды	1	1,785	0	0
		2	0,85	0	0
		3	1,785	0	0
7	Ионы аммония	1	0,0789	0,00099	1,26
		2	0,083	0,002	2,99
		3	0,078	0,004	5,04
8	Сульфат-ионы	1	16,78	3,23	19,25
		2	21,99	5,3	24,1
		3	20,66	5,12	24,78
9	Железо	1	0,595	0,189	31,76
		2	0,48	0,377	78,54
		3	0,66	0,126	19,09
10	Медь	1	0,073	0,008	10,96
		2	0,055	0,02	36,36
		3	0,005	0	0

Таблица 2. Значение pH в пробах воды реки Урал в теплый период года
Table 2. pH value in water samples from the Ural River in the warm season

№	Показатель	Точка отбора	Среднее значение	Е _{абс}	Е _{отн} , %
1	Водородный показатель pH	1	7,496	0,024	0,32
		2	6,693	0,04	0,6
		3	6,35	0,025	0,39

Таблица 3. Значение общей минерализации в пробах воды реки Урал в теплый период года
Table 3. The value of total mineralization in water samples from the Ural River in the warm season

№	Показатель	Точка отбора	Средняя концентрация, мг/л	Е _{абс}	Е _{отн} , %
1	Общая минерализация	1	1020,33	1,435	0,14
		2	994,33	13,7	1,38
		3	994	2,49	0,25

Средние концентрации загрязняющих веществ анализируемого поверхностного водного объекта (р. Урал в районе неорганизованного пляжа села

Илек Оренбургской области) в летний период представлены в таблице 4.

Таблица 4. Содержание загрязняющих веществ в исследуемом объекте в теплый период года
Table 4. Content of pollutants in the investigated object during the warm season

Точка отбора	Значение концентрации загрязняющих веществ, мг/л									
	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	HS ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cu ²⁺	Взвешенные вещества
1	16,78	0,0789	184,25	72,1	1,785	55,5	27,88	0,595	0,073	86,67
2	21,99	0,083	95,26	43,8	0,85	57,7	30,16	0,48	0,055	45,55
3	20,66	0,078	119,52	53,82	1,785	46,9	33	0,66	0,005	31,44

По данным, представленным в таблице 4, были выделены приоритетные загрязняющие вещества в точках отбора проб. В первой пробе: хлорид-ионы, взвешенные вещества и гидрокарбонаты. Во второй пробе: хлорид-ионы, ионы кальция и взвешенные вещества. В третьей пробе: хлорид-ионы, гидрокарбонаты и ионы кальция.

Приоритетным загрязняющим веществом во всех точках отбора проб являются хлорид-ионы, концентрация которых составляет 184,25 мг/л, 95,26 мг/л, 119,52 мг/л соответственно. Так же большой вклад в загрязнение водного объекта вносят взвешенные вещества, гидрокарбонаты и ионы кальция, изменяя ступень в приоритетности загрязнения в каждой из трех проб.

В первой пробе на втором месте стоят взвешенные вещества с концентрацией 86,67 мг/л, а на третьем – гидрокарбонаты – 72,1 мг/л. Во второй пробе на второе место по приоритетности загрязнения выходят ионы кальция с концентрацией 57,7 мг/л, на третье – взвешенные вещества – 45,55 мг/л. В третьей пробе в приоритете стоят гидрокарбонаты и ионы кальция – 119,52 и 46,9 мг/л соответственно.

При ранжировании реки Урал по значению pH в теплый период года было выявлено, что в первой пробе на расстоянии 0,5 метра от береговой линии складывается относительно удовлетворительная экологическая ситуация, во второй пробе на расстоянии 10 метров от берега – критическая экологическая ситуация, а в третьей пробе на расстоянии 15 метров – чрезвычайная экологическая ситуация. Показатель pH составил 7,496; 6,693 и 6,35 соответственно.

При ранжировании поверхностного водного объекта по значению минерализации превышение ПДК выявлено в первой пробе на расстоянии 0,5 метра; на 10 и 15 метрах превышения не наблюдается.

В феврале были отобраны пробы воды и льда с целью оценки загрязнения поверхностного водного объекта (река Урал). Обе пробы исследовались по 12 показателям. Результаты содержания загрязняющих веществ представлены в таблицах 5 - 7.

Средние концентрации загрязняющих веществ анализируемого поверхностного объекта (р. Урал) в холодный период года представлены в таблице 8.

Таблица 5. Концентрация веществ в пробах воды и льда реки Урал в холодный период года
Table 5. Concentration of substances in water and ice samples from the Ural River during the cold season

№	Показатель	Проба	Средняя концентрация, (мг/л) или среднее значение	Е _{абс}	Е _{отн} , %
1	Взвешенные вещества	Вода	5,67	5,8	102,29
		Лед	11,89	3,93	33,05
2	Карбонат и гидрокарбонат-ионы	Вода	299,92	21,89	7,3
		Лед	83,37	21,89	26,26
3	Хлорид-ионы	Вода	83,9	2,54	3,03
		Лед	93,01	0	0
4	Кальций	Вода	100,33	7,11	7,09
		Лед	34,6	4,9	14,16
5	Магний	Вода	7,96	2,41	30,28
		Лед	11,84	3,61	30,49
6	Сульфиды и гидросульфиды	Вода	3,57	0	0
		Лед	2,21	1,07	48,42
7	Ионы аммония	Вода	0,03	0,03	100
		Лед	0,037	0,007	18,92
8	Сульфат ионы	Вода	4,805	4,51	93,86
		Лед	2,65	1,26	47,55
9	Железо	Вода	0,345	0,063	18,26
		Лед	0,34	0,126	37,06
10	Медь	Вода	0,0265	0,006	22,64
		Лед	0,017	0,009	52,94
11	Водородный показатель рН	Вода	7,21	0,05	0,69
		Лед	7,07	0,65	9,19
12	Общая минерализация	Вода	506,3	13,7	2,71
		Лед	200	0	0

Таблица 6. Значение рН в пробах воды реки Урал в холодный период года
Table 6. pH value in water samples from the Ural River during the cold season

№	Показатель	Проба	Среднее значение	Е _{абс}	Е _{отн} , %
1	Водородный показатель рН	Вода	7,21	0,05	0,69
		Лед	7,07	0,65	9,19

Таблица 7. Значение общей минерализации в пробах воды реки Урал в холодный период года
Table 7. The value of total salinity in water samples from the Ural River during the cold season

№	Показатель	Проба	Средняя концентрация, мг/л	Е _{абс}	Е _{отн} , %
1	Общая минерализация	Вода	506,3	13,7	2,71
		Лед	200	0	0

Таблица 8. Содержание загрязняющих веществ в реке Урал в холодный период года
Table 8. Content of pollutants in the Ural River during the cold season

Проба	Значение концентрации загрязняющих веществ, мг/л									
	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	HS ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe	Cu ²⁺	Взвеш. вещества
Вода	4,805	0,03	83,9	299,92	3,57	100,33	7,96	0,345	0,0265	5,67
Лед	2,65	0,037	93,01	83,37	2,21	34,6	11,84	0,34	0,017	11,89

Из данных таблицы следует, что по значению концентраций приоритетными загрязняющими веществами в пробе воды и льда являются гидрокарбонаты, хлориды и ионы кальция.

Приоритетным веществом в воде в холодный период являются гидрокарбонаты, концентрация которых составляет в пробе воды 299,92 мг/л, а в пробе льда первыми по приоритетности выступают хлорид-ионы – 93,01 мг/л. На втором месте по

вкладу в загрязнение в воде занимают ионы кальция (100,33 мг/л), а в талой воде гидрокарбонаты (83,37 мг/л). Третье место в воде и талой воде занимают хлорид-ионы – 83,9 мг/л и ионы кальция – 34,6 мг/л.

На рисунке 2 представлена графическая зависимость усредненного содержания приоритетных загрязняющих веществ в пробах за теплый и холодный периоды года.

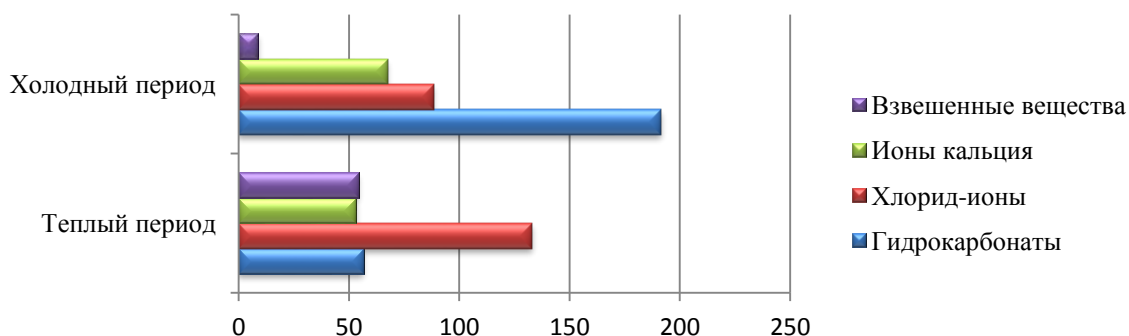


Рис. 2. Концентрация приоритетных веществ в пробах в теплый и холодный периоды года
Fig. 2. Concentration of priority substances in samples in warm and cold season

По данным рисунка 2 выяснилось, что приоритет загрязнения водоема веществами в теплый и холодный периоды изменяется. Стоит отметить, что концентрации гидрокарбонатов и ионов кальция в зимний период превышают концентрации летнего периода, а хлорид - ионы и взвешенные вещества по концентрациям, наоборот, выше в теплое время года. Концентрация гидрокарбонатов в зимний период в 3,39 раза больше, чем в зимний (191,65 мг/л и 56,57 мг/л соответственно), а концентрация ионов кальция больше в 1,26 раза (67,47 мг/л и 53,37 мг/л). Хлорид – ионов в летний период в 1,5 раза больше (133,01 мг/л и 88,46 мг/л), а взвешенных веществ в 6,21 раза (54,55 мг/л и 8,78 мг/л соответственно).

Интегральная оценка экологического состояния водного объекта. При исследовании антропогенного воздействия загрязняющих веществ на поверхностные воды необходимым является комплексная оценка степени загрязнения воды. О химическом загрязнении судят по концентрации тяжелых металлов, соединений серы и азота, хлоридов, карбонатов и гидрокарбонатов, взвешенных частиц и т.д. Поэтому степень загрязнения водного объекта оценивается по коэффициенту концентрации (K_i) и по суммарному показателю химического загрязнения (ПХЗ).

После проведения расчета K_i и ПХЗ для более корректной оценки качества природных территорий введена система критериев, представленная в таблице 9.

Таблица 9. Критерии качества исследуемого водного объекта
Table 9. Criteria for the quality of the investigated water body

Показатели качества	Параметры состояния			
	ЭБ (экологическое бедствие)	ЧЭС (чрезвыч. экол. ситуация)	КЭС (критич. экол. ситуация)	ОУС (относительно-удовл. экол. ситуация)
pH	<5,6	5,7-6,5	6,6-7,0	>7,0
ПХЗ (1-2)	>80	35-80	1-35	1<
ПХЗ (3-4)	>500	500	10-500	10<
Минерализация	3-5	2-3	1-2	1<

Оценка экологического состояния водного объекта в теплый период года. Результаты расчета коэффициента концентрации

(K_i) и показателя химического загрязнения (ПХЗ) исследуемой территории в теплый период представлены в таблице 10.

Таблица 10. Коэффициент концентрации загрязняющих веществ в исследуемом водном объекте в теплый период года

Table 10. Coefficient of concentration of pollutants in the investigated water body in the warm season

Точка отбора	Коэффициент концентрации загрязняющих веществ										ПХЗ
	К SO_4^{2-}	К NH_4^+	К Cl^-	К HCO_3^-	К HS^-	К Ca^{2+}	К Mg^{2+}	К Fe	К Cu^{2+}	К Взв. вещ-ва	
1	0,168	0,158	0,614	0,18	1,785	0,307	0,697	5,95	73	346,68	429,512
2	0,22	0,166	0,318	0,11	0,85	0,321	0,754	4,8	55	182,2	244,739
3	0,207	0,156	0,398	0,13	1,785	0,261	0,825	6,6	5	125,76	141,122

Ранжирование поверхностного водного объекта по показателю химического загрязнения для веществ 3 - 4 класса опасности показало, что исследуемый участок реки Урал на всех трех расстояниях от берега можно отнести к зоне с критической экологической ситуацией.

Из данных таблицы видно, что приоритетными веществами по коэффициенту концентрации являются взвешенные вещества, медь и железо.

Во всех точках отбора проб приоритетным загрязняющим веществом являются взвешенные

вещества, коэффициент концентрации которых равен для первого - 346,68, для второго - 182,2 и 125,76 для третьего. Следующим загрязняющим веществом выступает медь – 73, 55, 5 соответственно. На третьем месте железо с концентрациями 5,95; 4,8 и 6,6. Коэффициент концентрации взвешенных веществ существенно выше меди и железа.

В таблице 11 представлены результаты по показателю рН и минерализации.

