

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

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

№ 13(65) – 2018

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 13(65) – 2018

научно-технический журнал

Печатается по решению научно-технического
совета ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
(протокол № 4 от 07.12.2018)

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@napsk.ru

Подписан в печать 14.12.2018.

Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.

Гарнитура Times New Roman. Усл. -печ. л. 19,0.

Тираж 100 экз.

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

Издательство: ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского»
<http://cfuv.ru>, io_cfu@mail.ru
(3652) 60-84-98,

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

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

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

Распространяется по подписке.

Подписка по каталогу агентства «Роспечать».

Подписной индекс: 64974 (полугодовая).

Стоимость 1 экз. журнала 227,0 руб.

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Градостроительство

Казьмина А.И., Корой Е. И. ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ И СТРАТЕГИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УСТОЙЧИВОЕ ГОРОДСКОЕ РАЗВИТИЕ	7
Денисова Т.В., Кравчук Н.С. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ОБЛАЧНОСТИ	11
Елькина О.В. ИСТОРИЧЕСКАЯ ЗАСТРОЙКА В СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ (НА ПРИМЕРЕ Г.КИРОВА) КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ	21
Шеина С.Г., Попова Ю.В. ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ РОСТОВА-НА-ДОНУ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ	29
Нагаева З. С., Мосякин Д. С. АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МОЛОДЕЖНЫХ ЦЕНТРОВ	35

Раздел 2. Строительство

Головченко И.В. МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДМАЩИВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАРУЖНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ	47
Корохов В.Г. Бурова И.В. МОЛОТКОВАЯ ДРОБИЛКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЫПУЧИХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ	55
Свищ И.С. ИССЛЕДОВАНИЕ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ВО ВРЕМЕНИ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЛЬФАТОСТОЙКОГО ЦЕМЕНТА, КРЫМСКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ И ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ	63
Чепурненко А.С., Языев Б.М., Турко М.С. РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ГОФРИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОМОЩИ ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	69
Дядичев В.В., Меньок С.Г., Дядичев А.В. МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗОНЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ АВТОДОРОЖНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	77
Чемодуров В. Т., Синцов В.П., Фурсов А.Ю К РАСЧЕТУ ЛЕДРАЗРУШАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНЫХ СТОЕК БЛОКОВ МОРСКИХ СТАЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ	85
Бахтина Т.А., Любомирский Н.В., Бахтин А.С. ЛЕГКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАРБОНАТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК И ИЗВЕСТКОВОГО ВЯЖУЩЕГО	91

Шаленный В.Т. ПРИНЦИПАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БЕТОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ МНОГОЭТАЖНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ «СВЕРХУ-ВНИЗ»	99
--	----

Раздел 3. Инженерное обеспечение

Бекиров Э.А., Асанов М.М., Алькаата А. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	107
---	-----

Романова Т.Н. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЫТОВОГО ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ	113
---	-----

Погребницкая А.М., Черкас М.В. ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ МЕЖДУ ПРИОРИТЕТНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ КРЫМА	121
--	-----

Важдаев К.В., Иванова О.В., Халиков Р.М., Короткова Л.Н. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ДАТЧИКОВ	127
---	-----

Даниленко А.И., Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н., Алькаата А. АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ USW 56-100 С НОВЫМИ И ШТАТНЫМИ ЛОПАСТЯМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ В СОСТАВЕ МИРНОВСКОЙ ВЭС	133
--	-----

Панченко В.А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КРОВЕЛЬНОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ ЭНЕРГСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ	143
---	-----

Зайцев О.Н., Ангелюк И.П., Степанцова Н.А. КОНУСНО-СПИРАЛЬНЫЙ РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ БЫТОВЫХ КОТЛОВ.	159
--	-----

Салиев Э.И., Авдиенко Т.О. ПРЕДПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В БЫТУ	163
---	-----

Раздел 4. Экологическая безопасность

Абильтарова Э. Н. КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ПРОФИЛАКТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА.	169
--	-----

Иванютин Н.М., Пасынков А.А. МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАЙОНА ГОЛИЦЫНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ	177
---	-----

Митрофанова С.А., Моргун А. АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА	187
---	-----

Список авторов	197
-----------------------	-----

Руководство для авторов	199
--------------------------------	-----

CONTENT

Section 1. Town planning

<i>Kazmina A.I., Koroy E.I.</i> PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF PRINCIPLES AND STRATEGIES AIMED AT SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT	7
<i>Denisova T.V., Kravchuk N.S.</i> CONSTRUCTION OF ISOLINES OF SOLAR RADIATION ON A VERTICAL SURFACE UNDER REALLY CLOUD CONDITIONS	11
<i>Elkina O.V.</i> HISTORICAL BUILDING IN A MODERN URBAN ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF KIROV) COMPLEX DEVELOPMENT OF TERRITORIES	21
<i>Sheina S.G., Popova Yu.V.</i> EVALUATION OF THE SUITABILITY OF ROSTOV-ON-DON TERRITORIES FOR IMPLEMENTATION OF COMPLEX DEVELOPMENT PROJECTS	29
<i>Nagaeva Z. S., Mosyakin D. S.</i> THE URGENCY OF CREATING A SYSTEM OF YOUTH CENTERS	35

Section 2. Construction

<i>Golovchenko I.V.</i> THE TECHNIQUE OF SELECTION OF OPTIMAL MEANS OF PREVENTION IN THE MANUFACTURE OF EXTERNAL DECORATING WORKS OF MULTILEVEL RESIDENTIAL BUILDINGS FLUCTUATIONS OF THE FLAT PLATE IN THE AIR STREAM	47
<i>Korohov V.G., Burova I.V.</i> HAMMER MILL FOR RECEIVING THE GRANULAR MATERIALS AND THE JUSTIFICATION OF THE DESIGN CHARACTERISTICS OF ITS WORKING BODIES	55
<i>Svishch I.S.</i> INVESTIGATION OF STRENGTH OF STRENGTH DURING AGGRESSIVE ENVIRONMENT OF HEAVY CONCRETE WITH USE OF SULPHAT-RESISTANT CEMENT, CRIMEAN FILLERS AND ADDITIVES BASED ON ETHERS OF POLYCARBOXYLATES	63
<i>Chepurnenko A.S. , Yazyev B.M. , Turko M.S.</i> ANALYSIS OF CYLINDRICAL CORRUGATED STRUCTURES USING SEMI- ANALYTICAL FINITE ELEMENT METHOD	69
<i>Dyadichev V.V., Menyuk S.G., Dyadichev A.V.</i> METHODS OF IMPROVING INFORMATION SYSTEMS FOR PLANNING OF AUTOMOBILE ROADS IN THE AREA OF RESPONSIBILITY OF A ROAD ENTERPRISE	77
<i>Chemodurov V. T., Sintsov V.P., Fursov A.Yu.</i> TO CALCULATE ICE DESTRUCTING ELEMENTS OF SUPPORTING RACKS OF BLOCKS MARINE STEEL PLATFORMS	85
<i>Bakhtina T.A., Lyubomirskiy N.V., Bakhtin A.S.</i> LIGHT BUILDING MATERIALS CARBONATE OF HARDENING ON THE BASIS OF SAWDUST AND LIME BINDER	91

<i>Shalenny V.T.</i> THE CONCEPT OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF CONCRETING FERRO-CONCRETE OVERLAPPINGS MULTI-STOREY UNDERGROUND PARTS OF BUILDINGS BY "TOP-DOWN"	99
--	----

Section 3. Engineering Support

<i>Bekirov, EA, Asanov, MM, Alkaata, A.</i> OPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS WITH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES	107
<i>Romanova T.N.</i> SECURITY AT OPERATION OF HOUSEHOLD GAS EQUIPMENT	113
<i>Pogrebiskaya A.M, Cherkas M.B</i> OPTIMIZATION OF THE INVESTMENTS DISTRIBUTION BETWEEN THE PRIORITY DEVELOPMENT TRENDS OF NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES IN CRIMEA	121
<i>Vazhdaev K.V., Ivanova O.V., Khalikov R.M., Korotkova L.N.</i> QUALITY MANAGEMENT OF FUNCTIONING OF THE TECHNOLOGICAL LINE WATER SERVICE WITH USING MODERN SENSORS	127
<i>Danilenko A.I., Bekirov E.A., Voskresenskaya S.N., Alkaata A.</i> ANALYSIS OF ENERGY CHARACTERISTICS OF WINDOWS USW 56-100 WITH NEW AND STAFF BLADES ON TEST RESULTS IN COMPOSITION OF MIRNOVSKY WEC	133
<i>Panchenko V.A.</i> MODELING OF THE PHOTOVOLTAIC THERMAL ROOFING PANEL FOR THE ENERGY SUPPLY OF OBJECTS	143
<i>Zaycev O.N., Angelyuk I.P., Stepancova N.A.</i> CONE-SPIRAL HEAT EXCHANGER OF HEAT OF FLUE GASES OF DOMESTIC BOILERS	159
<i>Saliev E.I., Avdienko T.O.</i> ASSUMPTIONS ON THE ECONOMY OF ENERGY RESOURCES USED IN LIFE	163

Роздел 4. Environmental safety

<i>Abiltarova E.N.</i> SAFETY CULTURE AS ONE OF THE METHODS OF PREVENTION OF INDUSTRIAL INJURIES	169
<i>Ivanyutin N.M., Pasyukov A.A.</i> MONITORING OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF THE AREA OF GOLITSNA GAS- CONDENSATE DEPOSIT	177
<i>Mitrofanova SA, Morgun A.</i> ANALYSIS OF TEMPERATURE-HUMIDITY REGIME OF THE TERRITORY CRIMEAN PENINSULA	187
<i>List of authors</i>	197
<i>Authors Guide</i>	199

ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ И СТРАТЕГИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА УСТОЙЧИВОЕ ГОРОДСКОЕ РАЗВИТИЕ

Казьмина А.И., Корой Е. И.

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

Аннотация. В статье рассматриваются некоторые нюансы эффективного развития городов с учетом Новой программы принятой на Конференции Организации Объединенных Наций, которая проходила в г. Кито, Эквадор, с 17 по 20 октября 2016г, по жилью и устойчивому городскому развитию (Хабитат III).

Ключевые слова: Урбанизация; жилище; климат; городское развитие; энергосбережение.

ВВЕДЕНИЕ

Наступила беспрецедентная эпоха стремительной урбанизации. С учетом исследований становится ясно, что города, скорее будут служить источником для решения проблем, чем их причиной в мировом масштабе. Для достижения устойчивого развития необходимо, чтобы процесс урбанизации был разумно спланирован и эффективно организован, чтобы достигнуть переосмысления городских систем и физической формы городского пространства.

На конференции по устойчивому городскому развитию (Хабитат III) был сделан акцент на проблемах реализации принципов, стремлений и действий, направленных на устойчивое городское развитие.

Естественно, не существует единого рецепта для улучшения ситуации урбанизации и достижения устойчивого городского развития, ибо, как гласит народная пословица, «Что ни город, то норы», Она как нельзя лучше, точно и сжато характеризует всю многогранность, многоликость и своеобразие городов в целом.

Вместе с тем города различны между собой, как по географическому, а следовательно и по климатологическому положению, так и по экономическому.

Новая программа городского развития включает в себя принципы и методы проверенные на практике, которое смогут быть в будущем осуществлены.

Общее видение будущего урбанистического развития - одна стратегическая мера, один закон, один план или проект одновременно.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для достижения устойчивого развития на основе комплексного и скоординированного подхода на глобальном, региональном, национальном, субнациональном и местном

уровнях, Новая программа развития городов вновь подтверждает нашу глобальную приверженность делу устойчивого городского развития, как важнейшего шага для создания таких городов и населенных пунктов, где все жители могут пользоваться равными правами и возможностями. «Вопросами микроклиматической оценки в настоящее время занимаются М.С. Мягков; А.А. Исоев; И.К. Лифанов; Б.А. Айзенштат; А. Гиясов и др. Нами в предыдущих работах были разработаны климатические модели городов Крыма, а также климатические параметры, характеризующие тепловой режим территорий (на примере г. Симферополь) в летний период и был сделан вывод о полном нарушении данных микроклимата окружающей среды в центре города, а следовательно и внутри примыкающих к этой территории зданий» [2].

К сожалению, мы далеки от надлежащего решения по улучшению состояния окружающей среды, стихийных и антропогенных бедствий, изменения климата.

Эти вопросы необходимо решать не только в глобальном объеме, но и на региональном и на местном уровне (на примере регионов Крыма - как международной здравницы). Нами в предыдущих работах рассматривались вопросы взаимосвязи элементов климата и его классификации на примере Крымского полуострова с выбором рациональной структуры жилища при реконструкции и новом строительстве в городах Крыма [2].

Местные органы управления, по мере необходимости, должны разработать устойчивые и доступные источники энергии, энергоэффективные здания и методы строительства для сокращения затрат на энергосбережение [4].

Сложившиеся в настоящее время энергетическая и экономическая обстановка в стране требует иного, нового, отвечающего реалиям нашего времени подхода к проблеме

энергосбережения при строительстве новых и реконструкции существующих объектов.

В Стамбуле в мае 2016 года состоялся всемирный саммит по гуманитарным вопросам, но на нем не было принято межправительственного согласованного итогового документа, который был бы включен в Новую программу.

Новая программа развития городов признает взаимозависимость между положительными аспектами урбанизации и развитием. В ней указаны те аспекты, которые должны быть включены и в генеральные планы и в стратегию реконструкции городов. Это подчеркивает более глубокую взаимосвязь Новой программы по развитию городов в области устойчивого развития на период до 2030 года, особенно в области целей, которые касаются обеспечения жизнестойкости и устойчивости городов и других населенных пунктов [1,3].

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Новая программа развития городов представляет собой ключевой инструмент, согласно которому национальные, субнациональные и местные органы управления могут добиться устойчивого городского развития. Для этого необходимо выполнение преобразований путем перехода к новой парадигме развития городов. Эта парадигма должна основываться на научных достижениях урбанистики, базироваться на стандартах и новых принципах планирования, строительства, развития городов, управление ими и улучшения состояния городских районов [1].