Таблица 11. Результаты исследования по показателю рН и минерализации в теплый период года
Table 11. The results of the study on the indicator of рН and mineralization in the warm season

Точка отбора	Значение	
	рН	минерализация
1	7,496	1020,33
2	6,693	994,33
3	6,35	994

При ранжировании поверхностного водного объекта (р. Урал) по показателю рН было выявлено, что на расстоянии 0,5 метра от берега складывается относительно удовлетворительная экологическая ситуация, на расстоянии 10 метров – критическая экологическая ситуация, на 15 метров – чрезвычайная экологическая ситуация.

При ранжировании поверхностного водного объекта по значению минерализации на расстоянии

0,5 метра складывается критическая экологическая ситуация, а на расстояниях в 10 и 15 метров – относительно удовлетворительная экологическая ситуация.

Оценка экологического состояния водного объекта в холодный период. Результаты ранжирования исследуемой территории по показателю химического загрязнения в холодный период года представлены в таблице 12.

Таблица 12. Коэффициент концентрации загрязняющих веществ в исследуемом водном объекте в холодный период года

Table 12. Coefficient of concentration of pollutants in the investigated water body during the cold season

Проба	Коэффициент концентрации загрязняющих веществ										ПХЗ
	К (SO ₄)	К NH ₄ ⁺	К Cl ⁻	К HCO ₃ ⁻	К HS ⁻	К Ca ²⁺	К Mg ²⁺	К Fe	К Cu ²⁺	К Взв. в-ва	
Вода	0,048	0,06	0,28	0,75	3,57	0,56	0,2	3,5	26,5	22,68	58,148
Лед	0,0265	0,074	0,31	0,21	2,21	0,19	0,3	3,4	17	47,56	71,281

Ранжирование по показателю химического загрязнения для веществ 3 - 4 класса опасности показало, что исследуемый участок поверхностного водного объекта (р. Урал) по пробам воды и льда (талой воды) можно отнести к зоне с критической экологической ситуацией, данный участок пригоден для рыбохозяйственных и культурно-бытовых целей.

Приоритетными веществами по коэффициенту концентрации в зимний период в пробах льда и воды являются: взвешенные вещества, железо и медь.

В таблице 13 представлены результаты исследования по показателю рН и минерализации в холодный период года.

Таблица 13. Результаты исследования по показателю рН и минерализации в холодный период года
Table 13. The results of the study on the рН and mineralization in the cold season

Проба	Значение	
	рН	минерализация
Вода	7,21	506,3
Лед	7,07	200

При ранжировании по показателю рН исследуемую территорию по пробам льда и воды

можно отнести к зоне с относительно удовлетворительной ситуацией.

При ранжировании по показателю минерализации на исследуемом участке складывается относительно удовлетворительная ситуация.

Приоритетным веществом по коэффициенту концентрации в пробах воды и льда являются взвешенные вещества, коэффициент концентрации которых составляет 241,8 и 98,64 соответственно. Коэффициент концентрации железа и меди в воде равен 4,5 и 4, а в пробе талой воды равен 2,7 и 1,95 соответственно.

Оценка экологического состояния водного объекта в теплый и холодный периоды года. Проанализировав данные, можно сказать о том, что в течение года на исследуемом участке реки Урал

наблюдается превышение ПДК_{р.х.} по взвешенным веществам, меди и железу. В летний период взвешенные вещества превышают ПДК_{р.х.} в 164,89 раз, в холодный период в 241,8 раз. Превышение по железу летом составляет 5,35 раз, а в холодный период 4,5 раз. Медь превышает допустимые концентрации в теплый период в 12,26 раз, в холодный в 4 раза.

Таким образом, летом исследуемый участок загрязнен тяжелыми металлами (железо и медь), а в зимний период в воде присутствует большое количество взвешенных веществ.

На рисунке 3 показана графическая зависимость показателя химического загрязнения от времени года.

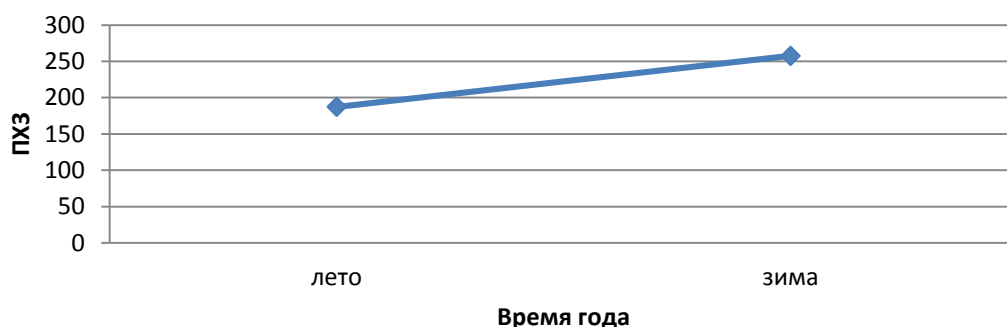


Рис. 3. Зависимость показателя химического загрязнения от времени года
Fig. 3. Dependence of the indicator of chemical pollution on the season

Из графической зависимости видно, что показатель химического загрязнения в зимний период выше, чем в летний. Зимой данный показатель равен 257,67, летом – 187,33.

Исследование индекса пригодности воды в водном объекте. Индекс пригодности

рассчитывается с учётом физических, химических и биологических показателей качества. Для каждого из показателей устанавливается весовость единицы измерения (таблица 14).

Таблица 14. Показатели индекса пригодности водного объекта
Table 14. Indicators of the water body suitability index

Показатель	Весомость доли единицы	Числовые значения показателей				
		5	4	3	2	1
Коли-индекс	0,18	0-100	100-1000	1000-10000	10000-100000	>100000
Запах	0,13	0	1-2	3	4	5
pH	0,10	6.5-8	6.5-8.5	5-9.5	4-10	>10
Растворимый кислород, мг/л	0,09	>8	6-8	4-6	2-4	2<
Цветность°	0,09	20<	20-30	30-40	40-50	>50
Минерализация	0,08	500<	500-1000	1000-1500	1500-2000	>2000
Взвешенные вещества, мг/л	0,08	10<	10-20	20-50	50-100	>100
Хлориды	0,07	200<	200-350	350-500	500-700	>700
Сульфаты	0,06	250<	250-500	500-700	700-1000	>1000

Показатель индекса пригодности воды оценивается при помощи формулы 1:

$$ИКВ = \sum_{i=1}^p Y_i * W \quad (1)$$

где Y_i - вес показателя, входящего в индекс пригодности;

W – баллы от 1 до 5, присваиваемые каждому показателю, входящему в индекс пригодности;

p – показатели, входящие в индекс пригодности водного объекта.

Ранжирование по показателю индекса пригодности воды проводится с данными, представленными в таблице 15.

Таблица 15. Индекс пригодности водоёма
Table 15. Reservoir suitability index

Баллы	Уровень	Пригодность
5	Очень чистая	Для культурно – бытовых целей. Для хозяйственно – питьевых нужд с обеззараживанием.
4	Чистая	Для культурно – бытовых целей. Для хозяйственно – питьевых с хлорированием.
3	Умеренно-загрязнённая	Для культурно – бытовых целей. Для хозяйственно – питьевых со стандартной очисткой.
2	Загрязнённая	Для культурно – бытовых целей использование сомнительно. Для хозяйственно – питьевых со специальной очисткой .
1	Грязная	Не пригодна для использования

Результаты исследования отобранных проб в теплый и холодный период по индексу пригодности воды представлены в таблицах 16 и 17.

Таблица 16. Показатели индекса пригодности водного объекта в летнее время
Table 16. Indicators of the suitability index of a water body in the summer

№ пробы	Показатель	Кон-ция ЗВ, мг/л	Весомость доли единицы	Баллы	Индекс пригодности
1	Запах	2	0,13	4	2,11 – вода загрязненная, для питья пригодна только после специальной очистки.
	pH	6,91	0,10	5	
	Цветность ^o	20	0,09	4	
	Минерализация	1183	0,08	3	
	Взвешенные вещества, мг/л	40,55	0,08	3	
	Хлориды	184,25	0,07	5	
	Сульфаты	5,67	0,06	5	
ИКВ (1 проба) = 5*0,1+3*0,08+5*0,07+5*0,06+3*0,08+4*0,09+4*0,13=2,11					
2	Запах	2	0,13	4	2,11 – вода загрязненная, для питья пригодна только после специальной очистки
	pH	6,79	0,10	5	
	Цветность ^o	20	0,09	4	
	Минерализация	1142,3	0,08	3	
	Взвешенные вещества, мг/л	44,56	0,08	3	
	Хлориды	95,26	0,07	5	
	Сульфаты	4,88	0,06	5	
ИКВ (2 проба) = 5*0,1+3*0,08+5*0,07+5*0,06+3*0,08+4*0,09+4*0,13=2,11					
3	Запах	2	0,13	4	2,11 – вода загрязненная, для питья пригодна только после специальной очистки
	pH	6,85	0,10	5	
	Цветность ^o	20	0,09	4	
	Минерализация	1179	0,08	3	
	Взвешенные вещества, мг/л	38,56	0,08	3	
	Хлориды	119,52	0,07	5	
	Сульфаты	8,33	0,06	5	
ИКВ (3 проба) = 5*0,1+3*0,08+5*0,07+5*0,06+3*0,08+4*0,09+4*0,13=2,11					

Таблица 17. Показатели индекса пригодности водного объекта в зимнее время.
Table 17. Indicators of the suitability index of a water body in winter.

проба	Показатель	Кон-ция ЗВ, мг/л	Весомость доли единицы	Баллы	Индекс пригодности
Вода	Запах	2	0,13	4	2,59 – умеренно-загрязненная вода. Требуется предварительной очистки
	pH	7,347	0,10	5	
	Цветность ^o	20	0,09	4	
	Минерализация	400	0,08	5	
	Взвешенные вещества, мг/л	60,45	0,08	2	
	Хлориды	102,6	0,07	5	
	Сульфаты	4,7	0,06	5	
ИКВ (вода) = 4*0,13+5*0,1+4*0,09+5*0,08+2*0,08+5*0,07+5*0,06=2,59					

По данным таблиц 16 - 17 видно, что в летний период индекс пригодности воды составляет 2,11, следовательно, вода загрязненная; а в зимний период индекс пригодности равен 2,59, воду можно считать умеренно-загрязненной.

ВЫВОДЫ

Исследование поверхностного водного объекта (река Урал в районе неорганизованного пляжа села Илек) по 12 химическим показателям вынесло наружу проблемы загрязнения главной речной артерии региона. В летний период индекс пригодности составляет 2,11, следовательно, вода загрязненная, и применять её можно только после предварительной очистки согласно стандартным методам. В зимний период индекс пригодности равен 2,59. При таком индексе воду считают умеренно-загрязненной. Для хозяйственно – питьевого использования проводят очистку согласно стандартной методике.

Загрязнение означает присутствие веществ, вызывающих нарушение норм качества вод, засорение – накопление в воде посторонних предметов, а истощение – уменьшение минимально допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод.

Для сохранения и обеспечения необходимого качества поверхностных вод необходимо проводить различные мероприятия, наиболее значимыми из которых являются:

- рациональное водопользование по комплексным водохозяйственным балансам;
- совершенствование технологических процессов в промышленности в направлении снижения водопотребления, создания оборотных, повторных, многократных систем водоснабжения;
- разработка и внедрение малоотходных технологий;
- рациональное водопользование в сельском хозяйстве, включая обоснованность и режимность в применении удобрений и пестицидов;
- обеспечение постоянного контроля состояния и показателей состава водоемов (мониторинг).

Для сокращения антропогенного воздействия на реку Урал и объемов сброса загрязненных сточных вод стационарными источниками необходима реконструкция и модернизация очистных сооружений с использованием новейших технологий очистки и оборудования:

- решить вопросы реконструкции биологических очистных сооружений и внедрения новых современных методов обезвреживания сточных вод в городах Оренбурге, Орске, Новотроицке;
- рационально расходовать водные ресурсы;
- осуществлять совместные проекты и привлечь к этой работе соседей России и Казахстана, которые также несут ответственность за экологическую обстановку [3].

Экологические проблемы требуют особого решения. Специалисты уже давно предупреждают об угрозе экологического бедствия. Наша обязанность сохранить красоту и самобытность реки Урал.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование содержания загрязняющих веществ в реке Урал в осенний период [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/orenburg.html>.

2. Загрязнение ледяного покрова [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://collectedpapers.com.ua/ru/aviation_surveillance_and_control_of_pollution_of_surface_waters_and_seas_guidelines/zabrudnennya-lodovogo-pokrivu.

3. Урал: живая река или канава для нечистот? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://orenburg.bezformata.ru/listnews/ural-zhivaya-reka-ili/56786189/>.

4. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие для вузов, средних школ и колледжей. – 3-е изд., исп. и доп. / Ю. В. Новиков. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2005. – 736 с.

5. Бронский В.А., Узбеков И.Д. Экологическая оценка состояния вод участка реки Урал в селе Илек Оренбургской области. ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ И ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА В НАУКЕ: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Самара, 13 ноября 2018 г.). – Стерлитамак: АМИ, 2018. – С. 8-10.

REFERENCES

1. Study of the content of pollutants in the Ural River in the autumn period [Electronic resource]. Access mode: <http://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/orenburg.html>.

2. Pollution of the ice cover [Electronic resource]. Access mode: http://collectedpapers.com.ua/ru/aviation_surveillance_and_control_of_pollution_of_surface_waters_and_seas_guidelines/zabrudnennya-lodovogo-pokrivu.

3. Ural: a living river or a ditch for sewage? [Electronic resource]. Access mode: <http://orenburg.bezformata.ru/listnews/ural-zhivaya-reka-ili/56786189/>.

4. Novikov Yu.V. Ecology, environment and man: Textbook. manual for universities, secondary schools and colleges. - 3rd ed., Isp. and add. / Yu.V. Novikov. – М.: FAIR-PRESS, 2005. – 736 p.

5. Bronsky V.A., Uzbekov I.D. Environmental assessment of the state of waters of the Ural River section in the village of Ilek, Orenburg Region. PROBLEMS OF METHODOLOGY AND EXPERIENCE OF PRACTICAL APPLICATION OF THE SYNERGETIC APPROACH IN SCIENCE: Collection of articles following the results of the International Scientific and Practical Conference (Samara, November 13, 2018). – Sterlitamak: AMI, 2018. – pp. 8-10.

ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE WATER QUALITY OF THE URAL RIVER IN
THE AREA OF THE INORGANIZED BEACH OF THE ILEK VILLAGE, ORENBURG
REGION

Bronsky V.A., Solopova V.A., Baitelova A.I.

Orenburg State University (OSU)
460018, Orenburg region, Orenburg city, Victory Avenue, 13.
E-mail: kastiel-97@mail.ru

Abstract. The article presents the results of environmental monitoring of water and ice samples from the Ural River in the area of the unorganized beach of the village of Ilek in cold and warm seasons, and analyzes the results. Priority pollutants were identified, and a ranking by pH and salinity of the water body was carried out. An integral assessment of the ecological state of the water body and a study of the water suitability index in this body were carried out. Various measures are proposed to preserve and ensure the required quality of surface waters of the Ural River in the study area.

Key words: environmental monitoring, concentration of pollutants, concentration coefficient, chemical pollution index, water suitability index, environmental protection measures.

УДК 551.46

АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ В КРЫМУ И ЭЛЬ-НИНЬО ЮЖНОЕ КОЛЕБАНИЕ НА ПРИМЕРЕ СЕВАСТОПОЛЯ

Холопцев А.В.¹, Николенко И.В.², Мельникова Н.С.²¹ Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»,
kholoptsev@mail.ru² Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,
295493 РК г. Симферополь, ул. Киевская, 181 e-mail: nikoshi@mail.ru

Аннотация. Изучены особенности изменений за 1882-2019 гг. средней интенсивности атмосферных осадков, выпадавших в различные месяцы и сезоны года в Крыму, основываясь на результатах наблюдений за этим процессом на репрезентативной Морской Гидрометеорологической станции Севастополь. Выявлены его современные тенденции и значимые статистические связи с вариациями показателей Эль-Ниньо Южное Колебание, на отрезках времени различной продолжительности. Оценена устойчивость упомянутых характеристик к сдвигам по времени этих отрезков.

Предмет исследования: оценка по результатам наблюдений на МГ Севастополь, современных тенденций многолетних изменений средней интенсивности атмосферных осадков, выпадавших в различные месяцы и сезоны года в Крыму, их статистических связей с вариациями индексов процесса ЭНЮК, а также устойчивости указанных характеристик к сдвигам отрезков времени, за которые они определены.

Материалы и методы исследования: Оценка показателей многолетних изменений средней интенсивности (сумм) атмосферных осадков, выпадавших на МГ Севастополь за 1882-2019 гг. в различные месяцы и сезоны года. Выявление на отрезках времени различной продолжительности современных тенденций изучаемых процессов и оценка значимости их статистических связей с вариациями показателей состояния ЭНЮК, а также устойчивости упомянутых характеристик к сдвигам отрезков времени, за которые они определены.

Ключевые слова: Атмосферные осадки, МГ Севастополь, ЭНЮК, многолетние изменения, тенденции, статистические связи, устойчивость.

ВВЕДЕНИЕ

Для эффективного и устойчивого управления водными ресурсами регионов, их оптимального использования решающее значение имеет понимание пространственно-временного распределения источников воды и ее движения, а также сотрудничество и согласованные действия между различными заинтересованными потребителями. В современной мировой практике на период 2020 – 2030 годов одним из эффективных методов решения проблем дефицита водных ресурсов является прогнозирование, сбор и распределение поверхностных, в том числе дождевых и талых вод с учетом оценки природных и антропогенных изменений, гидрометеорологических и климатических факторов, действующих в водосборных бассейнах. На полуострове Крым территориально, по сезонам года и по времени запасы пресной воды и атмосферные осадки распределены крайне неравномерно. Для гарантированного обеспечения водного баланса на обозримую перспективу, в рамках нормативных документов в области градостроительства и планирования хозяйственной деятельности региона, необходим обоснованный и качественный прогноз изменений гидрологического режима, в особенности режимов атмосферных осадков и паводковых стоков (сбросов), с учетом оценки климатических трендов в рядах имеющихся гидрометеорологических данных. Многолетние изменения оцененной за тот или иной отрезок времени средней интенсивности атмосферных осадков (их т.н. «сумм»), которые выпадают в любых регионах мира, является одним из основных

факторов динамики их климата и экологических условий. В регионах с засушливым климатом, к которым относится и Крым, тенденции этого процесса значимо влияют на безопасность жизнедеятельности их населения, а также устойчивость развития сельского, лесного, водного хозяйства и других «климатозависимых» секторов их экономики. Поэтому совершенствование методик его моделирования и прогнозирования является актуальной проблемой не только физической географии и климатологии, но также экологической и экономической безопасности.

Для эффективного управления водными ресурсами Крыма и их рационального использования решающее значение имеет понимание закономерностей, которые определяют их изменчивость. Главным источником пресной воды, потребляемой населением и экономикой Крыма, являются атмосферные осадки, которые выпадают на его территории. Несмотря на то, что пространственное распределение интенсивности атмосферных осадков по территории полуострова весьма неравномерно, особенности межгодовой изменчивости их интенсивности в различных районах во многом аналогичны. Это позволяет исследовать подобные особенности на примере подобного процесса в каком-либо его репрезентативном пункте. Наблюдения над многолетними изменениями режима выпадения атмосферных осадков на территории Крыма ныне осуществляют 24 метеорологические станции Росгидромета.

Впервые подобные наблюдения начали производиться в 1820 г. действительным членом Московского Общества испытателей природы и членом - корреспондентом статистического отдела Министерства внутренних дел России Ф.К. Мальгаузенем. Регулярные метеорологические наблюдения здесь были начаты в 1865 году [8]. Среди временных рядов результатов наблюдений над атмосферными осадками в Крыму, сохранившихся к настоящему времени, одним из наиболее продолжительных и практически непрерывных, является ряд, который получен на Морской Гидрометеорологической станции (далее – МГ) Севастополь. Он включает информацию, позволяющую оценить суммы атмосферных осадков, выпавших здесь в любом месяце и сезоне года, за период с мая 1881 г. Эта информация в современном периоде непрерывно пополняется результатами наблюдений, ежесуточно выполняемых сотрудниками МГ. Учитывая географическое положение МГ Севастополь, данный ряд может рассматриваться как репрезентативный для многих районов Крыма.

Согласно современным представлениям о подходах к совершенствованию математических моделей многолетних изменений интенсивности атмосферных осадков, одним из наиболее перспективных методов является расширение множества процессов, которые используются в качестве их предикторов. Для выявления эффективных предикторов данного процесса необходимо исследовать его связи с вариациями состояний других процессов в климатической системе нашей планеты. Модели изучаемых процессов, которые разработаны по их предыстории, могут быть применены и для их прогнозирования, если их тенденции, а также связи с учитываемыми предикторами обладают устойчивостью к сдвигам отрезков времени, за которые они оценены. Следовательно, существенный теоретический и практический интерес в плане решения проблем водоснабжения Крыма, представляет оценка современных тенденций изменения интенсивности атмосферных осадков на МГ Севастополь, их связей с другими процессами, а также упомянутой выше их устойчивости

Согласно современным представлениям о глобальной естественной климатической изменчивости, главной модой этого процесса является Эль-Ниньо – Южное Колебание (далее ЭНЮК), которое впервые было описано Г.Т. Уолкером в 1923 г. [25]. Первоначально ЭНЮК рассматривалось как процесс, который вызывает квазипериодические (с максимумом в спектре изменчивости на периоде около 4-х лет) колебания температуры поверхности (ТПО) и атмосферного давления (АД) в тропической зоне Тихого океана [25]. В дальнейшем было установлено, что ЭНЮК вызывает значимые отклики не только в этой зоне, но и далеко за ее пределами [12, 14, 15, 22]. В том числе оно способно оказывать то или иное влияние

и на режим выпадения атмосферных осадков во многих регионах умеренных широт [2, 11, 14, 21].

Несмотря на то, что значимость подобного влияния в том или ином регионе является предметом дискуссий [3], очевидно, что она во многом определяется географическим положением этого региона, а также отрезком времени, на котором она оценивается. Последнее, а также расположение Крымского полуострова, позволяет предположить, что **в современном периоде значимые отклики на изменения характеристик ЭНЮК способны проявляться и в многолетних изменениях интенсивности выпадающих атмосферных осадков в Крыму.**

Несмотря на то, что особенности изменчивости атмосферных осадков на МГ Севастополь за предыдущие годы описаны в многих авторов [4, 18], их тенденции, проявившиеся в современном периоде, а также связи с вариациями показателей Эль-Ниньо Южное Колебание изучены недостаточно. Наименее изучен вопрос об устойчивости упомянутых характеристик к сдвигам отрезков времени, по которым они определены, представляющий наибольший интерес при решении проблем их прогнозирования по соответствующим предысториям.

Решение указанных вопросов позволило бы использовать предысторию изменений средней интенсивности атмосферных осадков, выпавших в различные месяцы и сезоны на МГ Севастополь, а также результаты мониторинга соответствующих характеристик ЭНЮК, при моделировании и прогнозировании особенностей этих процессов. Следовательно, поиск их решений и проверка справедливости выдвинутой гипотезы представляет существенный теоретический и практический интерес.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При решении обеих рассматриваемых задач как фактический материал использованы временные ряды месячных сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь в том или ином месяце 1882-2019 гг., которые получены из архива Севастопольского отделения ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова».

При решении второй задачи использованы также временные ряды, отражающие изменения некоторых глобальных климатических индексов, которые характеризуют состояние ЭНЮК и определяются особенностями распределений температуры водной поверхности в экваториальной зоне Тихого океана и атмосферного давления над ней (далее ТПО и АД) [2, 11, 12, 14,15,17]. Одним из таких индексов является Nino 3.4 [6], который определяется среднемесячным значением ТПО, осредненным по поверхности района упомянутой зоны Тихого океана (5°N,5°S; 170°W, 120°W). Рассматривались также индексы Nino 1+2, Nino 3 и Nino 4, которые определяются аналогично, но для

других районов той же зоны Тихого океана. Индекс Nino 1+2 характеризуется средним значением среднемесячной ТПО района (0, 10°S; 90°W, 80°W). Такая же характеристика для района (5°N, 5°S; 150°W, 90°W) рассматривается как индекс Nino 3. Аналогичная характеристика для района (5°N, 5°S; 160°E, 150°W) представляет собой индекс Nino 4. [16] В теплой фазе ЭНЮК значения этих индексов превышают соответствующие средние уровни. В фазе Ла-Нинья значения данных индексов ниже их [15].

Учитывался также индекс Южного колебания - SOI, который предложен Г.Т. Уолкером в 1924 году [26]. Он вычисляется как разность АД между островом Таити и пунктом Дарвин (Австралия). Отрицательные значения SOI соответствуют фазе Эль-Ниньо, а положительные – фазе Ла-Нинья.

Исследовались также комбинированные индексы, к которым относятся: ONI и MEI. Индекс ONI определяется как разность нормированных аномалий ТПО в регионах, для которых рассчитывают индексы Nino 4 и Nino1+2 [24]. Интегральный многомерный индекс (MEI) [27] рассчитывается как первый главный компонент в базисе 6-ти переменных (приповерхностное АД; зональный и меридиональный компоненты приповерхностного ветра; ТПО; температура приповерхностного воздуха; облачность), которые регистрируются над тропической зоной Тихого океана.