Нами в предыдущих работах были рассмотрены вопросы реконструкции жилых зданий (на примере городов Крыма) с учетом географических и климатических условий, разработаны климатические паспорта городов Крыма, в которых указаны не только климатические параметры, но и взаимосвязь объемно-планировочных решений с климатическими факторами[3]. Однако, для проектирования, как мы указывали ранее, например, для Крымского региона, который включает в себя, пять климатических поясов необходимы микроклиматические данные районов, чтобы жилые дома были спроектированы не изолировано от градостроительной ситуации.

Архитектурный облик домов должен быть лаконичен, иметь различие по композиции фасадов, выражающих климатические особенности района строительства.

ВЗАИМОЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫМИ АСПЕКТАМИ УРБАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИИ ГОРОДОВ

«Города - это миры нашей планеты, города - это и далекое прошлое, и сегодняшний день, и наше будущее», так писал Чингиз Айтматов.

Новая программа по развитию городов подтверждает эти слова, ибо она рассматривает видение более устойчивого будущего, «в котором у всех есть равные права и доступ к благам и возможностям» [1].

Для выполнения данной программы необходима разработка стратегий территориального развития, в которых учитывается необходимость управление ростом городов с уделением первоочередного внимания их реконструкции на основе планомерного обеспечения доступных и хорошо связанных между собой инфраструктуры и услуг, устойчивой плотности населения и компактного проектирования новых районов и их интеграции в городскую среду для предотвращения разрастания городов и социальной изоляции. Эти вопросы особенно важны в связи с будущим развитием регионов Крыма, т.к. они имеют свои нюансы. [3,4] Крым это курортная и туристическая зона. Одна из наиболее сложных социальных и градостроительных проблем – реконструкция курортов, которая затрагивает целый комплекс вопросов, к решению которых следует подходить как к единой целевой программе.

Так, например, в Крыму реконструкция зданий и новое строительство требует новых нормативных данных с учетом климатических условий[2].

Проект жилого дома в степном континентальном районе будет иметь свои особенности по сравнению с жилым образованием в субсредиземноморском климатическом районе.

Это говорит о том, что необходимо разработать требования не только к архитектурно-планировочным решениям, но и требования к энергоэффективности зданий.

Согласно новой программе развития городов необходимо освоить и использовать возобновляемые и доступные источники энергии, а также устойчивую и энергоэффективную транспортную инфраструктуру и услуги, которые обеспечат выгоды и сокращение финансовых и природоохранных затрат.

Сокращения издержек за счет перехода на возобновляемые источники энергии, даст городам и другим населенным пунктам эффективный инструмент снижения затрат на энергосбережение. Очень интересным предложением в Новой программе, о которой рассказано выше является концепция «умного» города, которая обеспечивает использование возможностей инфровизации, экологически чистой энергии и технологий[1].

В России разработан уникальный проект и началось его осуществление крипто-климатического чудо-города во льдах Арктики для военных и ученых.

Территория строительства находится примерно в 1,5 тысячи километров от Северного полюса.

Этот проект был представлен на сентябрьском международном арктическом форуме в

Архангельске, организованном русским географическим обществом, где выступал президент России В.В. Путин, подтвердивший амбициозные планы завоеваний Арктики.

Город будет представлять собой что-то вроде кокона класса люкс.

Огромный купол, который способен защитить от внешних низких температур, перекроет территорию 1,5 километра в длину и 800 м, в ширину.

Под этим куполом разместятся дома, научные лаборатории, парки и аттракционы, аквапарк, отели и храм, школы детские сады, зоны отдыха, больницы и спортивные сооружения.

Электричество будет вырабатывать плавучая атомная станция.

Город будет на полном самообеспечении: фермы по разведению рыбы и домашней птицы, теплицы и зерновые фабрики, два завода по переработке отходов.

По словам архитектора этого проекта Валерия Ржевского, разработанный им город в принципе может существовать на любой поверхности, при необходимости даже на лунной.

Город будет снабжен особой регулируемой климатической системой, которую создадут с использованием космических и других передовых технологий.

Важно чтобы мировое сообщество архитекторов и строителей активно способствовало системному продвижению «умных» зданий и вместе с тем в будущем «умных» городов.

Следует также отметить, что «умные» здания сберегают энергию на протяжении полного цикла своей жизни.

Новая программа устойчивого городского развития и жилищного строительства ставит в центр стратегии жилье и потребности людей, отдавая приоритет проектам застройки с хорошим расположением и равномерным распределением с тем, чтобы избежать периферийной и изолированной массовой застройки от городских систем[5].

При разработке приоритетных планов стратегии развития городов необходимо, также, включать вопросы культурного наследия, которые должны быть отражены в генеральных планах, принципах зонирования, строительных нормах и правилах, при решении вопросов застройки и реконструкции прибрежных районов, что особенно касается Крыма.

Это нужно для того, чтобы защитить материальное и нематериальное культурное наследие и ландшафт от возможных разрушительных последствий городского развития.

ВЫВОДЫ

1. Для внедрения Новой программы развития городов в жизнь необходимо оказывать поддержку научной деятельности, исследованиям и инновациям, в том числе с акцентом на

социальные, технологические, цифровые и основанные на природных факторах инновации, взаимодействию городского территориального планирования, включая сбор, анализ, стандартизацию и основанные на географическом положении данные.

2. Новая программа развития городов требует разработки стратегий территориального развития, в которых должна учитываться необходимость управления ростом городов с уделением первоочередного внимания их реконструкции с учетом специфических условий создания жилища для различных городов России: социальных, демографических, экономических, климатических, категорий комфорта, этажности для создания нового поколения жилых «умных» зданий.

3. Прибрежные районы способствует жизнедеятельности городов и других населенных пунктов. В этих районах также необходима реконструкция курортных комплексов и жилых «островов», нормативные требования для которой должны быть классифицированы и иметь практические рекомендации в области курортного строительства.

4. Все то, что строиться и реконструируется сегодня успешно должно служить людям и в будущем, чтобы оно полноценно входило в ткань города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новая программа развития городов. НАВИТАТ III. Кито, Эквадор, 2016. Конференция Организации Объединенных Наций по жилью и устойчивому городскому развитию.

2. Казьмина А.И., Корой Е.И. Энергетический потенциал климата района строительства и условия для саморегулирования теплового режима территории В сборнике: НОВАЯ НАУКА: ИСТОРИЯ СТАНОВЛЕНИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ сборник статей Международной научно-практической конференции. 2017. С. 169-174.

3. Казьмина А.И., Корой Е.И. Методы архитектурно – строительных решений и тепловая эффективность зданий в сборнике: Современные концепции развития науки Сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор Сукиасян Асатур Альбертович. 2017. С. 180-188.

4. Казьмина А.И., Корой Е.И. Взаимосвязь предпроектных исследований и характера комплексной реконструкции жилых зданий Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Т. 1. № -4. С. 32-39.

5. Развитие города 2005. Сб. Науч. Тр. / Под редакцией профессора Киевского Л.В. – М.: АРГУС, 234.

6. Портал-Энерго // Степаненко В.А. Крым может стать примером для опережающего развития

России <http://portal-energo.ru/articles/details/id/808> (Дата обращения 20.01.2016).

7. Вайсман А.А. Градостроительство и ветер / А. А. Вайсман СПб.: Издательство Буховского, 2000.

8. Рекомендации по описанию климата большого города. Часть IV. Показатели теплового состояния человека и характеристика биоклимата городской среды. Подготовил Б.А. Айзенштат. -Л., 1978.-66с.

9. Куликов Г., Казмина А., 2011. Основные принципы и приемы формирования энергоэффективных зданий.// Сб. науч. тр. НАПКС. - №38, 110 - 115.

10. Табунщиков Ю. А. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы: дис... д-ра тех. Наук: - М., 1983г.

REFERENCES

1. New urban development program. HABITAT III. Quito, Ecuador, 2016. United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development.

2. Kazmina A.I., Koroy E.I. The energy potential of the climate of the construction area and the conditions for self-regulation of the thermal regime of the territory

In the collection: NEW SCIENCE: THE HISTORY OF FORMATION, MODERN CONDITION, PROSPECTS OF DEVELOPMENT, a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. 2017. pp. 169-174.

3. Kazmina A.I., Koroy E.I. Methods of architectural and construction solutions and thermal efficiency of buildings in the collection: Modern concepts of the development of science. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference. Executive editor Sukiasyan Asatur Albertovich. 2017. pp. 180-188.

4. Kazmina A.I., Koroy E.I. Interconnection of pre-project studies and the nature of complex reconstruction of residential buildings Bulletin of science and education of the North-West of Russia. 2015. T. 1. № -4. Pp. 32-39.

5. City Development 2005. Sat. Scientific Tr. / Edited by Professor L. LV Kiev. - M.: ARGUS, 234.

6. Portal-Energo // Stepanenko V.A. Crimea can become an example for the advanced development of Russia <http://portal-energo.ru/articles/details/id/808> (Circulation date 01/20/2016).

7. Vaisman A.A. Urban planning and the wind / A. A. Vaisman SPB.: Bukhovsky Publishing House, 2000.

8. Recommendations for describing the climate of a big city. Part IV. Indicators of human thermal state and characteristics of the urban bioclimate. Prepared by B.A. Aizenshtat. -L., 1978.-66s.

9. Kulikov G., Kazmina A., 2011. Basic principles and techniques for the formation of energy-efficient buildings. // Sat. scientific tr. NAPCS. - №38, 110 - 115.

10. Tabunshchikov, Yu.A., Fundamentals of Mathematical Modeling of the Thermal Regime of a Building as a Unified Thermal Energy System: Dis ... Dr. Tech. Sciences: - M., 1983

PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF PRINCIPLES AND STRATEGIES FOR SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT

Kazmina A., Koroi E.

Summary The article discusses some of the nuances of effective urban development, taking into account the New program adopted at the United Nations Conference, which was held in Quito, Ecuador, from 17 to 20 October 2016, on housing and sustainable urban development (habitat III).

Key words: Urbanization; housing; climate; urban development; energy saving.

УДК 551.582.3

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ РАЗЛИЧНОЙ ОРИЕНТАЦИИ ПРИ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ОБЛАЧНОСТИ

Денисова Т.В., Кравчук Н.С.

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им.В.И.Вернадского»,
295493 РК г.Симферополь, ул.Киевская, 181
e-mail: smorodina82@mail.ru
e-mail: natalya.kravchuk.2011@mail.ru

Аннотация. В работе рассчитаны суммы поступлений среднечасовой суммарной солнечной радиации при действительной облачности на вертикальные поверхности различной ориентации. Получены карты изолиний этой радиации за отопительный период для Южного и Северокавказского федеральных округов. Полученные результаты позволят определить количество солнечной энергии, поступающей через светопрозрачные конструкции, а также необходимы для расчета устройств пассивного солнечного нагрева зданий. Такими устройствами могут быть воздушные коллекторы по типу стены Тромба, оранжереи, теплицы и т.п. Карты изолиний позволяют сделать расчеты для городов, данных о которых нет в справочниках.

Методы исследования: алгоритм получения карт изолиний среднечасовой суммарной солнечной радиации включает в себя методику определения суммарной радиации при действительной облачности, описанной в СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий, расчет данных по отопительному периоду для городов в программе AutoCAD, получение карт изолиний с помощью программного пакета SURFER.

Ключевые слова: солнечная радиация, карты изолиний, пассивный солнечный нагрев, отопительный период.

ВВЕДЕНИЕ

Солнечная радиация является главным климатообразующим фактором и практически единственным источником энергии для всех физических процессов, происходящих на земной поверхности и в ее атмосфере. В строительстве и архитектуре солнечная радиация является важнейшим параметром среды. От нее зависит ориентация зданий, их конструктивные, объемно-планировочные, колористические, пластические решения и многие другие особенности. Данные о солнечной радиации, падающей на различно ориентированные по сторонам света вертикальные поверхности, являются необходимыми для определения расхода тепловой энергии на отопление здания.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ статистических данных поступлений солнечной радиации представлен в литературе различными моделями. В работе [8] построены карты изолиний ежемесячных среднечасовых значений прямого облучения на горизонтальную поверхность для 4 городов Испании (на рис.1 показаны Мадрид и Сантандер), лежащих в разных климатических зонах. Июль был признан месяцем с максимальным значением прямого облучения - около 750 Вт/м^2 в полдень. Годовой ход солнечной радиации позволяет судить о режимах работы гелиоустановок в течение года и общей энергообеспеченности потребителей.

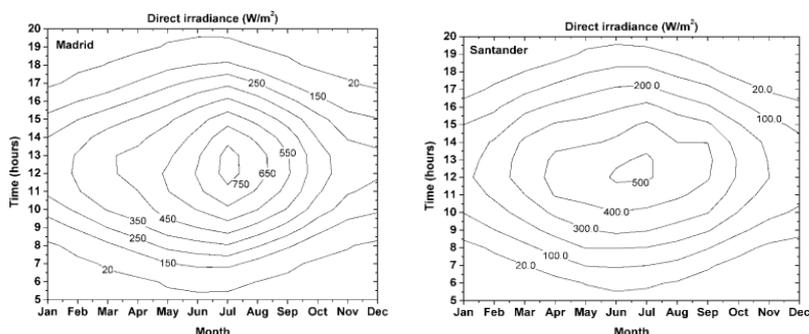


Рис. 1. Изолинии ежемесячных среднечасовых значений прямого облучения на горизонтальную поверхность для Мадрида и Сантандера за 2002-2012г.г.

Fig. 1. Isolines diagrams of monthly mean hourly direct irradiance values for the period 2002-2012

В работе [9] был проведен анализ метеорологических данных для Аргентины. Рассматривались такие показатели, как ежедневное количество солнечных часов и одновременно солнечное облучение. Данные были интерполированы методом Кригинга и получены

изолинии радиации на горизонтальную поверхность для каждого месяца. Результаты, полученные для января и июля показаны на рис.2. Отмечается зависимость солнечного облучения и рельефа местности.

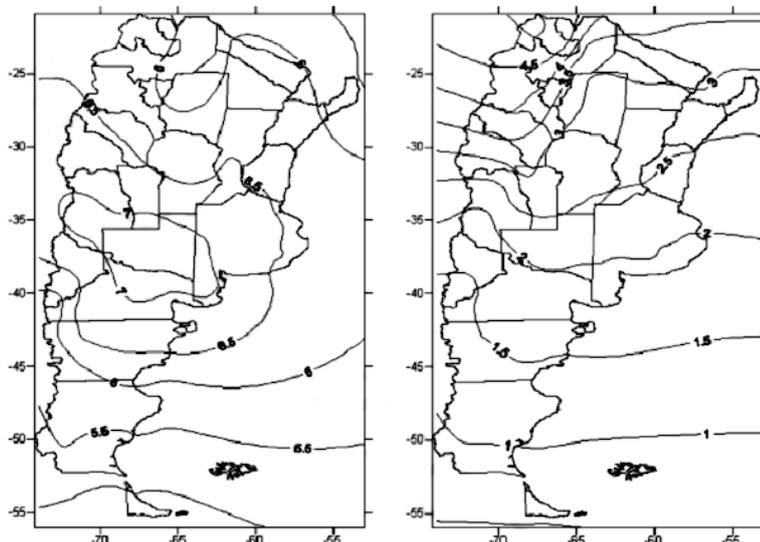


Рис. 2. Пространственное распределение среднего значения дневного глобального солнечного облучения ($\text{kW} \cdot \text{ч} / \text{m}^2$) в Аргентине за январь (слева) и июль (справа). В x- и y-осях представлены западная долгота и южная широта, выраженная в градусах, соответственно.

Fig.2. Spatial distribution of the mean value of daily global solar irradiation ($\text{kW} \cdot \text{h} / \text{m}^2$) in Argentina for January (left) and July (right). In the x- and y-axes are represented West longitude and South latitude expressed in degrees, respectively.

В работе [10] по такому же принципу были построены карты изолиний солнечной радиации на горизонтальную поверхность для Бразилии. Делается акцент на важности такого исследования в связи со значительным увеличением в последние годы на севере Бразилии числа систем электрификации сельских районов, используемых для освещения или перекачки воды. Это требует

совершенствования процессов проектирования в целях уменьшения капитальных затрат на единицу вырабатываемой энергии.

В работе [11] получены карты изолиний ежемесячной солнечной радиации на горизонтальную поверхность для Ганы. Результат показал, наибольшая радиация получена в сухой сезон (январь, ноябрь) на севере страны.

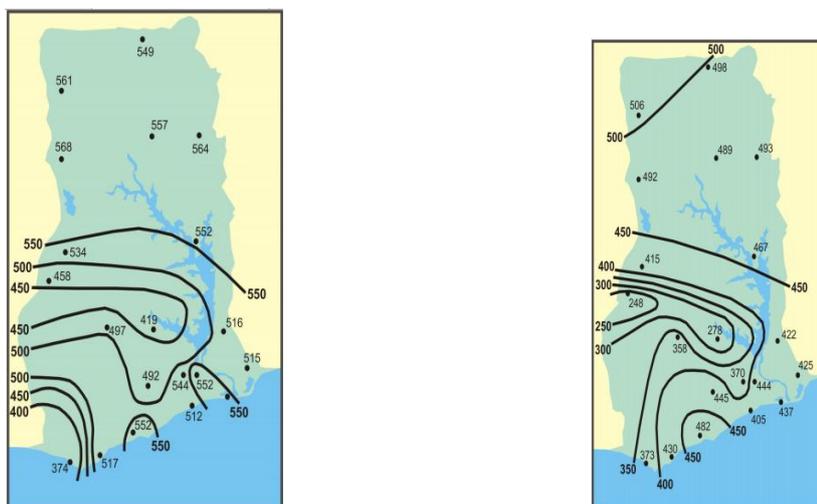


Рис.3. Изолинии суммарной радиации для Ганы в январе (слева) и ноябре (справа), $\text{Вт} / \text{м}^2$

Fig.3. January (left) and November (right).) Isolines of global irradiation (W / m^2)

Также в [4] были получены карты изолиний градусосуток отопительного периода для всей территории Российской Федерации, которая может быть использована при выборе материалов ограждающих конструкций при проектировании энергоэффективных зданий. В работе [6] была представлена карта поступлений солнечной радиации за отопительный период на южный вертикальный фасад для юга России.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЙ

Как показал анализ предыдущих исследований, в основном все данные по радиации сводились к получению карт изолиний во-первых, на горизонтальную поверхность, во-вторых при ясном небе. Однако, при проектировании зданий не менее важно знать данные о радиации на вертикальную поверхность. Поэтому, целью настоящей работы является получение карт изолиний суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность для разных ориентаций при действительных условиях облачности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В справочниках по климату [1] даны величины суммарной солнечной радиации только на горизонтальную поверхность и величины суммарной радиации и только при ясном небе. Расчет суммарной солнечной радиации при действительных условиях облачности будем вести по методике, предложенной в [2]. Для этого необходимо определить по научно-прикладному справочнику по климату следующие показатели: прямой (S_i^{hor}) и рассеянной (D_i^{hor}) солнечной радиации на горизонтальную поверхность при действительных условиях облачности; суммарную радиацию (Q_i^{hor}) и альbedo деятельной поверхности (A_i^{cal}). Также из свода правил [2] требуется определить коэффициент (k_{ij}) пересчета прямой солнечной радиации с горизонтальной поверхности на вертикальную. Суммы радиации в справочнике по климату представлены в мегаджоулях на квадратный метр (МДж/м²). Для наших расчетов возьмем из [1] данные для некоторых городов Российской Федерации, и для корректного отображения карты изолиний потребуются данные для городов близлежащих государств Азербайджана и Украины (табл.1).

Таблица 1. Координаты долготы и широты выбранных для расчета городов

Table 1. Coordinates of longitude and latitude of cities selected for calculation

Город	Долгота	Широта
Астрахань	48,06	46,36
Баку (Артем Остров)	49,87	40,41
Волгоград	44,51	48,71
Воронеж	39,21	51,68
Геническ (Аскания Нова)	34,80	46,18
Киев (Борисполь)	30,52	50,45
Кишинев	28,86	47,01
Краснодар	38,97	45,04
Махачкала	47,50	42,90
Одесса	30,72	46,48
Полтава	34,55	49,58
Пятигорск	43,05	44,04
Сочи	39,73	43,60
Херсон	32,61	46,64
Ялта (Никитский сад)	34,16	44,49

По формуле (1) вычисляем показатель прямой солнечной радиации на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности для каждого из восьми направлений (восток, юго-восток т.д.), МДж/м²:

$$S_i^{ver} = S_i^{hor} \times k_{ij} \quad (1)$$

По формуле (2) вычисляем показатель рассеянной солнечной радиации на вертикальную поверхность для каждого из восьми направлений, МДж/м²:

$$D_i^{ver} = \frac{D_i^{hor}}{2} \quad (2)$$

Геометрическая модель солнечной радиации на вертикальную поверхность различной ориентации при действительных условиях облачности

Затем рассчитываем отраженную солнечную радиацию на вертикальную поверхность, $МДж/м^2$:

$$R_i^{ver} = \frac{Q_i^{hor} \times A_i^{cal}}{200} \quad (3)$$

Суммарная (прямая, рассеянная и отраженная) солнечная радиация на вертикальную

поверхность Q_i^{ver} , $МДж/м^2$, при действительных условиях облачности определяется по формуле:

$$Q_i^{ver} = S_i^{ver} + D_i^{ver} + R_i^{ver} \quad (4)$$

Затем рассчитываем значения радиации для всех выбранных городов. В таблице 2 показан расчет для г.Ялта.

Таблица 2. Годовые значения солнечной радиации на вертикальную поверхность для каждого из восьми направлений для г.Ялта

Table 2. Annual values of solar radiation on a vertical surface for each of the eight directions for the city of Yalta

Месяц	Расчетные характеристики солнечной радиации для определения количества суммарной солнечной радиации на вертикальную поверхность при действительных условиях облачности, г.Ялта (Никитский сад), 34.16° в.д., 44.49° с.ш.																													
	S_i^{hor} , МДж/м ²	K_{ij}								S_{ij}^{ver} , МДж/м ²								D_i^{hor} , МДж/м ²	D_i^{ver} , МДж/м ²	Q_i^{hor} , МДж/м ²	A_i^{cal} , %	R_i^{ver} , МДж/м ²	Q_i^{ver} , МДж/м ²							
		С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ						С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	53	0,02	0,02	0,52	1,70	2,50	1,80	0,62	0,02	1,1	1,1	27,6	90,1	132,5	95,4	32,9	1,1	74	37	127	27	17,15	55	55	82	144	187	150	87	55
Февраль	74	0,05	0,06	0,44	1,20	1,70	1,30	0,56	0,06	3,7	4,4	32,6	88,8	125,8	96,2	41,4	4,4	104	52	178	25	22,25	78	79	107	163	200	170	116	79
Март	166	0,08	0,12	0,42	0,85	1,03	0,90	0,52	0,13	13,3	19,9	69,7	141,1	171,0	149,4	86,3	21,6	176	88	342	20	34,20	135	142	192	263	293	272	209	144
Апрель	254	0,07	0,20	0,47	0,62	0,60	0,59	0,43	0,18	17,8	50,8	119,4	157,5	152,4	149,9	109,2	45,7	227	114	481	20	48,10	179	212	281	319	314	311	271	207
Май	332	0,02	0,23	0,42	0,45	0,33	0,45	0,38	0,22	6,6	76,4	139,4	149,4	109,6	149,4	126,2	73,0	269	135	601	20	60,10	201	271	334	344	304	344	321	268
Июнь	450		0,27	0,42	0,37	0,24	0,38	0,36	0,23	0,0	121,5	189,0	166,5	108,0	171,0	162,0	103,5	258	129	708	19	67,26	196	318	385	363	304	367	358	300
Июль	481		0,25	0,44	0,40	0,28	0,40	0,40	0,23	0,0	120,3	211,6	192,4	134,7	192,4	192,4	110,6	259	130	739	19	70,21	200	320	411	392	334	392	392	310
Август	426		0,21	0,43	0,52	0,47	0,52	0,42	0,21	0,0	89,5	183,2	221,5	200,2	221,5	178,9	89,5	225	113	651	19	61,85	174	264	358	396	375	396	353	264
Сентябрь	297		0,16	0,48	0,75	0,80	0,75	0,45	0,15	0,0	47,5	142,6	222,8	237,6	222,8	133,7	44,6	177	89	474	20	47,40	136	183	278	359	374	359	270	180
Октябрь	179		0,09	0,52	1,08	1,45	1,07	0,48	0,08	0,0	16,1	93,1	193,3	259,6	191,5	85,9	14,3	142	71	321	21	33,71	105	121	198	298	364	296	191	119
Ноябрь	77		0,04	0,54	1,55	2,20	1,60	0,54	0,04	0,0	3,1	41,6	119,4	169,4	123,2	41,6	3,1	88	44	164	21	17,22	61	64	103	181	231	184	103	64
Декабрь	45		0,01	0,50	1,90	2,80	1,90	0,54	0,01	0,0	0,5	22,5	85,5	126,0	85,5	24,3	0,5	63	32	107	22	11,77	43	44	66	129	169	129	68	44
Год	2834																						1565	2073	2794	3350	3449	3370	2737	2034

Выбрав значения, например, для юго-западного фасада (для Ялты 3370 $МДж/м^2$), получим карту изолиний:

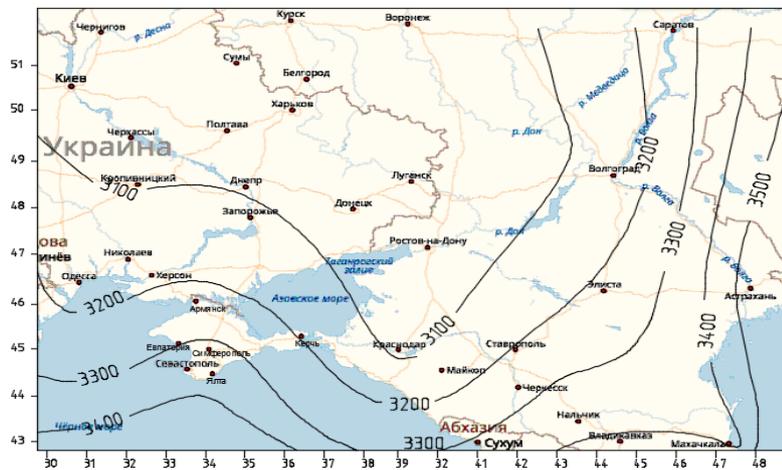


Рис.4. Карта изолиний суммарной солнечной радиации, падающей на вертикальную поверхность юго-западной ориентации за год, $МДж/м^2$

Fig. 4. Solar radiation isoline map falling on the vertical surface of southwest orientation for the year, $МДж/м^2$

Для удобства в проектировании зданий и сооружений и, в частности, расчёта теплоступлений за счет устройств пассивного солнечного нагрева необходимо получить карты изолиний солнечной радиации за отопительный период.

Отопительный период - период года, когда устойчивая среднесуточная температура наружного воздуха меньше или равна +8°C.

Способ определения начала и окончания отопительного периода рассмотрим на примере г.Краснодара. Для этого выполняем построение годового хода среднемесячной температуры наружного воздуха для г.Краснодара (рис.5). Данные по температуре берем из СНиП 23-01-99 Строительная климатология (табл.3).

Таблица 3. Средняя месячная температура воздуха для г.Краснодара

Table 3. Average monthly air temperature for Krasnodar

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-1,6	-0,6	4,3	11,3	17,0	20,7	23,2	22,7	17,6	11,4	5,6	1,1

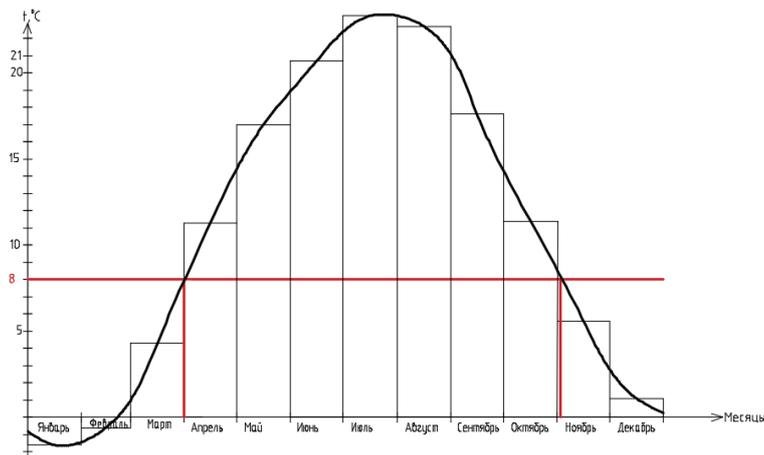


Рис.5. График годового хода температуры наружного воздуха (г. Краснодар)

Fig. 5. Graph of the annual course of outdoor temperature (Krasnodar)

После построения графика проводим прямую, равную 8°C и находим точки ее пересечения с графиком годового хода. Опустив перпендикуляры из точек пересечения на ось абсцисс определяем точные даты начала и окончания отопительного периода. Для Краснодара отопительный период с 3 ноября по 31 марта (149 дней).