Информация об изменениях за период с января 1950 г. по декабрь 2019 г. всех перечисленных глобальных климатических индексов получена из базы данных [28]. При разработке методики исследования предполагалось, что изучаемый процесс $S(t)$ является нестационарным и представляет собой сложное колебание. Поэтому отрезок реализации рассматриваемого процесса, который представляет собой его предысторию, может быть описан математической моделью [5]:

$$S(t) = \tau(t) + \sum A_i(t) \sin((2\pi t/T_i) + \varphi_i(t)), \quad (1)$$

где $\tau(t)$ – линейный тренд процесса, с угловым коэффициентом – k_0 , который характеризует его истинную тенденцию; T_i – период i -составляющей процесса ($i=1, 2, 3 \dots N$) – неизвестная константа; при некоторых i его значения могут превышать продолжительность временного интервала, в течение которого осуществляются наблюдения; $A_i(t)$ – амплитуда i -составляющей процесса, которая на любом отрезке времени продолжительностью T_N является медленно меняющейся, гладкой и неизвестной функцией времени t ; $\varphi_i(t)$ – начальная фаза, которая также является медленно меняющейся, гладкой и также неизвестной функцией времени t .

При прогнозировании процесса $S(t)$ предполагается, что упомянутые свойства $A_i(t)$ и $\varphi_i(t)$ не изменяются, но дальнейшие вариации параметров этих характеристик, а также k_0 , являются случайными величинами. Из модели (1) следует, что оценка фактической тенденции процесса $S(t)$ на

отрезке времени (t_1 ; t_2), которую характеризует угловым коэффициентом его линейного тренда k_{t_1, t_2} , может отличаться от k_0 , так как некоторые T_i , превышают продолжительность этого отрезка. Значения этой оценки, а также коэффициента корреляции K_{t_1, t_2} процесса $S(t)$ с каким-либо его фактором, могут зависеть от выбора t_1 и t_2 .

При усреднении $S(t)$ в «скользящем окне» длиной D , которая равна T_i , результат определяется составляющими этого процесса с периодами не кратными T_i . К ним относятся все его составляющие с $T_i > D$. Его составляющие с периодами не кратными T_i , значения которых меньше D , при этом оказываются в той или иной мере нивелируются. Учитывая особенности рассматриваемой модели изучаемого процесса, методика его исследования предполагала решение первой задачи в два этапа.

На первом этапе изучалась его предыстория за период 1882-2019 гг. Рассматривалась зависимость от года начала «скользящего окна» длиной от 5 до 30 лет, усредненных по нему $S(t)$ – сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь, которые соответствуют некоторому месяцу, сезону года или году в целом.

На втором этапе для различных значений t_1 и t_2 , выбранных так, что

$$t_2 - t_1 = D = 4 T_i,$$

изучались зависимости оценок A_i от t_1 и T_i . Рассматривались также периодограммы изучаемых процессов – зависимости оценок A_i , усредненных по всем t_1 , от T_i . При этом предполагалось, что T_i принадлежат интервалу 2 – 33 года.

Вторая задача также решалась в два этапа. На первом ее этапе оценивались тенденции каждого изучаемого процесса, для различных значений D и t_1 . Значение углового коэффициента линейного тренда каждого рассматриваемого временного ряда (k_{t_1, t_2}) определялось по методу наименьших квадратов. Значимость тренда оценивалась по критерию Фишера [1, 7]. Тренд признавался значимым, если достоверность этого вывода превышала 0,95.

Также выявлялись современные тенденции изменения сумм атмосферных осадков, выпадавших на МГ Севастополь за некоторый месяц, сезон или в целом год и оценивалась их устойчивость к сдвигам отрезков времени, по которым они определены. Для этого оценки k_{t_1, t_2} , которые получены для различных «скользящих окон», с D , из интервала 10 – 70 лет, сопоставлялись с оценками тех же показателей, вычисленными для «окон» с такими же D , при условии, что $t_2 = 2019$ г. Для того или иного изучаемого временного ряда сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь, соответствующего каждому месяцу, определялось максимальное значение сдвига $\delta = 2019 - t_2$ «окна» длиной D , по отношению к такому же окну, завершающемуся 2019 г., при котором знаки вычисленных по этим «окнам» k_{t_1, t_2} , совпадают.

Выявленное, таким образом, значение δ определяет границу диапазона сдвигов по времени «скользящих окон» длиной D , при которых оценки знаков тенденций изучаемых процессов совпадают с современными (что нами трактуется как их устойчивость). Одним из вероятных является сценарий будущего, при котором допущения, заложенные в модель процесса (1) останутся справедливыми. При его осуществлении представляется вероятным, что знаки оценок его тенденций для «окон» такой же длины, завершающихся годом $t_2 < 2019 + \delta$, будут совпадать со знаком его тенденции, которая определена для «окна», завершающегося 2019 годом. Следовательно, при упреждениях, не превышающих δ , знак K_{t_1, t_2} , который оценен по отрезку предыстории изучаемого процесса длиной D , целесообразно рассматривать, как прогноз его дальнейшей тенденции. Учитывая это, на первом этапе решения второй задачи значения δ , соответствующие тем или иным D , как показатели устойчивости современной тенденции изучаемого процесса, определялись для каждого месяца и года в целом.

На втором этапе решения этой задачи изучались статистические связи многолетних изменений месячных сумм атмосферных осадков, выпадавших на МГ Севастополь, с совпадающим по времени фрагментом ряда того или иного глобального климатического индекса, который характеризует состояние процесса ЭНЮК. Как характеристика связи между рассматриваемыми процессами в некотором «скользящем окне» длиной D , рассматривалось значение коэффициента парной корреляции соответствующих отрезков их временных рядов – K_{t_1, t_2} . [9] При вычислении этой меры линейные тренды, присутствующие в сопоставляемых отрезках изучаемых временных рядов, были скомпенсированы.

Рассматриваемая связь признавалась значимой, если достоверность такого статистического вывода превосходила уровень 0,9. Для связей, которые признаны значимыми, также оценивалось

справедливость вывода о том, что его достоверность больше 0,95 и 0,99. Значение достоверности указанного вывода оценивалось с применением критерия Стьюдента. Пороговый уровень значимости K_{t_1, t_2} определялся с учетом числа степеней свободы сопоставляемых частей изучаемых временных рядов.

Исследовалась значимость K_{t_1, t_2} между отрезком временного ряда сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь, для того или иного месяца, с D от 30 до 120 лет и $t_2 = 2019$, а также совпадающим с ними по времени отрезком ряда каждого рассматриваемого глобального климатического индекса.

Оценивалась также устойчивость оценок значимости K_{t_1, t_2} сопоставляемых рядов к временным сдвигам «скользящего окна» длиной D по отношению к их значениям, которые вычислены для «окна», завершающегося 2019 годом. При этом определялось максимальное значение сдвига $\delta_1 = 2019 - t_2$ «окна» длиной D , по отношению к «окну» той же длины, с $t_2 = 2019$ г., при котором, с достоверностью не ниже 95%, K_{t_1, t_2} , оцененные для последнего как значимые, признаются значимыми и для «окна», завершающегося в год t_2 . Для этого оценки значимости K_{t_1, t_2} между изучаемыми процессами, которые получены для различных «скользящих окон» с D из интервала (10 до 70 лет), сопоставлялись с оценками тех же показателей, которые вычислены для «окон» с такими же D , соответствующих $t_2 = 2019$ г.

Оценки δ_1 характеризуют предельные упреждения прогнозов значимости K_{t_1, t_2} между рассматриваемыми процессами, которые основаны на учете отрезков их предыстории длиной D , и могут быть признаны реалистичными при осуществлении упомянутого выше сценария будущего. Выявление связей каких-либо процессов, которые в некотором будущем окажутся значимыми, также представляет интерес для их прогнозирования. Поэтому значения δ_1 , при различных D , определены для всех рассматриваемых процессов.

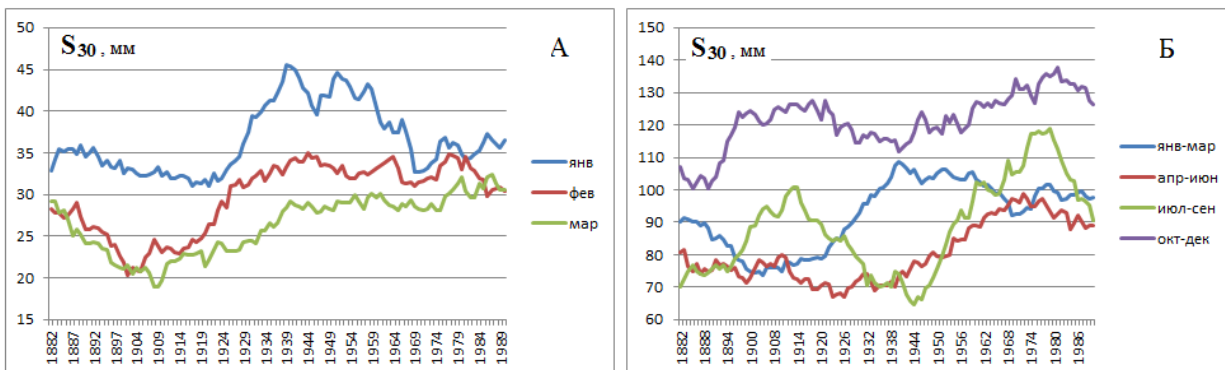


Рис. 1. Зависимости от t_1 для «скользящего окна» длиной $D = 30$ лет, осредненных в нем сумм S_D атмосферных осадков на МГ Севастополь: А) для зимних месяцев; Б) в среднем для климатических сезонов

Fig. 1. Dependences on t_1 for a "sliding window" of length $D = 30$ years, the average amounts of SD precipitation per MG Sevastopol: A) for winter months; B) on average for climatic seasons

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

В соответствии с изложенной методикой, на первом этапе решения первой задачи для всех месяцев и каждого скользящего окна длиной D от 5 до 35 лет, вычислены средние значения месячных сумм (S_D) атмосферных осадков на МГ Севастополь. Рассмотрены зависимости S_D от t_1 соответствующих «скользящих окон», которые соответствуют тому или иному месяцу и сезону года. На рисунке 1, в качестве примера упомянутые зависимости S_{30} представлены для зимних месяцев, и различных сезонов. случая, когда $D = 30$ лет.

Из анализа зависимостей на рисунке 1А следует, что для зимних месяцев многолетние изменения осредненных в скользящем окне длиной 30 лет, сумм S_{30} атмосферных осадков на МГ Севастополь представляют собой сложные колебания. В них присутствуют возрастающие тренды, а также квазигармонические составляющие, основная мода которых характеризуется периодом близким к 60 годам (январь) и 80 годам (февраль и март).

Представленные на рисунке 1Б зависимости показывают, что аналогичные особенности

свойственны многолетним изменениям S_{30} , которые усреднены за тот или иной климатический сезон. Существенной особенностью рассматриваемых зависимостей, соответствующих весеннему, летнему и осеннему сезону, является убывание значений отображаемых показателей в последние десятилетия. Указанная особенность весной проявилась в период с 1974 г., летом – с 1980 г. и осенью – с 1983 г. Аналогичные особенности проявляются и в таких же зависимостях, соответствующих скользящим окнам меньшей длительности. Это подтверждают представленные на рисунке 2 зависимости от t_1 значений S_8 , которые соответствуют всему летнему сезону, и году в целом, если $D = 8$ лет.

Из рисунка 2 следует, что и многолетние изменения S_8 для МГ Севастополь, которые соответствуют летнему сезону и году в целом также представляют собой сложные колебания в которых присутствуют возрастающие тренды, а также компоненты с периодом не только 65 лет, но и 22 года. При этом минимум последнего 22-летнего цикла пришелся на 2009 год, следовательно, его ближайший максимум (вероятно, не очень высокий) будет пройден в 2020 – 2021 году.

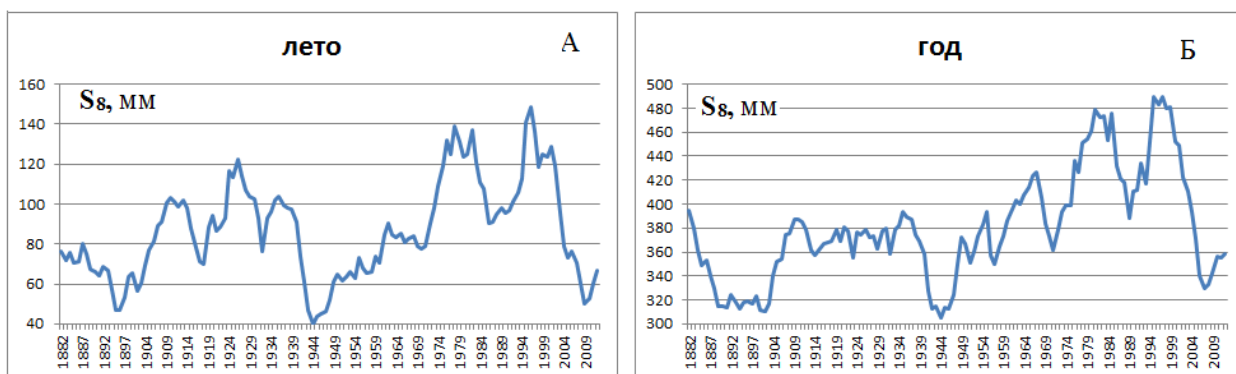


Рис. 2. Многолетние изменения S_8 на МГ Севастополь: А) для летнего сезона; Б) в среднем за год.
Fig. 2. Long-term changes of S_8 on MG Sevastopol: A) for the summer season; B) on average for the year.