Таким образом определяем продолжительность отопительного периода для исследуемых городов, если информация об этом отсутствует в [3]. Для расчета устройств

пассивного солнечного нагрева солнечную радиацию удобно перевести в kВт/м^2 . Это можно сделать, разделив часовую сумму, выраженную в МДж/м^2 , на 3,6. Для определения среднечасовой суммарной солнечной радиации за отопительный период необходимо суммарную радиацию за отопительный период разделить на число дней отопительного периода и затем полученный результат разделить на 24ч и переведем в Вт/м^2 . Получим следующие значения (табл.4 и табл.5):

Таблица 4. Суммарная солнечная радиация за отопительный период для восьми направлений и продолжительность отопительного периода (kВт/м^2)

Table 4. Solar radiation for the heating period for eight directions and Duration of the heating period (kW / m^2)

№	Город	Ю	ЮЗ	З	ЮВ	В	СВ	С	СЗ	Продолжит. отопит периода, дн.
1	Сочи	206	170	106	164	106	68	66	68	92
2	Ялта-Никитский сад	229	193	127	188	128	84	82	85	119
3	Махачкала	282	240	171	236	171	127	124	127	148
4	Краснодар	274	217	157	226	157	108	105	108	149
5	Астрахань	387	328	218	320	219	142	135	142	167
6	Одесса	260	223	155	218	156	108	104	108	158
7	Геническ-Аскания Нова	288	250	178	244	179	128	123	128	161

8	Херсон	286	248	176	243	177	125	120	124	163
9	Волгоград	336	296	216	291	219	159	152	159	177
10	Киев-Борисполь	306	266	187	259	187	136	131	136	176
11	Полтава	327	277	184	270	183	127	123	127	177
12	Пятигорск	391	334	233	328	235	169	163	169	175

Таблица 5. Среднечасовая суммарная солнечная радиация за отопительный период для восьми направлений (Вт/м²)

Table 5. Average hourly total solar radiation over the heating period for eight directions (W / m²)

№	Город	Ю	ЮЗ	З	ЮВ	В	СВ	С	СЗ
1	Сочи	93	77	48	74	48	31	30	31
2	Ялта-Никитский сад	80	68	44	66	45	29	29	30
3	Махачкала	79	68	48	66	48	36	35	36
4	Краснодар	77	61	44	63	44	30	29	30
5	Астрахань	96	82	54	80	55	35	34	35
6	Одесса	69	59	41	58	41	28	27	28
7	Геническ-Аскания Нова	75	65	46	63	46	33	32	33
8	Херсон	73	63	45	62	45	32	31	32
9	Волгоград	79	70	51	68	51	37	36	37
10	Киев-Борисполь	72	63	44	61	44	32	31	32
11	Полтава	77	65	43	63	43	30	29	30
12	Пятигорск	93	80	55	78	56	40	39	40

Далее представлены карты изолиний среднечасовой суммарной солнечной радиации в отопительный период на вертикальные поверхности при действительной облачности для Южного и Северо-Кавказского федеральных округов (рис.6-9):

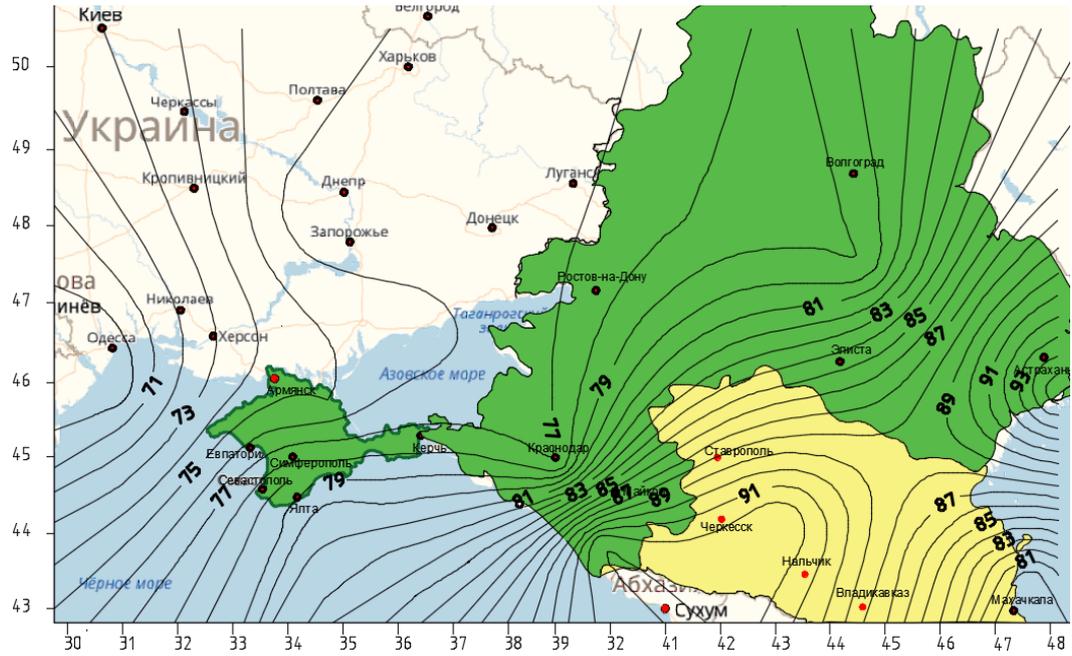


Рис.6. Карта изолиний среднечасовой суммарной солнечной радиации для южного фасада в отопительный период, Вт/м²

Fig. 6. Solar radiation isolines map of average hourly total for the south facade for the heating period, w/m²

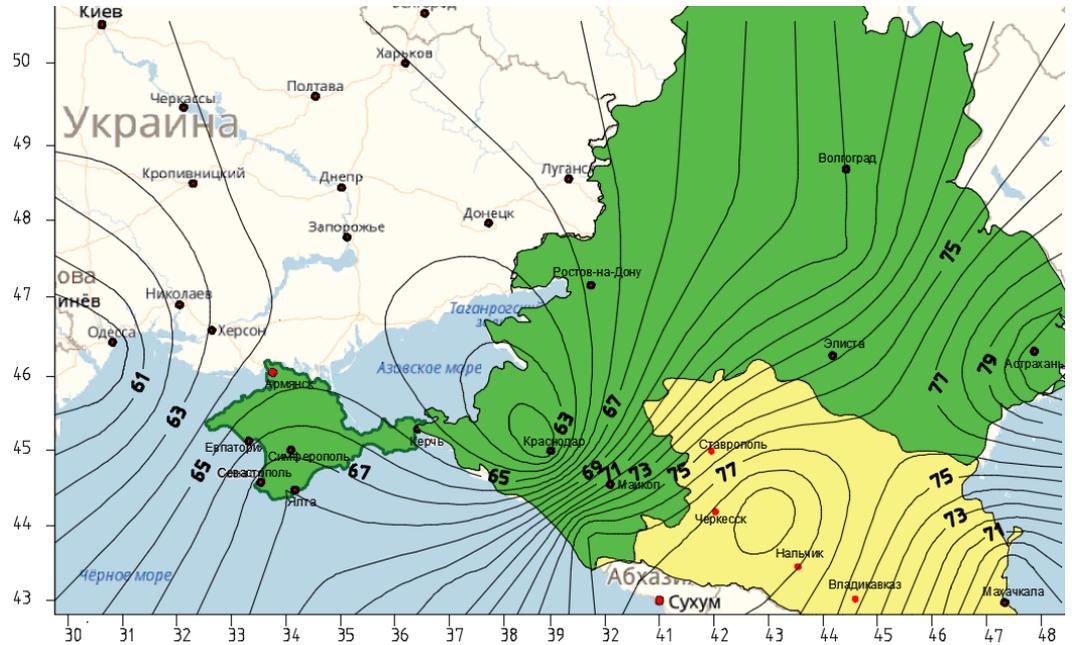


Рис.7. Карта изолиний среднечасовой суммарной солнечной радиации для юго-западного фасада в отопительный период, Вт/м²

Fig. 7. Solar radiation isolines map of average hourly total for the south-west facade for the heating period, W/m²

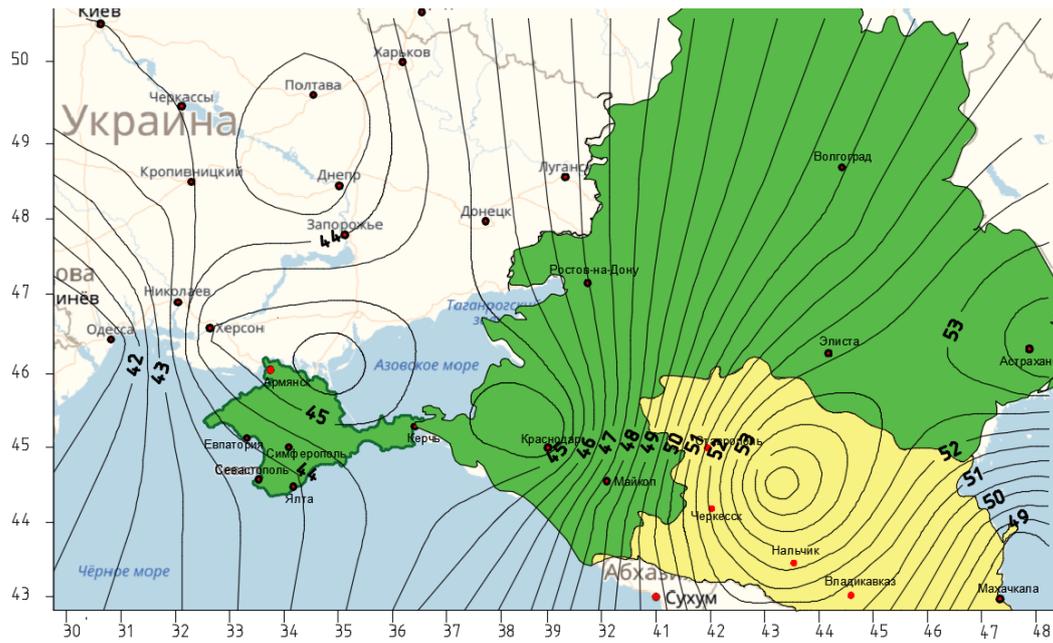


Рис.8. Карта изолиний изолиний среднечасовой суммарной солнечной радиации для западного фасада в отопительный период, Вт/м²

Fig. 8. Solar radiation isoline map of average hourly total for the western facade for the heating period, W/m²

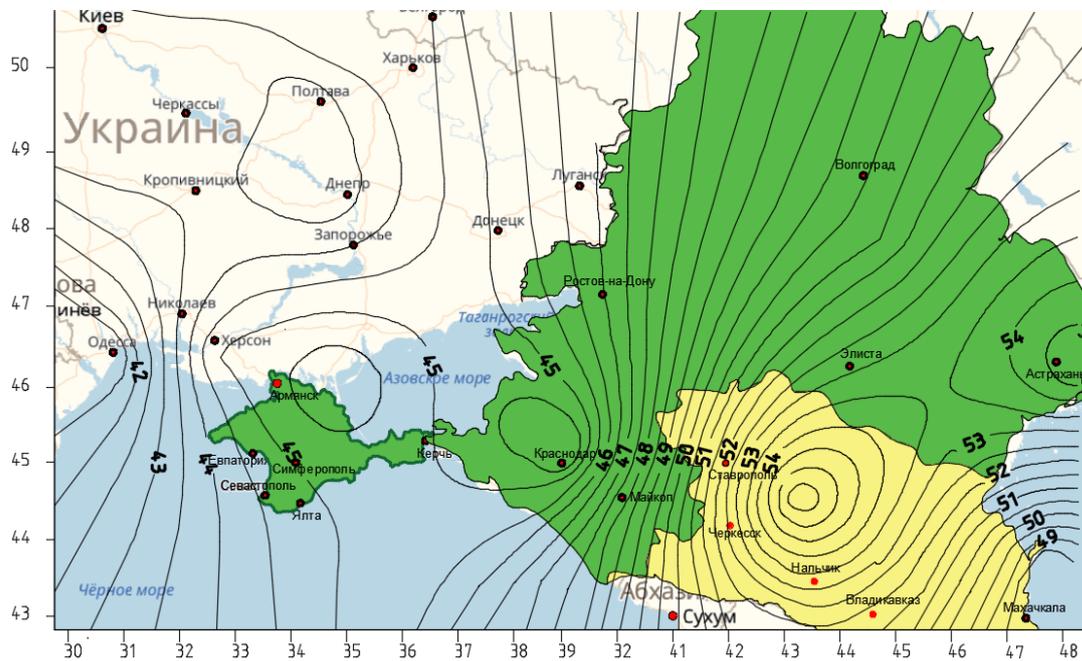


Рис.9. Карта изолиний изолиний среднечасовой суммарной солнечной радиации для восточного фасада в отопительный период, Вт/м²

Fig. 9. Solar radiation isoline map of average hourly total for the eastern facade for the heating period, W/m²

Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность является одной из составляющих для определения тепловых поступлений в здание. Для определения теплопоступлений через стеклопакет используем известные методики расчёта из СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

Как известно, теплопоступления при южной ориентации светопроёма превышают таковые для других ориентаций, поэтому в дальнейшем рассматривается южная ориентация светопроёма.

Рассчитаем среднечасовые солнечные теплопоступления $Q_{пост}$ в отопительный период через окно (принимая в качестве примера двойное остекление из обычного стекла в отдельных переплетах) площадью 6 м^2 для таких городов, как Тихорецк и Ялта.

$$Q_{пост} = Q_{юж}^{от.пер.} \times A_{ок} \times \tau_1 \times \tau_2, \quad (5)$$

где $Q_{юж}^{от.пер.}$ - среднечасовая суммарная солнечная радиация ($\text{Вт}/\text{м}^2$) на южный фасад в отопительный период, которая определяется по карте изолиний (рис.6),

$A_{ок}$ - площадь светопроёма южного фасада;

τ_1 - коэффициент затенения непрозрачными элементами;

τ_2 - коэффициент относительного пропускания солнечной энергии, τ_1 и τ_2 выбираем из свода правил [2], приложение Л).

Суммарная радиация за весь отопительный период равна

$$Q_{пост}^{от.пер.} = Q_{юж}^{от.пер.} \times A_{ок} \times \tau_1 \times \tau_2 \times N \times 24, \quad (6)$$

где N - число дней отопительного периода.

Для Ялты :

$$Q_{пост}^{от.пер.} = 80 \times 6 \times 0,65 \times 0,62 \times 119 \times 24ч \\ = 553,7\text{кВт} / \text{м}^2$$

Для Тихорецка ($45,8^\circ$ с.ш., $40,1^\circ$ в.д.) по карте изолиний (рис.6) определяем, что среднечасовая суммарная радиация на южный фасад равна $80 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Следовательно, суммарная радиация за отопительный период

$$Q_{пост}^{от.пер.} = 80 \times 6 \times 0,65 \times 0,62 \times 158 \times 24ч \\ = 733,5\text{кВт} / \text{м}^2$$

Эти расчеты позволяют подобрать на этапе проектирования в любом городе Южного и Северо-Кавказских федеральных округов наиболее эффективный вид заполнения стеклопроема для обеспечения наилучшего энергосбережения.

ВЫВОДЫ

В результате проделанной работы были получены данные об интенсивности суммарной солнечной радиации при действительной облачности (в каждый из месяцев и за год), падающей на различно ориентированные вертикальные поверхности для юга России. В ходе исследования были разработаны карты изолиний среднечасовой суммарной солнечной радиации за отопительный период, так как именно для него важно знать, какое количество энергии можно получить за счет солнечных теплопоступлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6, вып.1-34. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1989-1998
2. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. Свод правил по проектированию и строительству.
3. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1983. 136с.
4. Дворецкий А.Т., Денисова Т.В., Клевец К.Н. Карта изолиний градусо-суток отопительного периода для территории Российской Федерации// «Строительство и техногенная безопасность» №4(56), Симферополь, 2016. С. 14-18.
5. Дворецкий А.Т. Влияние солнечной радиации на продолжительность отопительного периода и периода охлаждения зданий в Крыму/ «Биосферная совместимость: человек, регион, технологии». №3(7), Курск, 2014. С 74-81
6. Дворецкий А.Т., Клевец К.Н., Моргунова М.А., Денисова Т.В. Применение пассивного солнечного нагрева и охлаждения зданий в энергоэффективном строительстве //ЭНЕРГО- И РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ Сборник докладов III Всероссийской научной конференции с международным участием. 2017. С. 57-61.
7. Дворецкий А.Т., Клевец К.Н. Избыток тепловой энергии в системах пассивного солнечного нагрева зданий // Строительство и реконструкция №5(67) 2016. С.84-91

8. Ana Perez-Burgoss, Julia Bilbao, Argimiro de Miguel, Roberto Román ANALYSIS OF SOLAR DIRECT IRRADIANCE IN SPAIN //Energy Procedia 57 (2014) 1070 – 1076

9. R. Righini, H. Grossi Gallegos, C. Raichijk Approach to drawing new global solar irradiation contour maps for Argentina// Renewable Energy 2004

10. Tiba C. Solar radiation in the Brazilian Northeast. Renew Energy 2001; 22:565–78

11. Frank S. Arku The modelled solar radiation pattern of Ghana: Its prospects for alternative energy source // Journal of African Studies and Development Vol. 3(3), pp. 45-64, March 2011

12. Akram A.ZuhairyA.A.M.SayighSimulation and modeling of solar radiation in Saudi Arabia //RENEWABLE ENERGY 1995; 6(2): 107-118

13. TALMATAMAR T., ALHABOBI M., SFAXI Y., AWANTO C. ANALYSIS OF SOLAR RADIATION FOR SUNLIT GLASS SHADED BY VERTICAL ADJUSTABLE FLAT SLATS ///RENEWABLE ENERGY 1995; 6(7): 663-671

14. R. Layi Fagbenle Solar irradiation isolines for rapid design of solar systems in Nigeria //International Energy Journal: Vol.14, 1992

5. Dvoretzkiy A.T. Vliyaniye solnechnoy radiatsii na prodolzhitel'nost' otopitel'nogo perioda i perioda okhlazhdeniya v Krymu / «Biosfer'naya sovmestimost': chelovek, region, tekhnologii». №3 (7), Kursk, 2014. S 74-81

6. Dvoretzkiy A.T., Klevets K.N., Morgunova M.A., Denisova T.V. Primeneniye passivnogo solnechnogo otopleniya i okhlazhdeniya zdaniy v energoeffektivnom stroitel'stve // ENERGO- I RESURSOEFFEKTIVNOST' MALOETAZHNYKH ZHILYKH ZDANIY Sbornik dokladov III Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. 2017. S. 57-61.

7. Dvoretzkiy A.T., Klevets K.N. Izbytok teplovoy energii v sistemakh passivnogo solnechnogo nagreva zdaniy // Stroitel'stvo i rekonstruktsiya №5 (67) 2016. S.84-91

8. Ana Perez-Burgoss, Julia Bilbao, Argimiro de Miguel, Roberto Román ANALYSIS OF SOLAR DIRECT IRRADIANCE IN SPAIN //Energy Procedia 57 (2014) 1070 – 1076

9. R. Righini, H. Grossi Gallegos, C. Raichijk Approach to drawing new global solar irradiation contour maps for Argentina// Renewable Energy 2004

10. Tiba C. Solar radiation in the Brazilian Northeast. Renew Energy 2001; 22:565–78

11. Frank S. Arku The modelled solar radiation pattern of Ghana: Its prospects for alternative energy source // Journal of African Studies and Development Vol. 3(3), pp. 45-64, March 2011

12. Akram A.ZuhairyA.A.M.SayighSimulation and modeling of solar radiation in Saudi Arabia //RENEWABLE ENERGY 1995; 6(2): 107-118

13. TALMATAMAR T., ALHABOBI M., SFAXI Y., AWANTO C. ANALYSIS OF SOLAR RADIATION FOR SUNLIT GLASS SHADED BY VERTICAL ADJUSTABLE FLAT SLATS ///RENEWABLE ENERGY 1995; 6(7): 663-671

14. R. Layi Fagbenle Solar irradiation isolines for rapid design of solar systems in Nigeria //International Energy Journal: Vol.14, 1992

REFERENCES

1. Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Seriya 3. Mnogoletniye dannyye. Chasti 1-6, vyp.1-34. - Leningrad: Gidrometeoizdat, 1989-1998

2. SP 23-101-2004 Proyektirovaniye teplovoy zashchity zdaniy. Svod pravil po proyektirovaniyu i stroitel'stvu.

3. SNiP 2.01.01-82. Stroitel'naya klimatologiya i geofizika. Gosstroy SSSR. M. : Stroyizdat, 1983. 136s.

4. Dvoretzkiy A.T., Denisova T.V., Klevets K.N. «Izol'yatsiya i tekhnika» №4 (56), Simferopol', 2016. S. 14-18.

CONSTRUCTION OF ISOLINES OF SOLAR RADIATION ON A VERTICAL SURFACE UNDER REALLY CLOUD CONDITIONS

Denisova T.V., Kravchuk N.S.

Summary: The paper calculates the sum of the arrivals of the average hourly total solar radiation with actual clouds on the vertical surfaces of different orientations. The contour maps of this radiation were obtained for the heating period for the Southern and North Caucasian federal districts. The obtained results will allow to determine the amount of solar energy flowing through translucent structures, as well as are necessary to calculate the devices for passive solar heating of buildings. Such devices can be air collectors like a Trombus wall, greenhouse, greenhouse, etc. The contour maps allow you to make calculations for cities that are not listed in reference books.

Materials and methods: the algorithm for obtaining contour maps of average hourly total solar radiation includes a method for determining total radiation with actual clouds described in SP 23-101-2004 Designing thermal protection of buildings, calculating heating period data for cities using AutoCAD, obtaining contour maps with using the software package SURFER.

Key words: solar radiation, solar radiation isoline map, passive solar heating, heating period

УДК 72.035

ИСТОРИЧЕСКАЯ ЗАСТРОЙКА В СОВРЕМЕННОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ (НА ПРИМЕРЕ Г. КИРОВА) КОМПЛЕКСНОЕ РАЗВИТИЕ ТЕРРИТОРИЙ

Елькина О.В.

*ФГБОУВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»,**г.Нижний-Новгород, ул.Ильинская, д.65, olja13.1989@mail.ru*

Аннотация. В исследовании осуществлен анализ методик и теорий сохранения историко-архитектурного наследия в современном градостроительстве, выполнена апробация методики, принятой за основу, на примере одного квартала, расположенного в историко-архитектурном ядре города Кирова. Проведённая апробация методики доказывает эффективность выбранного метода и даёт возможность его масштабного применения не только в г.Кирове, но и других городах.

Предмет исследования: взаимодействие исторически сложившейся архитектурной среды и современной застройки.

Материалы и методы: библиографические и градостроительные исследования. Использован метод бесконфликтной реновации исторически сложившегося квартала (комплексного развития территории).

Результаты: дан анализ планировочных решений квартала в исторической застройке города Кирова, осуществлена апробация теории комплексного развития застроенных территорий, которая обеспечивает сохранение памятников историко-архитектурного наследия и способствует устойчивому развитию территории квартала.

Выводы: применяемая теория комплексного развитие застроенных территорий в практических работах обеспечивает сохранение памятников историко-архитектурного наследия и способствует устойчивому развитию территорий. Рекомендуется применить подход комплексного развития территорий на зарезервированных землях под перспективное строительство, на территориях, сменивших функциональное назначение (бывших производственных и коммунальных зон, зонсельскохозяйственного назначения, специального).

Ключевые слова: историко-архитектурное наследие, комплексное развитие территорий.

ВВЕДЕНИЕ

Реконструкция и сохранение исторической застройки было актуально во все времена. В менталитете народа заложено сохранение памяти о «корнях», истории, развитии, месте, культуре, искусстве, быте. В связи с активным постиндустриальным развитием городов, с огромным количеством реализуемых государственных программ (развитие и реорганизация территорий, обеспечение жильём молодых семей, строительство детских дошкольных и общеобразовательных учреждений, переселение из ветхого жилья и т.д) особо остро встал вопрос сохранения историко-архитектурного наследия городов и возможности реализации правительственных программ, затрагивающих градостроительство, без причинения историко-архитектурного вандализма в историческом ядре.

Сложность реализации современной градостроительной политики выявляется в городах с исторически сложившимся архитектурным ядром в тех случаях, когда: действующий генеральный план отстаёт от современных потребностей человека и направленности развития определённых сфер города; исторический культурный центр должен выполнять все функции для

комфортабельного проживания с соответствующими социальным обеспечением, но исторически сложившаяся планировочная структура города ограничивает возможности для размещения необходимых социальных объектов и объектов инфраструктуры; в новом строительстве преобладают сооружения, существенно отличающиеся от исторической застройки по габаритам зданий, по принципам соединения их в градостроительные комплексы, по материалам и технологии возведения, что вызывает диссонанс застройки старого и нового. В связи с этим, в настоящее время, вопрос комплексного развития территорий как с ранее сложившейся исторической застройкой, так и с перспективным строительством стоит очень остро.

Цель исследования состоит в том, чтобы сохранить историко-архитектурное наследие города Кирова, исторический облик города, уникальный ландшафт и в то же время развивать территории с новым строительством, отвечающим современным потребностям жителей города.

Основной задачей исследования является выполнение на примере одного квартала города Кирова апробацию метода комплексного развития застроенной территории (бесконфликтной реновации исторической застройки).

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемам сохранения архитектурного наследия в современной градостроительной политике развивающегося города посвящён обширный спектр литературы, послуживший методической основой в исследовании сохранения историко-архитектурного наследия в современной градостроительной среде.

Документальная база и законодательная основа принципов взаимодействия с исторической застройкой и памятниками архитектуры была заложена Венецианской хартией, Конвенцией всемирного наследия и Вашингтонской хартией.

В качестве анализа иностранных публикаций было изучено пособие с практической деятельностью по нескольким направлениям сохранения историко-архитектурного наследия, адаптации архитектурного наследия к современным потребностям городов, использование и эксплуатация в современной городской среде [3,4,5,6]. При анализе иностранных публикаций следует отметить, что свои исследования и проектные решения они ведут совместно с окружающей застройкой, по возможности осуществляя анализ историко-архитектурного наследия всего квартала, что позволяет выполнить застройку новых сооружений гармоничной по отношению к ранее сложившейся архитектуре места.

Существует огромное количество исследований отечественных учёных по вопросам развития среды исторических городов, соотношения старого и нового в историческом городе, теории и практики сохранения культурного наследия, вопросам развития представлений об охране культурного наследия (С.А.Агеев [7], А.Ю.Беккер [8], Д.В.Брунс [9], Б.К.Ерёмин [10], В.Р.Крогиус [11], В.Я.Либсон [12], Е.С.Рождественская [13], В.Э.Стадников [14,17], А.С.Щенков [15] и др.), разработаны стандарты комплексного развития территорий разрабатываются Минстроем России и ДОМ.РУ вместе с КБ Стрелка по поручению Председателя Правительства РФ для внесения дополнений в правовую базу по формированию и преобразованию территорий жилой и многофункциональной застройки [16].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При анализе современных тенденций сохранения историко-архитектурного наследия наиболее близко к сложившейся ситуации в городе Кирове метод комплексных программ сохранения и обновления, благодаря обобщённому градостроительному анализу ситуации (историко-культурную подоснову, анализ городского ландшафта и застройки, функциональный анализ, коммуникационный анализ), сценарию обновления – описание общей направленности,

принципиальных положений и ограничений реконструкции на всей территории обновления, обоснованию экономической эффективности мероприятий, формированию поэтапного перечня участков, намеченных к реконструкции.