Как видно из анализа графиков, представленных на рисунке 2, в период 2021 – 2032 годы в 22-летнем цикле изменений интенсивности атмосферных осадков в г. Севастополь (и, по-видимому, во многих районах Крыма) следует ожидать наступления нисходящей фазы. На эти же годы будет приходиться и нисходящая ветвь ранее упомянутого 60 – 80-летнего цикла. Поэтому представляется вероятным, что ближайшее десятилетие для сельского хозяйства в Крыму будет экстремально сложным.

На втором этапе решения первой задачи изучены зависимости от t_1 оценок амплитуд (A_i) составляющих изменчивости месячных, сезонных и годовых сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь с периодами $T_i = 2 - 33$ года. Оценка A_i произведена для всех «скользящих окон» с $D = 4T_i$. В качестве примера, на рисунке 3 отображены упомянутые зависимости от t_1 скользящего окна с $D = 4T_i$ амплитуд (A_i) составляющих изменчивости сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь за тот или иной сезон, для $T_i = 7$ лет и $T_i = 15$ лет.

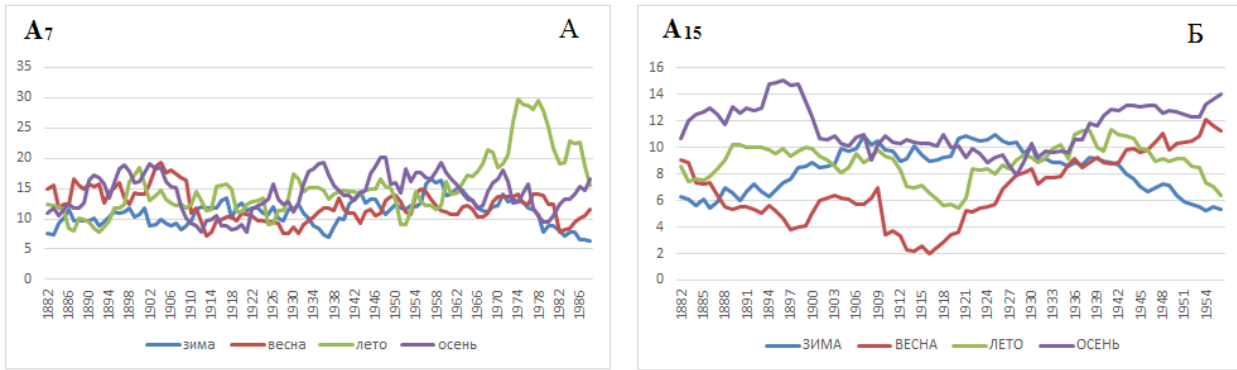


Рис. 3. Зависимости от t_1 «скользящего окна» с $D = 4T_i$ амплитуд (A_i) составляющих изменчивости сумм атмосферных осадков за тот или иной сезон на МГ Севастополь А) $T_i = 7$ лет; Б) $T_i = 15$ лет.
Fig. 3. Dependences on t_1 of the "sliding window" with $D = 4T_i$ of the amplitudes (A_i) of the components of the variability of precipitation amounts for a given season on the Sevastopol MG А) $T_i = 7$ years; Б) $T_i = 15$ years.

Из рис. 3 следует, что все представленные на нем процессы представляют собой сложные колебания.

Из рис. 3А понятно, что в изменениях A_7 для летнего и зимнего сезона в период с середины 70-х годов XX века и до современности преобладают тенденции к их уменьшению. Для весеннего и осеннего сезонов в этих процессах присутствуют возрастающие тренды. Рис. 3Б показывает, что аналогичные особенности характерны и для изменений A_{15} . Для летнего и зимнего сезона убывающие тренды выявлены в них для периодов 1940-2019 гг. и 1924-2019 гг. соответственно, а для весеннего и осеннего сезонов тренды данных

процессов являются возрастающими для интервалов 1917 – 2019 гг. и 1927 – 2019 гг. Следовательно, в современном периоде вклады рассматриваемых составляющих в $S(t)$ для весенних и осенних сезонов возрастают, а для летних и зимних сезонов уменьшаются.

Также проанализированы периодограммы $S(t)$, рассчитанные для того или иного месяца, сезона и в целом за год. В качестве примера, указанные характеристики для МГ Севастополь, соответствующие каждому сезону и в целом году, приведены на рис. 4.

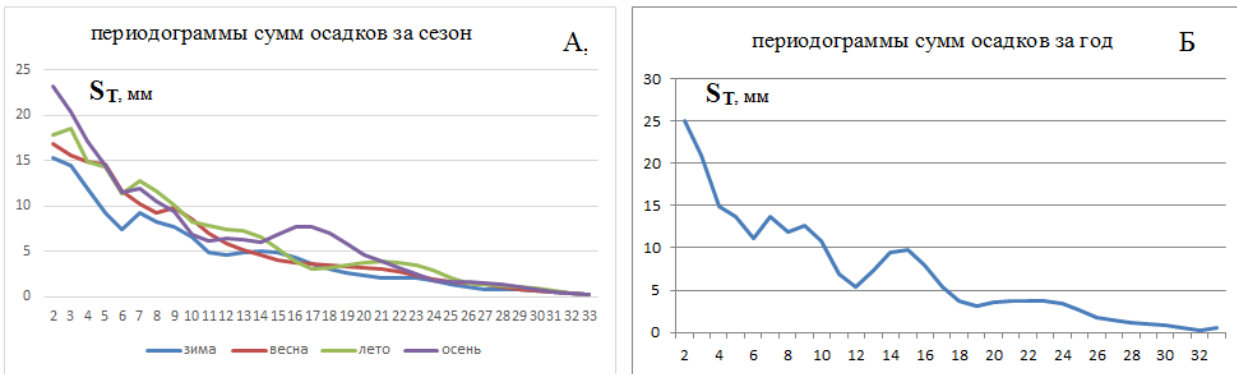


Рис. 4. Периодограммы $S(t)$ для на МГ Севастополь: А) для каждого сезона; Б) в среднем за год.
Fig. 4. Periodograms $S(t)$ for the Sevastopol mg: А) for each season; Б) on average for the year.

Как видно из рис. 4Б, в периодограммах многолетних изменений сумм атмосферных осадков МГ Севастополь и за год, присутствуют максимумы, соответствующие периодам 2, 7, 9, 15 и 22 года.

Рисунок 4А указывает на то, что максимум, соответствующий периоду 22 года, присутствует также на периодограмме для летнего сезона. На периодограммах, соответствующих осеннему и зимнему сезону, присутствуют максимумы для периодов 15-16 лет. Периодограммы, соответствующие лету, осени, зиме содержат максимумы с периодами 7 лет. В периодограмме для весеннего сезона присутствует максимум, приходящийся на период 9 лет. Кроме того, в

составе рассматриваемых процессов, соответствующих любому сезону, присутствуют составляющая с периодом 2 года. Аналогичные особенности характерны для периодограмм изучаемых процессов, которые соответствуют различным месяцам года.

На первом этапе решения второй задачи для каждого месяца, сезона года с использованием частей соответствующих временных рядов, которым соответствуют различные D , оценены проявившиеся на них тенденции. Как пример, в табл. 1 приведены полученные таким образом оценки значимых тенденций изменений средних интенсивностей атмосферных осадков, которые

выпадали за различные месяцы и за весь год, на МГ Севастополь, рассчитанных для «окон» с $t_2=2019$.

Таблица 1. Оценки современных тенденций многолетних изменений месячных сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь за периоды времени различной продолжительности.

Table 1. Estimates of current trends in long-term changes in monthly amounts of atmospheric precipitation at MG Sevastopol for periods of different duration.

t1	1882	1950	1980	1990	2000	2010
D	138	70	40	30	20	10
Январь	0,0633	-0,1219	0,4134	0,8980	0,1572	-1,6795
Февраль	0,0495	-0,1131	-0,3269	-0,1782	-0,3170	2,6348
Март	0,0344	0,0619	0,1141	-0,0734	-0,2700	-2,5562
Апрель	-0,0221	0,0387	-0,4371	-0,9761	-0,5695	0,6134
Май	0,0231	-0,1177	-0,0297	-0,3201	0,4671	4,9759
Июнь	0,1434	0,2108	-0,5785	0,1516	1,0155	-0,1866
Июль	0,0626	-0,0438	-0,3969	0,0107	-0,9153	2,8785
Август	0,0597	0,0319	-0,9673	-1,0508	-2,5316	0,8795
Сентябрь	0,0695	0,3028	-0,4978	-0,9803	-2,9146	-2,2321
Октябрь	0,0436	0,4501	0,2738	0,1735	-1,1352	2,3411
Ноябрь	0,0927	-0,0652	-0,6301	-0,9267	-2,0837	3,0928
Декабрь	0,0507	-0,2335	-0,1727	0,2138	0,8949	1,2009
Год	0,0185	-0,0392	-0,0665	1,0647	0,9009	7,9906

Из табл. 1 следует, что знак современной тенденции многолетних изменений месячных сумм атмосферных осадков на МГ Севастополь существенно зависит от продолжительности интервала времени, за который она вычислена. Последнее свидетельствует о том, что оценка их устойчивости действительно является актуальной. Справедливость данного вывода подтверждают и зависимости от t_1 соответствующего «окна» оценок

современных тенденций изменений сумм атмосферных осадков, выпадавших в различные месяцы на МГ Севастополь, которые приведены на рис. 5.

Рис. 5 подтверждает, что зависимости от t_1 оценок тенденции изменения средней интенсивности атмосферных осадков на МГ Севастополь, рассчитанных для «окон» с $t_2=2019$, для любого месяца являются знакопеременными.

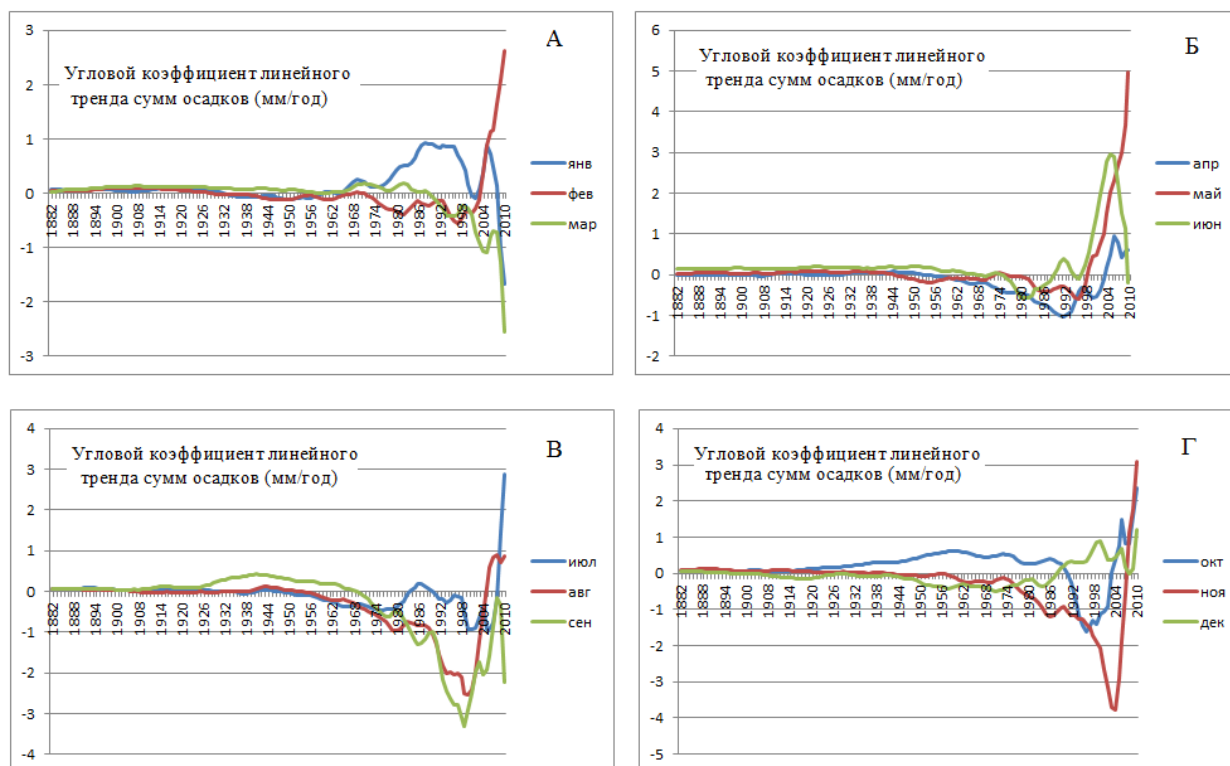


Рис. 5. Зависимости от t_1 оценок k_{t_1, t_2} на МГ Севастополь, вычисленных для «окон» с $t_2=2019$, для сезонов: А) зима; Б) весна; В) лето; Г) осень

Fig. 5. Dependences on t_1 estimates of k_{t_1, t_2} for MG Sevastopol, calculated for "Windows" with $t_2=2019$, for the seasons: a) winter; B) spring; C) summer; d) autumn

Минимальные значения t_1 «окон», для которых вычислено K_{t_1, t_2} , при условии, что знак этого показателя совпадает с его знаком для последнего изученного «окна» (2010 – 2019 гг.) зависят от месяца. Для июня, подобное совпадение имеет место лишь в окнах, с $t_1 = 2009$. Для января, июля и ноября аналогичное имеет место с $t_1=2007$, для февраля, апреля и октября – с 2003 г. Наименьшие значения t_1 соответствуют сентябрю (1970) и марту

(1990). Последнее позволяет предположить, что для сентября и марта современные тенденции к уменьшению месячных сумм атмосферных осадков могут обладать повышенной устойчивостью.