В работах В.Э.Стадникова [14,17] раскрывается механизм формирования исторических пространств российских регулярных городов на примере: Самары (к рассмотрению принят район наиболее коммерчески выгодный для строительства), Твери, города Орёл, Смоленска (представлены регулярные планы). Автором выведен алгоритм возможных проектных действий для реанимации жизненных процессов на территории исторического центра с учётом его масштаба и морфологии. В целях сохранения исторических пропорций квартала, а также во избежание создания инсоляционных помех соседним домовладениям и кварталам, высотность корпусов необходимо ограничивать параметрами, которые для г. Кирова должны быть прописаны в Региональных нормативах градостроительного проектирования по Кировской области, Правилах землепользования и застройки города Кирова.

Методика В.Э.Стадникова позволяет бесконфликтно вести работы по реновации на участках квартала, содержащих памятники архитектуры, т.к. для предлагаемой формы застройки не требуется нарушать автономию домовладений с памятниками. Домовладения с памятниками восстанавливаются как в режиме реставрации, так и с фрагментарным использованием типовых домовладений путем возведения одного из корпусов на территории домовладения с объектом культурного наследия. Методика В.Э.Стадникова принята в исследовании за основу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В исследовании рассмотрен вариант сохранения историко-архитектурного наследия города Кирова при осуществлении современной застройки. Сохранение историко-архитектурного наследия осуществляется благодаря комплексному анализу ранее сложившейся исторической застройки квартала и гармоничному размещению объекта современной застройки в целях обеспечения устойчивого развития территорий, выделения элементов планировочной структуры (кварталов), установления границ земельных участков, на которых расположены объекты капитального строительства, границ земельных участков, предназначенных для строительства и размещения линейных объектов.

Исследование выполнено в соответствии с нормативными требованиями Правил землепользования и застройки города Кирова, а также Региональными нормативами градостроительного проектирования.

Для анализа планировочных решений принят квартал в границах улиц Герцена - Володарского -

Молодой Гвардии - Карла Маркса в Первомайском районе города Кирова. Анализ комплексного развития застроенной территории осуществляется для выделения элементов планировочной структуры, установления параметров планируемого

развития элементов планировочной структуры, зон планируемого размещения объектов местного значения.

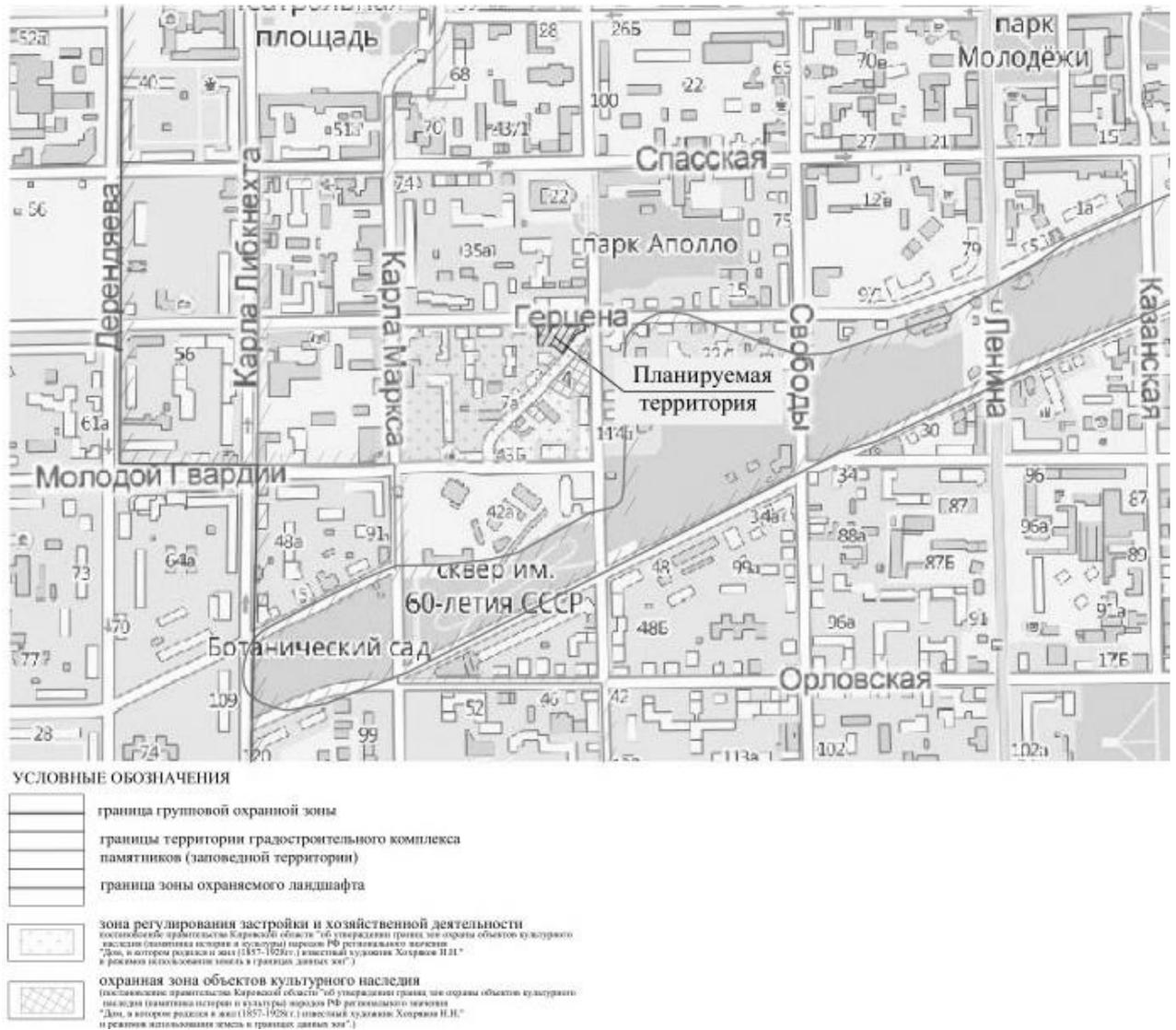


Рис.1. Схема расположения элемента планировочной структуры

Fig. 1. Layout Structure Element Location Diagram

Историческая застройка в современной городской среде (на примере г. Кирова) комплексное развитие территорий

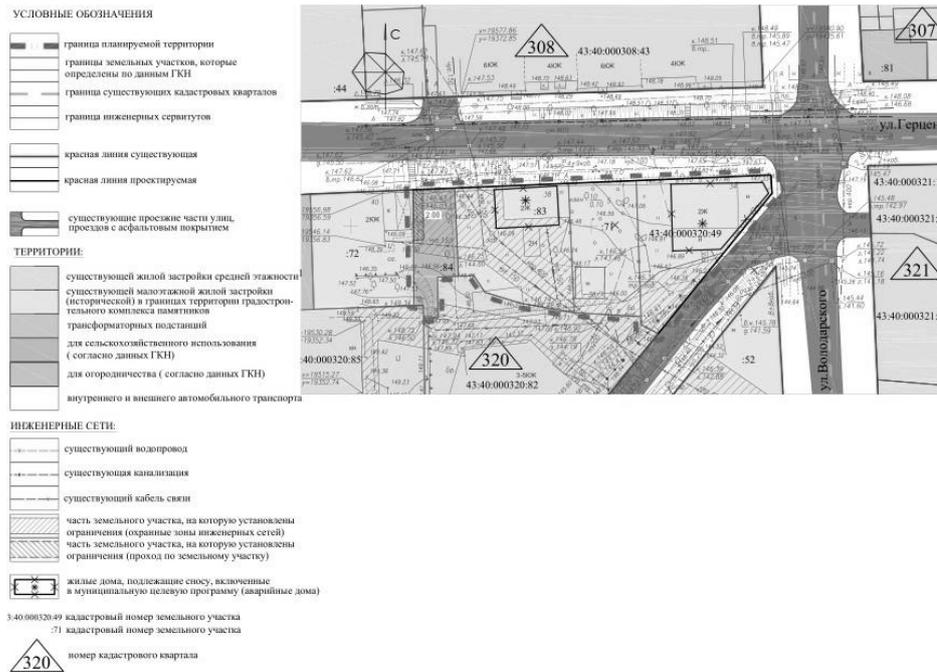


Рис.2. Схема современного использования территории

Fig. 2. Area Modern Use Diagram

В соответствии с «Картой-схемой градостроительного зонирования территории города Кирова», планируемая территория находится в границах территориальной зоны Ж-3А, установленной Правилами землепользования и застройки муниципального образования «Город Киров», утвержденными решением Кировской

городской Думы от 29.04.2009 №28/10. Согласно градостроительным регламентам, зона секционной среднеэтажной жилой застройки Ж-3А выделена для формирования жилых районов средней плотности с размещением многоквартирных секционных жилых зданий средней этажности с ограниченным спектром услуг местного значения.



Рис.3. Схема зонирования квартала

Fig. 3. Block Zoning Diagram

На основании приложения 3 к статье 47 Правил (в редакции решения Кировской городской Думы от 27.09.2013 № 18/3) планируемая территория входит в границы регламентного участка 3-320 (квартал 43:40: 000320). На данную территорию установлены ограничения к градостроительным регламентам по высоте зданий и цветовому решению фасадов на основании постановления Правительства Кировской области от 10.05.2012 N 151/252 "Об утверждении границ зон охраны объекта культурного наследия (памятника истории и культуры) народов Российской Федерации регионального значения "Дом, в котором родился и жил (1857 - 1928 гг.) известный художник Хохряков Н.Н." и режимов использования земель в границах данных зон".

В соответствии с видами разрешенного использования недвижимости территориальной зоны на планируемой территории предусмотрено размещение индивидуального жилого дома городского типа. Предлагается выполнить проектные работы по новой застройке с учетом использования ранее сложившегося природного ландшафта.

Квартал находится рядом с улицей Карла Маркса, которая насыщена магазинами, торговыми центрами и другими предприятиями обслуживания. Для занятия населения физкультурой имеется спортивная площадка - стадион «Юность» в районе КОГОКУ «Вятская гуманитарная гимназия», расположенная по ул.Свободы, 76. В соответствии с региональными нормами (п. 4.1.7. табл.12) радиус обслуживания общеобразовательных школ – 500 м, детских дошкольных учреждений – 300 м. Согласно приложенной схеме, в данный радиус попадает средняя общеобразовательная школа №22, находящаяся по адресу: ул. Московская, д.35 (408 м). Ближайший детский сад №70 находится по адресу: ул. Московская, д.22 (294 м). Указанные объекты способны обеспечить потребности населения планируемой территории.

В соответствии с проведенным анализом территории и планировочных решений в рамках теории комплексного развития застроенных территорий [1-17] обеспечивается сохранение памятников историко-архитектурного наследия и устойчивое развитие территории квартала.

ВЫВОДЫ

Комплексное развитие территорий города с исторически сложившимся архитектурным ядром является перспективным подходом для возможности развития города в новом строительстве и организации комфортной среды, отвечающей современным потребностям человека и формированию гармоничной архитектурной среды.

Комплексное развитие застроенных территорий города обеспечивает сохранение историко-архитектурного наследия и устойчивое развитие территорий.

Аналогичный подход можно применить к сохранению историко-архитектурного наследия осуществляя комплексный анализ (градостроительной ситуации в городе, современных потребностей жителей, тенденций развития города в соответствии с государственными программами) городских территорий свободных от застройки (земельными участками отведёнными под комплексное развитие территорий) под новое строительство или территорий не используемых по своему функциональному назначению (зоны заброшенных предприятий, зоны коммунального и сельскохозяйственного назначения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hočová M., Cangár M., Baďurová S. Technological Aspects of Reconstruction of Historical Buildings. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 111. Pp. 302–310.
2. Penica M., Golovina S., Murgul V. Revitalization of Historic Buildings as an Approach to Preserve Cultural and Historical Heritage. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 117. Pp. 883–890.
3. SHAPING THE FUTURE Case Studies in Adaptation and Reuse in Historic Urban Environments. 2012.
4. Marta Braga de Miranda Duarte Silva, Contemporary interventions in public spaces and buildings. 2015.
5. Barbara Ferri, Antonio Maturo, Built cultural heritage and urban development: elements for a cultural planning in Pescara city (Italy). 2013.
6. Building in context New development in historic areas, English Heritage, CABE. 2001.
7. Агеев С.А., Сохранение локальных исторических комплексов методами градостроительного регулирования: автореф. дис. канд. архитектуры. –М., 2005. - 24 С.
8. Беккер А.Ю., Щенков А.С. Современная городская среда и архитектурное наследие: эстетический аспект. М., 1986. -200 с.
9. Ремаэ С.К., Брунс Д.В., Омеляненко Г.Б. Сочетание новой и сложившейся застройки при реконструкции городов. М.: Стройиздат., 1989. - 142 с.
10. Ерёмин Б.К., Архитектурно-планировочные регламентации и проблема преемственности и развития города. Автореф. дис. . канд. архит. М., 1987. -24 с.
11. Крогиус В.Р., Исторические города России как феномен её культурного наследия. –М.: Прогресс-Традиция, 2009. -312с., илл.
12. Либсон В.Я., Кульчинский Д.Н. Отдельные памятники архитектуры, архитектурные ансамбли. Методика их сохранения. В кн. Памятники архитектуры и современная городская застройка. М., 1973.

13. Рождественская Е.С., Принципы включения архитектурного объекта в среду: на примере контактных зон городов: диссертация, кандидата архитектуры: 18.00.01. - Нижний Новгород, 2007. - 186 с.

14. Стадников В.Э., Самара: Наследие под угрозой. Монография, - Самара: MAPS, 2009. – 178 с.

15. Щенков А.С., Исторический город миф и предание: регенерация исторических комплексов и новая архитектура. Архитектура и строительство Москвы. №1, 1990. С. 7-9.

16. Стандарты комплексного развития территорий. Книга 1. Свод принципов комплексного развития территорий. М: STRELKA КБ, 2018. - С.246, Книга 2. Стандарт развития застроенных территорий. М: STRELKA КБ, 2018. - С.374, Книга 4. Стандарт формирования облика города. М: STRELKA КБ, 2018. - С.390

17. Стадников В.Э., Метод бесконфликтной реновации типового регулярного квартала исторического российского города. Архитектон: известия вузов: сет. науч.-теор. журн. – 2010. - №32

REFERENCE LIST

1. Hořová M., Cangár M., Baďurová S. Technological Aspects of Reconstruction of Historical Buildings. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 111. Pp. 302–310.

2. Penica M., Golovina S., Murgul V. Revitalization of Historic Buildings as an Approach to Preserve Cultural and Historical Heritage. *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 117. Pp. 883–890.

3. SHAPING THE FUTURE Case Studies in Adaptation and Reuse in Historic Urban Environments. 2012.

4. Marta Braga de Miranda Duarte Silva, Contemporary interventions in public spaces and buildings. 2015.

5. Barbara Ferri, Antonio Maturo, Built cultural heritage and urban development: elements for a cultural planning in Pescara city (Italy). 2013.

6. Bulding in context New development in historic areas, English Heritage, CABE. 2001.

7. Ageev S.A. Preservation of local historical complexes by means of urban development

management methods: a synopsis of candidate's thesis for doctorate in architecture. – М., 2005. - 24 p.

8. Bekker A.Yu., Shchenkov A.S. Modern urban environment and architectural heritage: townscape. М., 1986. - 200 p.

9. Regame S.K., Bruns D.V., Omelyanenko G.B. Combination of new and traditional development when reconstructing cities. М.: Stroyizdat., 1989. - 142 p.

10. Eryomin B.K. Architectural and layout regulations and the problem of city tradition and development. A synopsis of candidate's thesis for doctorate in architecture. М., 1987. - 24 p.

11. Krogius V.R. Historical cities of Russia as a phenomenon of its cultural heritage. –М.: Progress-Tradition, 2009. -312p., illustrated.

12. Libson V.Ya., Kulchinsky D.N. Selected architectural monuments, architectural complexes. Methods of their preservation. From the book Architectural monuments and modern urban development. М., 1973.

13. Rozhdestvenskaya E.S. Principles of architectural object inclusion into environment: the case of city contact areas: candidate's thesis for doctorate in architecture: 18.00.01. – Nizhny Novgorod, 2007. - 186 p.

14. Stadnikov V.E., Samara: Endangered heritage. Monograph, - Samara: MAPS, 2009. – 178 p.

15. Shchenkov A.S. Historical city myth and legend: regeneration of historical complexes and new architecture. Moscow architecture and construction. No.1, 1990. Pp. 7-9.

16. Area complex development standards. Book 1. Set of area complex development principles. М: STRELKA КБ, 2018. - P.246, Book 2. Building area development standard. М: STRELKA КБ, 2018. - P.374, Book 4. City image formation standard. М: STRELKA КБ, 2018. - P.390

17. Stadnikov V.E., Method of conflict-free renovation of a typical regular block in a historical Russian city. Architecton: news of higher education establishments: Internet scientific theoretical journal. – 2010. – No. 32.

HISTORIC DEVELOPMENT IN MODERN URBAN ENVIRONMENT
(THE CASE OF KIROV CITY)
AREA COMPLEX DEVELOPMENT

Elkina O.V.

Summary. The research contains analysis of the methods and theories of preserving historic and architectural heritage in modern urban development, assessment of the assumed method in terms of one block located in the historical and architectural core of Kirov city. The performed method assessment proves the efficiency of the selected method and gives the opportunity of its large-scale application not only in Kirov city but in other cities as well.

Research Subject: interaction of historically developed architectural environment and modern development.

Materials and Methods: bibliographic and urban development researches. A method of conflict-free renovation of a historically developed block has been used (an area complex development).

Results: the analysis of layout concepts of a block located in the historical development of Kirov city has been given, the assessment of the theory of building area complex development has been performed providing for preservation of monuments of historical and architectural heritage and facilitating the block area steady development.

Conclusions: the applied theory of complex building area development in practice provides for preservation of monuments of historical and architectural heritage and facilitates area steady development. It is recommended to apply the approach of complex area development to lands reserved for future construction, to areas with a changed use (former industrial and municipal areas, special areas and areas for agriculture).

Key words: historical and architectural heritage, area complex development.

УДК 711.4

ОЦЕНКА ПРИГОДНОСТИ ТЕРРИТОРИЙ РОСТОВА-НА-ДОНУ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ

Шеина С.Г., Попова Ю.В.

*Академия строительства и архитектуры
Донского государственного технического университета
Адрес: г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162
e-mail: rgsu-gsh@mail.ru; j79281531659.popova@yandex.ru*

Аннотация. В статье представлена методика комплексной оценки территорий, включающая в себя выполнение зонирования оценочных участков, определение коэффициентов относительной ценности территорий и выбор наиболее инвестиционно привлекательных территорий города для нового строительства. Рассмотрены понятие и характерные черты комплексного освоения территорий, а также критерии функциональных областей, в границах которых может быть принято решение о комплексном развитии территорий. Реализация методики комплексной оценки Ростова-на-Дону позволила выявить перспективные зоны строительства, характеризующиеся благоприятными геологическими и экологическими условиями и другими параметрами.

Ключевые слова: комплексная оценка территорий, комплексное развитие, комплексное освоение.

ВВЕДЕНИЕ

Комплексная оценка территории предполагает интегрированный подход к анализу территориального размещения и качественных характеристик всех видов ресурсов и проводится с целью стратегического планирования и управления территориальным развитием. Она создает аналитическую базу для принятия проектных решений по формированию и разработке схем территориального планирования развития регионов и генеральных планов городских округов, городских и сельских поселений.

Градостроительная деятельность состоит в пространственном планировании территории, то есть в размещении объектов строительства с учетом градостроительных ограничений, являясь пространственным воплощением стратегии социально-экономического развития территории.

В настоящее время на проекты комплексного освоения все больше обращено внимание, в связи с тем, что подобные объекты представляют собой, как правило, несколько домов, которые объединяются общим архитектурным решением, ценовой категорией. Одним из главных преимуществ таких комплексов является созданная вокруг них инфраструктура, способствующая комфортному проживанию людей.

В исследовании мы проведем комплексную оценку территорий города Ростова-на-Дону с целью выявления наиболее экономически выгодных зон строительства новых комплексов домов.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы комплексного освоения территорий, явились научные статьи. Одна из таких работ - статья Кителевой А.Г. «К вопросу о

соотношении понятий «комплексное освоение территорий» и «комплексная жилая застройка». В статье рассматриваются основные понятия, представлены подходы современных исследователей к проблеме, а также выявлены существенные характеристики рассматриваемых понятий.

В монографии [5] рассматривается применение ГИС-систем в процессе сбора и анализа исходной информации оценки. Авторы определяют порядок оценки, обосновывают используемые оценочные факторы и формируют математический аппарат для проведения расчетов и анализа, а также предлагают способы использования результатов комплексной оценки в градостроительстве и управлении развитием территории. Основными источниками, раскрывающими теоретические основы комплексного освоения территорий, явились научные статьи. Одна из таких работ - статья Кителевой А.Г. «К вопросу

Международный опыт изучения комплексного освоения территорий представлен книгой «Девелопмент земли при комплексном освоении территорий» издательства LAP Lambert Academic Publishing. В книге изложены результаты многолетних исследований автором вопросов по формированию и развитию земельных участков при комплексном освоении территорий для жилищных корпораций на основе функционально-системного моделирования. Предложен комплекс организационных регламентов, состоящий из заявительной аукционной и календарной моделей по планированию и контроллингу основных до-аукционных мероприятий и процедур, локальных организационных блоков корпоративных стандартов земельного девелопмента и модели организационной структуры муниципального земельного девелопмента по жилищному строительству.



Рис. 2. Карта районов города Ростова-на-Дону

Fig. 2. Map of districts of Rostov-on-don

производилось на электронной карте города с использованием программного комплекса ArcGIS 10. Таким образом, нами были выделены 3609 оценочных участков, границами которых являлись автомобильные и железные дороги, реки, овраги, балки, заборы предприятий, границы садоводческих товариществ, административные границы районов города.

После выделения участков была установлена величина коэффициента их относительной ценности. При расчете коэффициентов относительной ценности территорий учитывалось влияние следующих групп факторов:

- 1) доступность населения к центру города, объектам культуры и бытового обслуживания общегородского значения;
- 2) состояние окружающей среды, санитарные и микроклиматические условия;
- 3) инженерно-геологические условия строительства и степень подверженности территории разрушительным воздействиям природы;
- 4) рекреационная ценность территории.

Состав факторов по каждой из названных групп и их рекомендуемые численные значения приведены в табл.1.

Таблица 1. Факторы относительной ценности территорий

Table 1. The factors the relative values of the territories

Факторы относительной ценности	Рекомендуемые численные значения
1. Доступность населения к центру города, объектам культуры и бытового обслуживания общегородского значения, наличие объектов:	0,15-0,20
800 метровый буфер (10 мин)	0,20
1600 метровый буфер (20 мин)	0,15
2. Состояние окружающей среды, санитарные и микроклиматические условия	0,20
3. Инженерно-геологические условия строительства и степень подверженности территории разрушительным воздействиям природы (учитывается со знаком минус)	0,30
4. Рекреационная ценность территории, наличие в черте населенного пункта:	0,25-0,35

Фактор состояния окружающей среды учитывается со знаком “-“ и включает в себя наличие таких явлений как:

- загрязнение воздушного бассейна;
- загрязнение территории;
- загрязнение воды;
- нарушение шумового режима;
- прочие отрицательные воздействия (электромагнитные поля, радиация и т.п.).

Данные влияния окружающей среды оцениваются как равнозначные и имеют численное значение, равное -0,20.

Аналогичным образом задается коэффициент для инженерно-геологических условий. В эту группу входят следующие отрицательные воздействия грунта: высокий уровень стояния грунтовых вод, заболоченность территории, просадочные грунты, крутые уклоны местности, подверженность оползневым явлениям, подрабатываемые территории, подтапливаемые территории, территории со скальными грунтами, сейсмичность (7-9 баллов).

В случае анализа рекреационной ценности территорий области, относящиеся к национальным паркам, биосферным заповедникам, заказникам, охраняемым урочищам или одиночным памятникам природы, а также курортные зоны и местности, зоны отдыха, туристские зоны получили коэффициент 0,50. А заповедным лесным территориям и санитарно-защитным природным зонам было присвоено значение 0,25.

В результате проведения расчетов, получена карта результатов комплексной оценки территории Ростова-на-Дону (рис.3). По полученным данным видно, что наиболее инвестиционно привлекательными являются территории Кировского, а также Пролетарского района (рис.2).

Одной из наиболее перспективных, по мнению главного архитектора Ростовской области, является площадка в районе застройки «Красные ворота», на улице Горсоветской. Там застройка развивается на территориях, выкупленных у

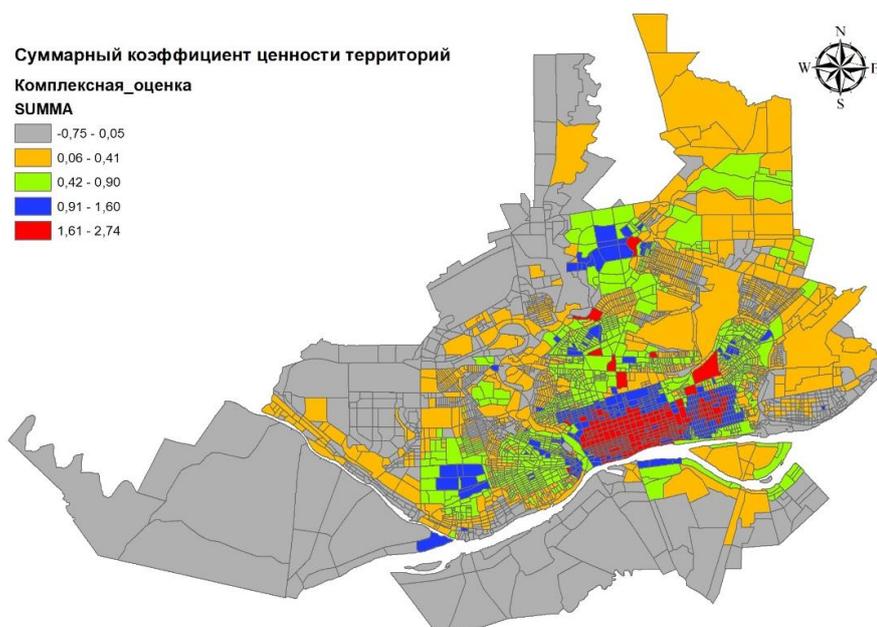


Рис. 3. Карта результатов комплексной оценки территорий города Ростова-на-Дону

Fig. 3. Map of the results of a comprehensive assessment of the city of Rostov-on-don

коммунальных или промышленных предприятий. Данная территория находится в экологически и геологически благоприятном районе, а также относительно близко расположена к центру.

ВЫВОДЫ

Реализация проектов комплексного освоения территорий, в рамках которых производятся работы по подготовке территорий, строительство жилых и социальных объектов, позволяет решить проблемы развития крупных городов, таких как Ростов-на-Дону, создав современную, качественную городскую среду для проживания, и избежать проблемы, возникающие при уплотнительной застройке. Таким образом, реализация проектов комплексного освоения территорий является стратегически важным процессом для сбалансированного развития города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004, N 190 - ФЗ (ред. от 29.07.2017). Статья 46.10. Комплексное развитие по инициативе органов местного самоуправления. – ФЗ от 03.07.2016 № 373 – ФЗ..
2. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений / Минстрой России – М.: ГП ЦПП 2017 – 94 с.
3. Дядичев В.В., Колесников А.В., Дядичев А.В., Шишкин А.А. Методы совершенствования информационных систем планирования расположения зданий на городских территориях //

Строительство и техногенная безопасность. 2017. №.6. С. 11 – 17.

4. Кителева А.Г. К вопросу о соотношении понятий "комплексное освоение территорий" и "комплексная жилая застройка" // Контентус. 2016 №42. С.115-119

5. Комплексная оценка территории в градостроительстве: монография / под общ. ред. С.Г.Шеиной. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 103 с.