Для проверки справедливости данного предположения, в соответствии с изложенной методикой для каждого месяца и в среднем за год, для некоторых D рассчитаны значения показателя δ , которые приведены в табл. 2.

Таблица 2. Диапазоны устойчивости (δ , год) современных тенденций изменения средней интенсивности атмосферных осадков, выпадавших на МГ Севастополь в некотором месяце, которые оценены для «окон» с разными D .

Table 2. Ranges of stability (δ , year) of the current trends in the average intensity of atmospheric precipitation falling on the Sevastopol MG in a certain month, which are estimated for “windows” with different D .

D, год	10	15	23	33
Январь	5	8	12	7
Февраль	1	5	9	10
Март	0	2	4	19
Апрель	0	6	13	12
Май	1	6	11	7
Июнь	6	12	18	10
Июль	10	12	13	25
Август	1	4	7	9
Сентябрь	0	5	10	15
Октябрь	0	2	4	25
Ноябрь	0	2	5	6
Декабрь	2	4	6	25
Год	1	2	4	9

Из табл. 2 следует, что диапазоны устойчивости – δ современных тенденций изменения средней интенсивности атмосферных осадков, выпадавших на МГ Севастополь, зависят как от соответствующего месяца, так и от значения D . По мере увеличения D значения рассматриваемых показателей для любого месяца монотонно возрастают.

При любом фиксированном D , значения δ являются наибольшими для июля. Учитывая результаты, которые представлены в табл. 1, оценки, приведённые табл. 2, позволяют предположить, что в ближайшие 20-30 лет в апреле-сентябре средняя интенсивность атмосферных осадков в рассматриваемом районе будет снижаться.

На втором этапе решения второй задачи изучены статистические связи многолетних изменений месячных сумм атмосферных осадков, выпадавших на МГ Севастополь в любые месяцы года, с совпадающим по времени фрагментом временного ряда того или иного глобального климатического индекса, который характеризует состояние процесса ЭНЮК. Для этого для всех «скользящих окон» длиной D , в которых скомпенсированы линейные тренды, вычислены значения K_{t_1, t_2} .

Как пример, на рис. 6 представлены зависимости K_{t_1, t_2} от t_1 , для изменений средней интенсивности осадков на МГ Севастополь и всех рассматриваемых индексов ЭНЮК, и «окон», с $t_2 = 2019$, которые соответствуют месяцам декабрь и январь.

Из рисунка 6А следует, что при $t_1 < 1968$, существенного влияния на изменения K_{t_1, t_2} для связей изменений средней интенсивности осадков на МГ Севастополь со всеми индексами, увеличение t_1 не оказывало. В дальнейшем же, в изменениях K_{t_1, t_2} для связей изучаемого процесса с индексом SOI сформировался значимый убывающий тренд, а с прочими индексами – значимые возрастающие тренды.

Рисунок 6Б показывает, что характер зависимостей K_{t_1, t_2} от t_1 для тех же процессов, соответствующих декабрю, был практически противоположным.

Пороговые уровни коэффициента корреляции между рассматриваемыми процессами, которые соответствуют той или иной достоверности статистического вывода о значимости связи между ними (по критерию Стьюдента), которая оценена по отрезкам их рядов длиной D , представлены в табл. 3.

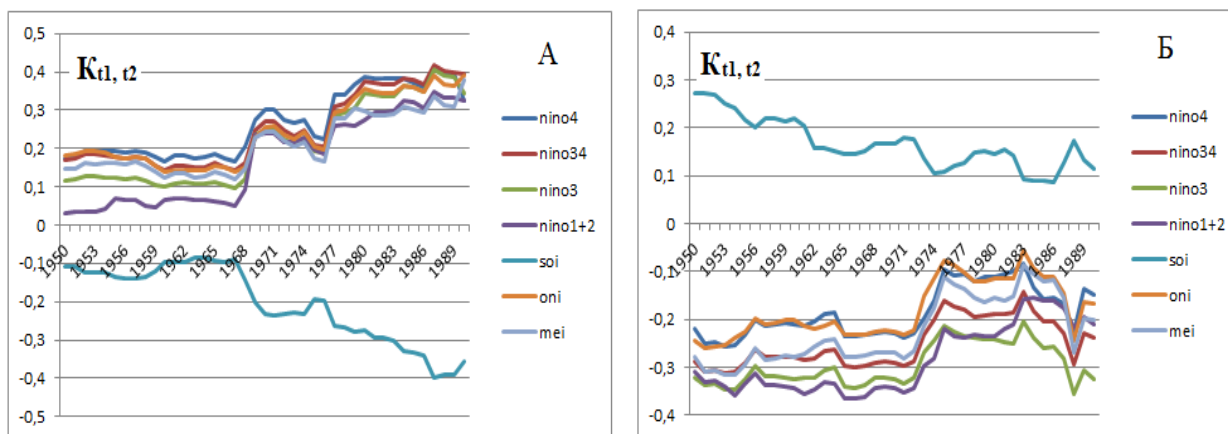


Рис. 6. Зависимости $K_{t1, t2}$ от $t1$, для изменений средней интенсивности осадков на МГ Севастополь и всех рассматриваемых индексов, и «окон», с $t2=2019$, которые соответствуют месяцам: А) Январь; Б) Декабрь
Fig. 6. Dependences of $K_{t1, t2}$ from $t1$, for changes in the average precipitation intensity on the Sevastopol mg AND all considered indices, and "Windows", with $t2=2019$, which correspond to the months: a) January; B) December

Таблица 3. Пороговые уровни (L) коэффициента корреляции между отрезками временных рядов рассматриваемых процессов длиной D

Table 3. Threshold levels (L) of the correlation coefficient between time series segments of the considered processes of length D

Достоверность	D	L	D	L	D	L
0,99	70	0,31	40	0,43	30	0,48
0,95	70	0,24	40	0,32	30	0,38
0,90	70	0,2	40	0,266	30	0,31

Из сравнения табл. 3 и рис. 6Б видно, что статистические связи изменений средней интенсивности осадков на МГ Севастополь со всеми индексами ЭНЮК, которые оценивались для декабря, за период 1950-2019 гг., могли быть признаны значимыми с достоверностью не менее 0,9. Аналогичный вывод с достоверностью 0,95 мог быть сделан в отношении связей для индексов NINO 3, NINO 34, NINO 1+2, ONI, MEI. Достоверность данного вывода превышала уровень 0,99 для индексов NINO 3 и NINO 1+2.

Вместе с тем при использовании для получения аналогичных оценок отрезков временных рядов тех же процессов за период 1980-2019 гг. все рассматриваемые связи значимыми признаны быть не могут даже с достоверностью 0,9.

При оценке достоверности того же вывода, основываясь на предысториях изучаемых процессов за последние 30 лет, установлено, что справедливым с достоверностью 0,9 он может быть признан лишь для индекса NINO 3.

Сопоставляя табл. 3 и рис. 6А понятно, что статистические связи изменений средней интенсивности осадков на МГ Севастополь для января, со всеми индексами ЭНЮК, оцененные за период 1950 – 2019 гг., значимыми не являлись. Если значимости тех же связей оцениваются за период 1980 – 2019 гг., то с достоверностью не ниже 0,9 рассматриваемый вывод может быть сделан в отношении связей изучаемого процесса с вариациями индексов NINO 4, NINO 34, NINO 3, SOI, ONI, MEI. С достоверностью не ниже 0,95 он может быть сделан в отношении связей с индексами NINO 4, NINO34 и ONI.

При выполнении аналогичных исследований за период 1990 – 2019 гг. установлено, что с достоверностью не менее 0,9 значимыми могут быть признаны связи со всеми индексами.

Как пример, значения $K_{t1, t2}$, которые соответствуют связям между рассматриваемыми процессами, оцениваемым за период 1980 – 2019 гг. приведены в табл. 4.

Таблица 4. Значения $K_{t1, t2}$, многолетних изменений средней интенсивности осадков на МГ Севастополь в различные месяцы 1980-2019 гг. и вариаций рассматриваемых индексов ЭНЮК ($L_{0,95}=0,32$).

Table 4. Values of $K_{t1, t2}$, long-term changes in the average precipitation intensity at the Sevastopol MG in different months of 1980-2019 and variations of the considered ENSO indices ($L_{0.95} = 0.32$).

Индекс	NINO4	NINO 34	NINO 3	NINO 1+2	SOI	ONI	MEI
Январь	0,3662	0,3396	0,3045	0,2574	-0,2796	0,3317	0,3056
Февраль	0,1179	0,1658	0,1072	-0,0848	-0,0841	0,1197	0,1625
Март	0,0286	-0,0406	-0,0907	-0,0453	0,0418	0,0040	-0,0018
Апрель	0,3397	0,2174	0,0069	-0,0260	-0,3363	0,2337	0,0960
Май	0,0331	-0,0003	0,1002	0,0672	-0,0048	0,0670	0,1096
Июнь	0,1117	0,1699	0,3539	0,4909	-0,0282	0,1621	0,3139
Июль	-0,0209	0,0696	0,1591	0,2349	-0,0853	0,1561	0,2574
Август	0,0679	0,2511	0,2629	0,2511	-0,2718	0,3654	0,3744
Сентябрь	-0,1743	-0,1735	-0,1958	-0,2339	0,1298	-0,1875	-0,2576
Октябрь	-0,1483	0,0007	0,0434	0,0774	0,1834	-0,0095	-0,0806
Ноябрь	-0,2988	-0,3556	-0,3497	-0,2606	0,2162	-0,3391	-0,2801
Декабрь	-0,1128	-0,1917	-0,2426	-0,2340	0,1526	-0,1200	-0,1645
Год	-0,0184	-0,0041	0,0014	0,0760	0,0955	0,0789	0,1075

Из табл. 4 следует, что месяц, для которого в рассмотренных примерах значения $K_{t1, t2}$, превышают по модулю уровень $L_{0,95}$, для связей между временными рядами средних интенсивностей осадков на МГ Севастополь и наибольшим количеством индексов ЭНЮК, является январь.

Аналогичные результаты получены и при расчете значений $K_{t1, t2}$, для других значений L и отрезков времени с другими D , но завершающихся 2019г.

При выполнении таких же вычислений с использованием отрезков времени, с $t1= 1950$ г. (и переменными $t2$), месяцем, для которого значения $K_{t1, t2}$, превышают по модулю уровень тот или иной пороговый уровень L для наибольшего количества индексов ЭНЮК и $D < 46$, является декабрь. Последнее объясняет усиление рассматриваемых связей между рассматриваемыми на рисунках 6А и 6Б процессами, которые соответствуют январю и их ослабление для декабря.

Учитывая указанные особенности, а также важность их учета при решении задач прогнозирования, исследование устойчивости оценок значимости $K_{t1, t2}$ осуществлено для «окон» с $t2 = 2019$, и случая, когда $S(t)$ и индексы ЭНЮК соответствовали январю.

В соответствии с изложенной методикой определены значения диапазона устойчивости $\delta 1$ оценок значимости $K_{t1, t2}$ связей между указанными процессами, которые рассматривались в

совпадающих по времени «окнах» с различными D . В качестве примера, в табл. 5 представлены значения $\delta 1$ для января, при определении которых полагалось $t2 = 2019$, $L = 0,9$, а D выбирались из интервала 24 – 40 лет.

Из табл. 5 видно, что диапазоны устойчивости корреляции $\delta 1$ (год) между изменениями средней интенсивности атмосферных осадков на МГ Севастополь, а также вариациями рассматриваемых индексов ЭНЮК для января, которые соответствуют достоверности вывода о значимости связи между ними 0,9, зависят от D . При увеличении D от 24 до 28 значения $\delta 1$ возрастают, а при дальнейшем увеличении D они снижаются.

Наибольшие значения $\delta 1$ при $D > 28$ соответствуют связям изучаемого процесса с индексами NINO4, NINO34, NINO3 и ONI. Тем не менее, при D , превышающих 47 лет, значения $\delta 1$ для всех, в том числе рассматриваемых индексов, снижаются до 0. Последнее означает, что изучаемые связи при указанных значениях D устойчивостью к сдвигам по времени не обладают.

Из табл. 5 следует, что значимость коэффициентов корреляции между изучаемыми процессами, как правило, наиболее устойчива к сдвигам отрезков времени, по которым они вычислены, при $28 < D < 30$. Поэтому ее прогнозы по предыстории наиболее адекватны, если значения этих коэффициентов вычислены для D , которые лежат в указанных пределах.

Таблица 5. Диапазон устойчивости оценок значимости $K_{t_1, t_2} - \delta 1$ (год) между рассматриваемыми процессами для января, который соответствует $t_2=2019$, $L=0,9$ и различным значениям D .

Table 5. The range of stability of estimates of the significance of $K_{t_1, t_2} - \delta 1$ (year) between the processes under consideration for January, which corresponds to $t_2 = 2019$, $L = 0.9$ and different values of D .

D	NINO4	NINO 34	NINO 3	NINO 1+2	SOI	ONI	MEI
24	4	4	2	*	4	4	2
25	3	4	3	*	4	4	1
26	3	3	2	*	11	3	*
27	3	14	13	*	10	16	*
28	15	15	12	*	9	15	*
29	14	14	12	4	4	14	*
30	13	12	11	3	4	13	13
31	12	11	11	2	4	12	12
32	11	11	11	2	4	11	11
33	10	10	10	3	3	10	10
34	9	9	9	3	3	9	9
35	8	8	8	3	3	8	8
36	7	7	7	3	3	7	7
37	6	6	5	3	3	6	6
38	5	5	4	2	3	5	5
39	4	4	4	1	2	4	4
40	3	3	3	0	1	3	3

*- значимой корреляции в окне с $t_2=2019$ не выявлено.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как следует из изложенных результатов, выявленные особенности изменений средней интенсивности атмосферных осадков на МГ Севастополь в различные месяцы и сезоны, качественно соответствуют свойствам математической модели, предложенной для описания этих процессов. Присутствие в рассмотренных процессах их составляющих, с периодами, близкими к 60 годам, соответствует представлениям А.В. Шнитникова [19] о продолжительности циклов изменения увлажненности материков.

Интересным представляется наличие в изменениях средней интенсивности атмосферных осадков на МГ Севастополь компонентов с периодами 7, 15 и 22 года, которые близки к продолжительностям циклов в развитии Мировой экономики (циклы Жюгляра и Кузнецова [23]) и солнечной активности (цикл Хейла [13, 20]). Указанное совпадение позволяет предположить, что оно обусловлено действием глобальных факторов, которые влияют как на изменения средней интенсивности атмосферных осадков в различных регионах мира, так и на развитие Мировой экономики.

Выявленные тренды в изучаемых процессах соответствуют представлениям С. Манабе и Р.Т. Вазеролда о тенденциях изменения засушливости климата в регионах умеренных широт и субтропиков при его глобальном потеплении [10]. Как следует из полученных результатов, современные тенденции изменений средней интенсивности атмосферных осадков на МГ Севастополь для многих месяцев, сезонов, а также года в целом, в пределах сдвигов по времени отрезков предыстории этих процессов, на которых

они оценены, не превышающих δ , обладают устойчивостью к ним. Это позволяет допускать, что их оценки для современного периода могут рассматриваться и как их прогнозы с такими предупреждениями. Для уточнения подобных прогнозов, соответствующих январю, могут быть использованы связи изучаемых процессов с вариациями январских значений индексов ЭНЮК, которые являются статистически значимыми и также обладают аналогичной устойчивостью к временным сдвигам (в пределах $\delta 1$).

Важной особенностью полученных результатов является выявленное изменение месяца, на который приходится значимые связи вариаций индексов ЭНЮК с изменениями средней интенсивности атмосферных осадков на МГ Севастополь. Причина этого изменения нуждается в дополнительном изучении. Следует отметить, что в середине интервала времени 1950 – 2019 гг. и в декабре, и в январе влияние ЭНЮК на изучаемый процесс было минимальным, что соответствует выводам [3], которые вполне справедливы для периода времени, для которого они были получены. Важным практическим следствием полученных результатов является открываемая ими возможность прогнозирования тенденций изменения средней интенсивности атмосферных осадков, выпадающих в те или иные месяцы на МГ Севастополь, которые представляются вероятными на ближайшие годы. Как видно из рис. 1 и 2, а также табл. 1 и 2, засушливость местного климата в районе МГ в ближайшем десятилетии будет увеличиваться (в особенности в летние месяцы).

Как уже отмечалось выше, распределение по территории полуострова Крым атмосферных осадков является весьма неравномерным. Поэтому для гарантированного решения проблем обеспечения водой населения и экономики всех его районов аналогичные исследования целесообразно

произвести и для других его метеостанций. Технические аспекты потребления и эксплуатации водных ресурсов весьма существенны. Качественный прогноз величин атмосферных осадков, как на краткосрочную, так и среднесрочную перспективу позволяет планировать объемы водных ресурсов на коммунально-бытовое, сельскохозяйственное и промышленное использование с учетом возможных рисков нехватки воды, засухи, лесных пожаров либо подтоплений. Кроме технических аспектов потребления воды из атмосферных осадков, существуют экологические, экономические, социальные и другие особенности. Поэтому улучшение качества гидропрогнозов необходимо для повышения эффективности всех видов водопользования.

При гидравлических расчетах городских сетей водоотведения расходы поверхностных сточных вод согласно действующей нормативной базе определяются методом предельных интенсивностей с учетом параметров, которые характеризуют интенсивность и продолжительность дождя для конкретной местности. Эти параметры определяются по результатам обработки многолетних записей самопишущих дождемеров местных метеорологических станций или по данным территориальных управлений Гидрометеослужбы. При отсутствии обработанных многолетних наблюдений параметры для гидравлического расчета городских сетей поверхностных сточных вод могут определяться с помощью математического моделирования, либо иным расчетным путем. Поэтому актуальным вопросом проектирования и эксплуатации современных систем водоотведения также является разработка и эксплуатация систем поверхностного стока, содержащих их электронные модели. Применение современных компьютерных технологий управления водными ресурсами базируется на основе мощных геоинформационных систем (ГИС) MapInfo, Caddy+, Zulu, Ингео, CityCom, MIKE URBAN и других, которые объединяют традиционные операции работы с базами данными, такими как сбор и их статистический анализ, с обеспечением возможности использования результатов в широком спектре задач для создания и использования кадастров инженерных сетей и сооружений. Применение ГИС позволяет создавать расчетные математические модели гидравлического расчета систем дождевой канализации и водоотведения поверхностного стока. При математическом моделировании систем дождевой канализации с применением ГИС строится комплексная модель, включающая гидрологическую модель, которая выполняет трансформацию осадков в сток и в гидравлическая модель, транспортирующая и трансформирующая сток по коллекторной сети для сброса в аккумулирующие водные объекты.

ВЫВОДЫ

Особенности модели (1) качественно соответствуют выявленным особенностям предыстории $S(t)$ на МГ Севастополь и аналогичных процессов в различных районах Крыма, для которых данная МГ является репрезентативной.

В изучаемом процессе для любого месяца, сезона и в целом года присутствуют квазипериодические составляющие, изменения текущих фаз которых происходят так, что для месяцев с апреля по октябрь в $S(t)$ выявлены значимые убывающие тренды.

Выявленные тенденции, свойственные предыстории изучаемых процессов для большинства месяцев обладают некоторой устойчивостью δ к сдвигам отрезков времени, для которых они определены. Это позволяет предположить, что если в будущем выявленные закономерности не изменятся, то при упреждениях не более δ , знаки дальнейших тенденций изучаемых процессов сохранятся такими же как в современном периоде.

Статистические связи предысторий $S(t)$ и индексов процесса ЭНЮК в современном периоде являются значимыми и также обладают некоторой устойчивостью к сдвигам отрезков времени, для которых они определены, что обуславливает целесообразность их учета при прогнозировании.

Ближайшие годы и в особенности месяцы с апреля по октябрь и в районе Севастополя, и в Крыму, по-видимому, окажутся маловодными (экстремально засушливыми). Наименьшая средняя интенсивность атмосферных осадков здесь вероятна в четные годы (2022, 2024 и т.д.).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и г. Севастополя в рамках научного проекта № 20-45-920007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ. 1998. 1022 с.
2. Воскресенская Е.Н., Полонский А.Б. Северо-Атлантическое колебание и явления Эль-Ниньо // Морской гидрофизический журнал. 1992. №4. С. 23-30.
3. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Клещенко Л.К., Аристов Л.Н. О связи климатических аномалий на территории России с явлением Эль-Ниньо-Южное колебание // Метеорология и гидрология. 1999. №5. С. 32-51.
4. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Гидрометеорологические условия/ под ред. Альтмана Э.Н., Симонова А.И. Гидрометеоздат, Санкт-Петербург, 1991 г., Т. 4, Вып.1, 429 с.
5. Гукенхеймер Дж., Холмс Ф. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. М.: Гос. изд-во физико-математической литературы, 2002. 560 с.
6. Железнова И.В., Гущина Д.Ю. Отклик глобальной циркуляции атмосферы на два типа Эль-Ниньо // Метеорология и гидрология. 2015. №3. С. 36-50.

7. Закс Ш. Теория статистических выводов. /Пер. с англ. Е.В. Чепурина; под ред. Ю. К. Беляева. М.: Мир. 1985. 776 с.
8. История метеорологии в Крыму [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kfo.meteorf.ru/osluzhbe/istoriya-meteorologii-v-kryimu.html>
9. Крамер Г. Математические методы статистики. М. Мир. 1975. 648 с.
10. Манабе С., Вазеролд Р.Т. Долговременные изменения водных запасов вследствие глобального потепления по данным моделирования// Всемирная конференция по изменениям климата. М.: Паблик принт, 2004. С.47-56.
11. Мохов И.И., Смирнов Д.А. Исследование взаимного влияния процессов Эль-Ниньо – Южное колебание и Северо-Атлантического и Арктического колебаний нелинейными методами // Известия РАН, Физика атмосферы и океана. 2006. Т.42. №5. С. 650-667.
12. Мохов И.И., Тимажев А.В. Климатические аномалии в регионах Евразии: эффекты явлений Эль-Ниньо / Ла-Нинья // ДАН. 2013. Т.453. №2. С. 211-214.
13. Наговицын Ю.А. Глобальная активность Солнца на длительных временах // Астрофизический бюллетень. 2008. №1 С. 45-58.
14. Нестеров Е.С. Изменчивость характеристик атмосферы и океана в атлантико-европейском регионе в годы событий Эль-Ниньо и Ла-Нинья // Метеорология и гидрология. 2000. №8. С. 74-83.
15. Петросянец М.А., Семенов Е.К., Гущина Д.Ю., Соколихина Е.В., Соколихина Н.Н. Циркуляция атмосферы в тропиках: климат и изменчивость // М.: Макс Пресс. 2005. 670 с.
16. Петросянец М.А., Гущина Д.Ю. Крупномасштабное взаимодействие глобальной циркуляции атмосферы с температурой поверхности экваториального Тихого океана // Метеорология и гидрология. 1998. №12. С. 5-22.
17. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата. // Наукова думка. Киев. 2008. 184 с.
18. Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке-начале XXI века и ее оптимизация / Под ред. д.г.н., проф. Бокова В.А. – Симферополь: Крымский научный центр, 2011. -227с.
19. Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария. – Зап. Геогр. общества СССР. 1957. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, Т.16. 1-336.
20. Crowley, T.J., and Kim, K-Y, 1996, Comparison of proxy records of climate change and solar forcing: Geophysical Research Letters, v. 23, p. 359–362.
21. Held I.M.S., Lyons S.W. and Nigam S. Transients and the extratropical response to El Nino. // J. Atmos. Sci., 1989, vol.46, pp. 163-174.
22. Horel. J.D., Wallace J. M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation // Mon. Wea. Rev. 1981, vol. 109, pp. 813-829.
23. Korotayev, Andrey V., & Tsirel, Sergey V. A Spectral Analysis of World GDP Dynamics: Kondratieff Waves, Kuznets Swings, Juglar and Kitchin Cycles in Global Economic Development, and the 2008-2009 Economic Crisis. Structure and Dynamics. 2010. Vol.4. #1. P.3-57
24. Trenberth K.E. and Stepaniak D.P. Indices of El Nino evolution. // J. Clim., 2001, vol.14, pp. 1601-1624.
25. Walker, G.T., Correlation in seasonal variations of weather, VIII.A preliminary study of world weather. // Memoirs of the India Meteorological Department, 1923, 24, (4), pp.75-131.
26. Walker, G.T., Correlation in seasonal variations of weather, IX. A further study of world weather.//Memoirs of the India Meteorological Department, 1924, (9), pp.275-333.
27. Wolter K., Timlin M.S. El-Nino/Southern Oscillation behavior since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext) // Intl. J. Climatology, 2011. 31, pp. 1074-1087.
28. NOAA database on the values of global climatic indices. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/forinfo>

REFERENCES

1. Aivazian S.A., Mhitarian V.S. Prikladnaja statistika i osnovnyj ekonometriki (Applied Statistics and Econometrics fundamentals), Moscow, YUNITY, 1998, 1022 p. (In Russ.).
2. Voskresensky E.N., Polonsky A.B. North Atlantic Oscillation and El Niño. Morskoy gidrophizichesky jurnal, 1992, no 4, pp. 23-30 (in Russ.).
3. Gruza G.V. Rankova E.J., Kleschenko L.K., Sokolihina E.V., Sokolihina N.N. On the relationship between climate anomalies in Russia with El Niño-Southern Oscillation. Meteorologija i gidrologija, 1999, no 5, pp. 32-51 (in Russ.).
4. Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Volume 4. The black sea. Issue 1. Hydrometeorological conditions / ed. Altman E. N., Simonova A. I. Hydrometeoizdat, Saint Petersburg, 1991, Volume 4, Issue 1, 429 p.
5. Guckenheimer J., Holmes F. Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields. - M: State publishing house of physical and mathematical literature, 2002. - 560 p.
6. Jeleznova I.V., Guschina D.J. The response of the global atmospheric circulation in the two types of El Niño. Meteorologija i gidrologija, 2015, no 3, pp. 36-50 (in Russ.).
7. Zaks Sh. Teorija statisticheskikh vivodov (The theory of statistical inference). John Wiley & Sons Inc., 1971. 626 p.
8. Kononova N.K. Klassifikacija cirkulacionnyh mehanizmov Severnogo polusharija po B.L. Dzerdzeevskomu (Classification circulation mechanisms of the Northern Hemisphere according to B.L. Dzerdzeevskii). Ed. A.B. Shmakin; Moscow: IG RAS, Voentehinizdat, 2009, 372 p. (in Russ.).
9. Kramer G. Matematicheskie metody statistiki (Mathematical Methods of Statistics). Moscow. Mir. 1975. 648 p. (in Russ.).
10. Mokhov I.I., Akbarov M.G., Prokofieva M.A. Blockings in the Northern Hemisphere and the Euro-Atlantic region: assessment of changes from reanalysis data and model calculations. Doklady Rossijskoj Akademii nauk, 2013, vol. 449 no 5, pp. 1-5 (in Russ.).

11. Mokhov I.I., Smirnov D.A. Study of mutual influence processes of the El Niño-Southern Oscillation and the North Atlantic and Arctic Oscillations of Nonlinear methods. *Doklady Rossijskoj Akademii nauk*, 2006, vol. 42, pp. 650–667 (in Russ.).
12. Mokhov I.I., Timazjev A.V. Climatic anomalies in the regions of Eurasia: the effects of El Niño / La Niña. *Doklady Rossijskoj Akademii nauk*, 2013, vol. 453, no 2, pp. 211-214 (in Russ.).
13. *Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razdel 3, chast' III. Sluzhba morskikh gidrologicheskikh prognozov (Manual on the Service forecasts. Step 3, part. III. Service Marine hydrological forecasts)*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1982, 143 p. (in Russ.).
14. Nesterov E.S. The variability of the characteristics of the atmosphere and ocean in the Atlantic-European region during the events of El Niño and La Niña. *Meteorologija i gidrologija*, 2000, no 8, pp. 74-83 (in Russ.).
15. Petrosjanc M.A., Semenov E.K., Guschina D.U. Sokolihina E.V. Sokolihina N.N. *Cirkuljacija atmosfery v tropikah: klimat i izmenchivost The circulation of the atmosphere in the tropics: the climate and variability*. Moscow: Max Press. 2005, 670 p (in Russ.).
16. Petrosjanc M.A., Guschina D.U. The Large-scale interaction of the global circulation of the atmosphere with the surface temperature of the equatorial Pacific Ocean. *Meteorologija i gidrologija*, 1998, no 12, pp. 5-22 (in Russ.).
17. Polonsky A.B. *Rol okeana v izmenenijah klimata (The ocean's role in climate change)*. Naukova Dumka. Kiev. 2008, 184 p. (in Russ.).
18. Shakina N.P., Ivanova A.R. Blocking anticyclones: the current state of research and forecasting. *Meteorologija i gidrologija*, 2010, no 11, pp. 5-18 (in Russ.).
19. Bjercknes J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of Ocean temperature. *Tellus*, 1966, vol. 18, no 4, pp. 820-829.
20. Bjercknes J. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 1966, vol. 97, pp. 163-172.
21. Held I.M.S., Lyons S.W. and Nigam S. Transients and the extratropical response to El Nino. *J. Atmos. Sci.*, 1989, vol. 46, pp. 163-174.
22. Horel J.D., Wallace J. M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.* 1981, vol. 109, pp. 813-829.
23. Lau N.-C. Modeling the seasonal dependence of the atmospheric response to observed El-Ninos in 1962-76. *Mon. Wea. Rev.*, 1985, vol. 113, pp. 1970-1996.
24. Trenberth K. E. and Stepaniak D. P. Indices of El Nino evolution. *J. Clim.* 2001, vol. 14, pp. 1601-1624.
25. Walker, G.T. Correlation in seasonal variations of weather, VIII. A preliminary study of world weather. *Memoirs of the India Meteorological Department*, 1923, vol. 24, no 4, pp. 75-131.
26. Walker, G.T. Correlation in seasonal variations of weather, IX. A further study of world weather. *Memoirs of the India Meteorological Department*, vol. 24, no 9, pp. 275-333.
27. Wolter K., Timlin M.S. El-Nino/Southern Oscillation behavior since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). *Intl. J. Climatology*, 2011. 31. P. 1074-1087.
28. NOAA database on the values of global climatic indices. [Electronic resource]. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/data/climateindices/list/forinfo>

PRECIPITATION IN THE CRIMEA AND THE EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION ON THE EXAMPLE OF SEVASTOPOL

Holoitsev¹ A., Nikolenko² I. V., Melnikova² N. S.

1 – Sevastopol branch of Federal state institution "State Oceanographic Institute named after N. N. Zubov", kholoitsev@mail.ru

2 - Academy of construction and architecture (structural unit) of V. I. Vernadsky Crimean Federal University, 295493

Simferopol, Kievskaya str., 181 e-mail: nikoshi@mail.ru

Abstract. The features of changes in the average intensity of atmospheric precipitation in different months and seasons in the Crimea in 1882-2019 were studied, based on the results of observations of this process at the representative Sea Hydrometeorological station Sevastopol. Its current trends and significant statistical relationships with variations in El Nino southern Oscillation indicators over time periods of different duration are revealed. The stability of these characteristics to time shifts of these segments is estimated.

Subject of research: assessment of current trends in long-term changes in the average intensity of precipitation that occurred in different months and seasons in the Crimea, their statistical relationships with variations in the enyuk process indices, as well as the stability of these characteristics to shifts in the time periods for which they were determined.

Materials and methods: Estimation of indicators of long-term changes in the average intensity (amounts) of atmospheric precipitation that fell on the city of Sevastopol IN 1882-2019 in various months and seasons of the year. Identification of current trends in the studied processes over time periods of different durations and assessment of the significance of their statistical relationships with variations in the state of enuk indicators, as well as the stability of these characteristics to shifts in the time periods for which they are determined.

Key words: Atmospheric precipitation, MG Sevastopol, ENSO, long-term changes, trends, statistical connections, stability.

СПИСОК АВТОРОВ

Абаев З.К.	к.т.н., доцент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
Байтелова А.И.	к.т.н., доцент, Оренбургский государственный университет
Барыкин Б.Ю.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Бахтин А.С.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Борсук О.Ю.	к.б.н., доцент, Майкопский государственный технологический университет
Бронский В.А.	Оренбургский государственный университет
Важдаев К.В.	к.т.н., доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Валиев А.Д.	к.т.н., доцент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
Газизова Л.И.	магистрант, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Дикарев А. Е.	студент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Дьяков И.М.	к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Жжоных А.М.	ассистент, Сибирский федеральный университет
Кодзаев М.Ю.	магистрант, Северо-Кавказский горно-металлургический институт
Кузьменко О.А.	ассистент, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Латыпова Т.В.	к.т.н., доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Любомирский Н.В.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Мартяшева В.А.	к.т.н., доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Мельникова Н.С.	аспирант, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Меретуков З.А.	д.т.н., доцент, Майкопский государственный технологический университет
Назирова Р.А.	д.т.н., профессор, Сибирский федеральный университет
Николенко И.В.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Новиков Н.С.	ассистент, Сибирский федеральный университет
Солопова В.А.	к.т.н., доцент, Оренбургский государственный университет
Тараненко Д.В.	Сибирский федеральный университет
Федоркин С.И.	советник РААСН, д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
Хитрук С.А.	магистрант, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского
Холопцев А.В.	д.геогр.н., профессор, Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»
Цопа Н. В.	д.э.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского
Чемодуров В.Т.	д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

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.

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.

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 – работодателем 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 B5 (12,5 × 19,5 см). Шрифт заголовков столбцов и строк, содержания таблицы – обычный TNR 9 пунктов. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

Рисунки и графики. Рисунки и графики озаглавляются словом Рис.1 (шрифт – обычный TNR 9 пунктов) со следующим за ним номером с точкой. Рисунки выполняются в графических редакторах, совместимых с Word и размещаются по тексту. Под рисунком помещается подпись на русском и английском языках. Короткая подпись центрируется, а если длинная – форматируется с абзацем первой строки. Качество рисунков и графиков должно обеспечивать прочтение и тиражирование. Рисунки и графики нумеруются арабскими цифрами.

Формулы. Формулы набираются в редакторе формул Equation или Math Type. Использовать для набора формул графические объекты, кадры и таблицы запрещается. Формула располагается по центру строки, номер формулы (в круглых скобках, TNR 10 пт) – по правому краю страницы, от окружающего текста отделяется пустыми строками. Формульное окно принудительно растягивать или сжимать нельзя. Применение единиц измерений в международной системе СИ – обязательно.

Обязательный порядок статьи.

- **УДК** в левом верхнем углу страницы, шрифт TNR 12 пт, прописными буквами
- **Название статьи шрифт** TNR 12 пт все прописными.
- **Имя и фамилия** автора(ов), шрифт обычный TNR 12 пт.
- **Место работы** авторов, шрифт обычный TNR 9 пт., адрес места работы, e-mail
- **Аннотация статьи (Abstract)** 200 – 250 слов, шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Предмет исследования (Subject)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Материалы и методы (Materials and methods)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Результаты (Results)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Выводы (Conclusions)**: шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Ключевые слова (Key words)** до 6 слов и словосочетаний, необходимых для поиска или классификатора, шрифт обычный TNR 9 пт.
- **Текстовая часть**. Статья должна содержать следующие разделы:
 - ВВЕДЕНИЕ;
 - АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ;
 - МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ;
 - РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ;
 - ВЫВОДЫ;
 - СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Заголовки разделов набираются строчными буквами, шрифт TNR 11 пунктов и центрируются.

В конце статьи размещается **Название статьи, Имя и фамилия автора(ов), Место работы авторов, Аннотация статьи, Предмет исследований, Материалы и методы, Результаты, Выводы, Ключевые слова** на английском языке с сохранением редакторских требований, указанных выше к каждому структурному элементу статьи.

Рекомендации по подготовке аннотации статьи

Аннотация выполняет следующие основные функции:

- дает возможность читателю быстро оценить основное содержание статьи с тем, чтобы решить, следует ли ему обращаться к ее полному тексту;
- предоставляет читателю самую общую информацию о статье, устраняя необходимость чтения ее полного текста в случае, если статья представляет для читателя второстепенный интерес;
- используется в научных, библиотечных и поисковых информационных системах.

Аннотация к статье должна быть:

- информативной (не содержать общих слов);
- содержательной (отражать основное содержание статьи);
- структурированной (следовать логике изложения материала в статье);

Аннотация должна включать в себя:

- предмет и цель работы (если они не следуют из названия статьи);
- используемый метод или методы исследования;
- основные результаты исследования;
- отличия данной публикации от других, схожих по теме;
- область применения результатов;
- выводы, рекомендации, перспективы развития работы.

В аннотации следует избегать лишних вводных фраз (например, «автор статьи рассматривает...», «автор полагает...» и т.д.), а также сложных грамматических конструкций. Аннотацию следует писать как можно более лаконичным, точным и простым языком. Должна быть понятна широкому кругу читателей, поэтому не должна изобиловать научными терминами. Следует избегать общеизвестных сведений и штампов. Аннотация не должна включать в себя цитаты из текста статьи. В аннотации обычно используются конструкции констатирующего характера (автор анализирует, доказывает, излагает, обосновывает и т. д.), а также оценочные стандартные словосочетания (уделяет основное внимание, важный актуальный вопрос, проблема, детально анализирует, убедительно доказывает).

Список литературы оформляется на русском и английском языках.

Библиографическое описание выполняется по:

- ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание;
- ГОСТ 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления;
- ГОСТ 7.82-2001. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов;
- Регламент включения научных журналов в Российский индекс научного цитирования. – М., 2008.

Не менее 12 источников, с ссылками на статьи в предыдущих выпусках сборника «Строительство и техногенная безопасность», в которых не участвовали авторы представленной статьи.

Рекомендации по подготовке списка литературы

- 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.