6. ArcGIS 10 Редактирование в ArcMap. – USA: ESRI, 2004. – С.464

7. Land development in complex development of territories // LAP Lambert Academic Publishing. 2011. pp. 172 – 178.

REFERENCES

1. The town-planning code of the Russian Federation of 29.12.2004, N 190-FZ (edition of 29.07.2017). Article 46.10. Integrated development at the initiative of local governments. - FZ of 03.07.2016 N 373-FZ.
2. SP 42.13330.2011]. Planning and construction of urban and rural settlements / the Ministry of construction of Russia, M.: GP BSC 2017 –94 p
3. Dyadichev V. V., Kolesnikov A.V., Dyadichev A.V., Shishkin A. A. Methods to improve information systems planning the location of buildings in urban areas / Building and technogenic safety . 2017. No .6. S. 11 – 17.
4. Kiseleva A. G. To the question about correlation of concepts "integrated development of territories" and "integrated residential development" // Contentus. 2016 №42. P. 115-119
5. Complex assessment of the territory in urban

construction: monograph / under the General editorship of S. G. the Shein. - Rostov n / A: Growth. state builds. UN-t, 2015. - 103 p .

6. ArcGIS 10 Editing in ArcMap. - USA: ESRI, 2004. - С. 464

7. Land development in complex development of territories // LAP Lambert Academic Publishing. 2011. pp. 172 – 178.

EVALUATION OF THE SUITABILITY OF ROSTOV-ON-DON TERRITORIES FOR IMPLEMENTATION OF COMPLEX DEVELOPMENT PROJECTS

Sheina S.G., Popova Yu.V.

Summary The article presents a methodology for the integrated assessment of territories, which includes the implementation of zoning assessment sites, the determination of the coefficients of the relative value of territories and the selection of the most investment-attractive areas of the city for new construction. The concept and characteristics of the integrated development of territories, as well as the criteria of functional areas, within whose borders a decision on the integrated development of territories can be made, are considered. The implementation of the integrated assessment methodology of Rostov-on-Don made it possible to identify promising construction zones characterized by favorable geological and environmental conditions and other parameters.

Key words: integrated assessment of territories, integrated development, integrated development.

УДК 728.48

АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МОЛОДЕЖНЫХ ЦЕНТРОВ

Нагаева З. С., Мосякин Д. С.

*Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «КФУ им.В.И.Вернадского»,
295493 РК г.Симферополь, ул.Киевская, 181*

Аннотация. В статье рассматривается система досуга от древности до наших дней, возникновение понятия молодежный центр и причины формирования подобных центров в единую сеть. Рассматривается актуальность исследования и его перспективное влияние на молодежный досуг в будущем.

Предмет исследования: Универсальные молодежные центры, история их формирования и необходимость создания подобных центров в современном мире.

Материалы и методы: В ходе работы был проведен анализ литературы по теме исследования и спрогнозированы основные направления развития универсальных молодежных центров.

Результаты: в ходе исследования было выявлено, что формирование молодежных центров процесс важный и необходимый в современном обществе. Наблюдается недостаточное развитие досуга молодежи - как населения, наиболее подверженного влияниям окружающей среды и слое населения, нуждающимся в защите и правильной организации своей жизнедеятельности.

Выводы: результаты полученного исследования дают понять, что формирование таких учреждений досуга как универсальные молодежные центры – явление закономерное и необходимое. Такие центры должны благоприятно влиять и воспитывать в молодом поколении патриотизм, уважение, формировать мировоззрение и определять будущий путь молодого человека. Настоящий этап формирование общества в Российской Федерации и особенно в Республике Крым очень важен и именно молодежные центры должны стать тем инструментом, с помощью которого может быть достигнуто развитие и формирование нового молодого поколения, ответственного за наше общее будущее.

Ключевые слова: молодежный центр, досуг, сеть, система, актуальность, развитие, стратегия.

ВВЕДЕНИЕ

Культура человеческого общества развивается, вследствие чего появляется много видов досуга, разнообразных по своему наполнению и качеству. Качество, в свою очередь, определяет уровень культуры общества в целом. Проблема организации досуга индивида остается важной во все времена.

В наше время актуально увеличение объема и скорости обмена информацией, внедрения техники в повседневную жизнь, дефицита живого общения. И особенно остро встает проблема организации досуга молодежи, как поколения, наиболее подверженного влиянию современных тенденций общества, поколения ответственного за будущее, которому необходимо иметь культурную связь с прошлым.

Появляется вопрос: закономерно ли выделение из общей массы разнообразных учреждений досуга отдельных центров специально для молодежи? Обратимся к истории развития досуговых центров. Рассмотрим:

- развитие различных типов учреждений досуга с древнейших времен до наших дней;
- виды молодежных учреждений досуга в нашей стране и за рубежом;
- теоретические работы по модернизации

системы учреждений досуга и учреждений досуга для молодежи.

Анализируя само явление досуговой деятельности, разновидности и архитектурное воплощение, можно сделать вывод, что досуг молодежи изначально не выделялся из общей массы досуговой деятельности.

Предметом исследования является опыт формирования молодежных центров в различных странах и в различных временных промежутках с учетом интересов молодежи. Общие тенденции развития молодежных центров в различных странах и организация многофункциональных молодежных центров.

Актуальность исследования

В настоящее время в России активно формируется и набирает популярность новый вид учреждений досуга – молодежные центры. Это новый прогрессивный тип многофункционального комплекса, где максимум внимания обращено на культурный отдых, развитие, просвещение, здоровый образ жизни, сближение молодого человека с окружающей средой. Такие центры носят единичный характер и только начинают развиваться. У молодежи нет центров досуга, отвечающих требованиям современности, которые могли бы полностью обеспечить потребность во "внедомашнем" времяпровождении. Для развития

системы центров необходимы научные исследования.

Цель исследования:

Опираясь на мировой опыт и анализ потребностей молодежи выделить причины формирования молодежных центров в отдельную структуру и понять, как данный тип учреждений сможет развиваться и функционировать в будущем.

Научная новизна исследования заключается в том, чтобы провести анализ формирования учреждений досуга в отдельную структуру – молодежные центры. Проанализировать актуальность и востребованность в современных условиях формирование многофункциональных молодежных центров и обозначить, как сделать их интересными для молодежи всех возрастов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для того, чтобы выяснить, как развивался потребности людей в досуге необходимо

проследить историю возникновения самого понятия «досуговый центр».

Обращаясь к истокам зарождения организованных форм проведения досуга, формирования среды массового отдыха и общения людей, в качестве наиболее ранних примеров, известных из истории архитектуры и градостроительства можно привести городские площади античной Греции. Греческие агоры и римские термы — самые известные образцы первых многофункциональных учреждений. Агора-гражданский центр греческих городов, представляла собой нечто большее, чем просто правильно организованные торговые ряды. Их территория являлась общественным и общественно-политическим форумом для жителей города, в таком месте проходили различные споры и собрания. Стал появляться такой тип общественных учреждений как гимнасии. Гимназии служили местом для культурного обогащения молодежи, им свойственно возникновение внутреннего двора, соединяющего части ансамбля (Рис 1).

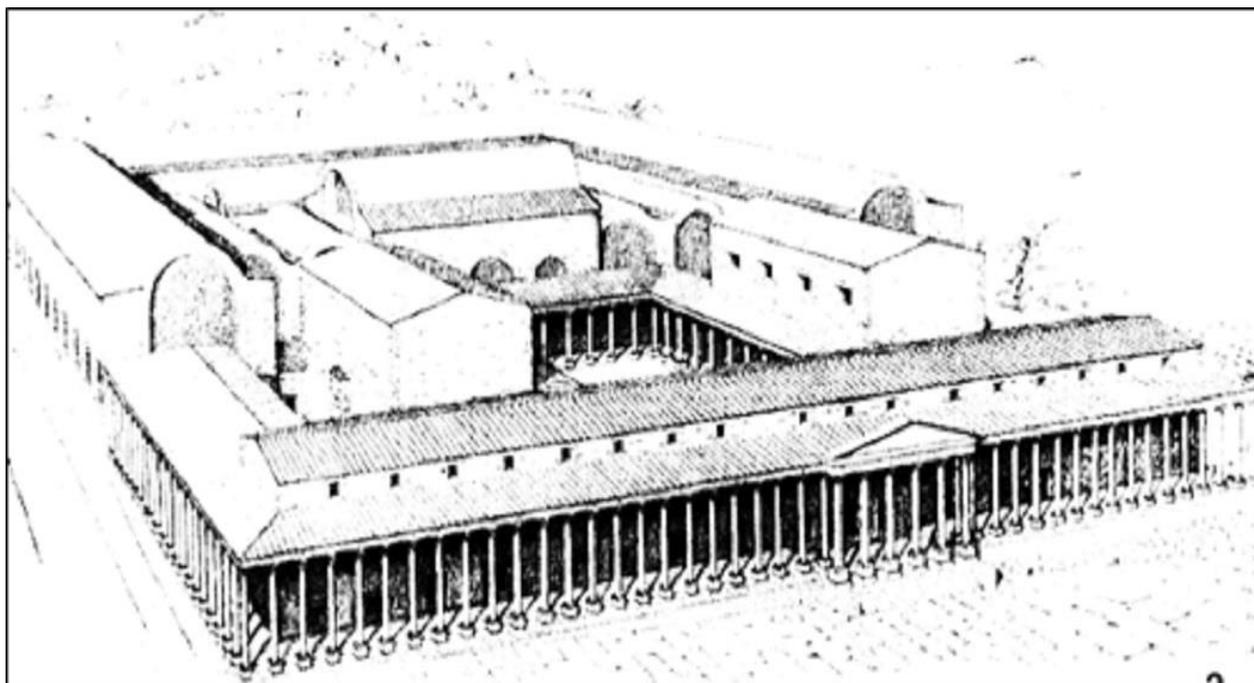


Рис. 1. Гимназия Древней Греции.

Fig. 1. The Gymnasium of Ancient Greece.

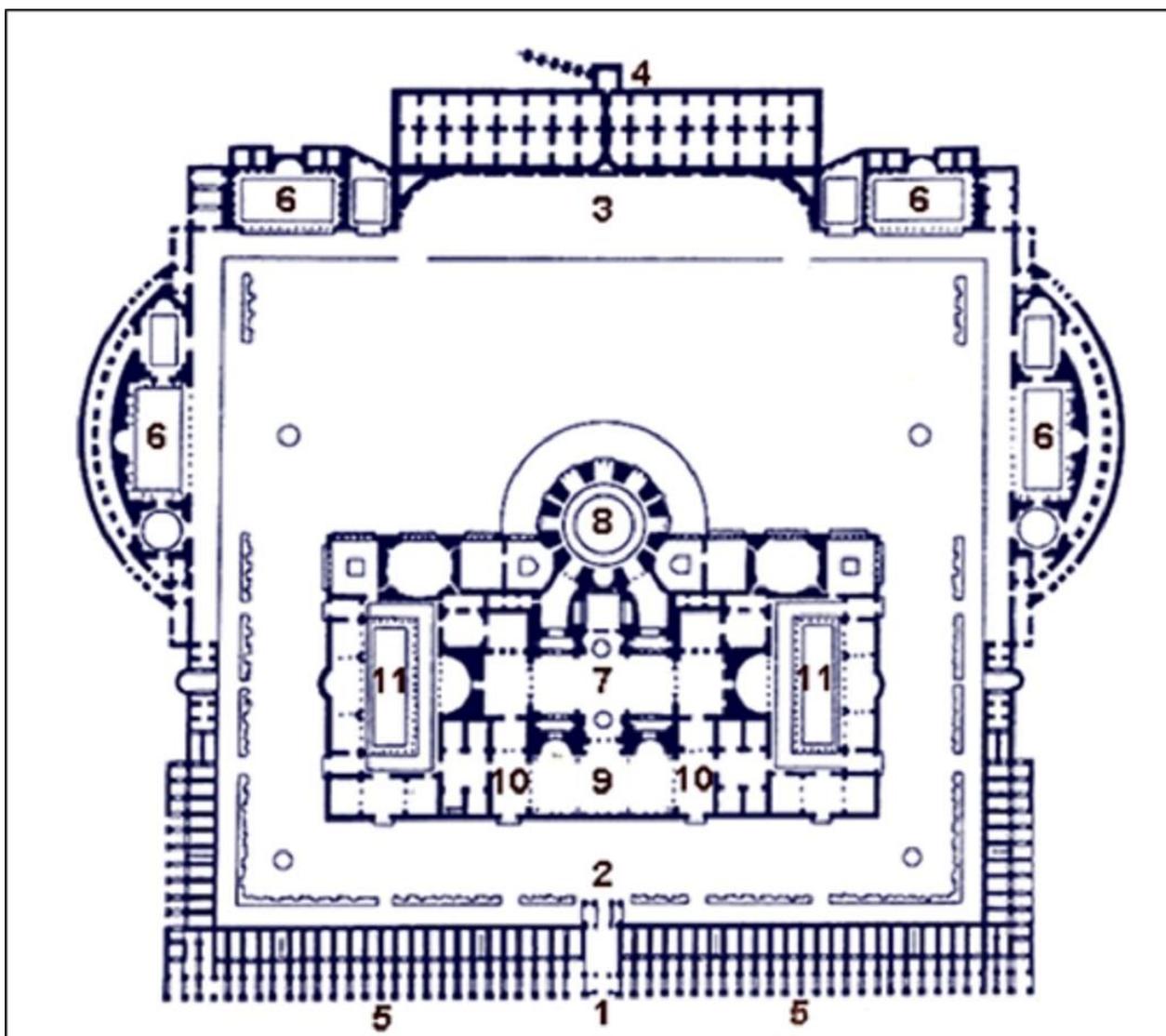


Рис. 2. Термы Каракаллы, 206—216 гг. План. 1 - вход, 2 - двор, 3 - место для проведения соревнований, 4 - места для зрителей, 5 - кабин, 6 - залы библиотеки, 7 - тепидарий, 8 - кальдарий, 9 - фригидарий, 10 - вестибулы, 11 - перистили.

Fig. 2. Baths of Caracalla, 206-216. Plan. 1 - entrance, 2 - yard, 3 - place for competitions, 4 - seats for spectators, 5 cabins, 6 - halls of the library, 7 in the tepidarium, 8 - caldarium, 9 - frigidarium, 10 - hallways 11 - peristeri.

В древние времена места массового проведения досуга были священными и обрядовыми. В античной Греции появились открытые театры, развивались храмы, где собравшиеся люди могли не только наблюдать за действием на сцене, но и встречаться для общения между собой, обсуждения каких-либо вопросов. В Древнем Риме появляются первые многофункциональные центры – термы, которые включали различные по своим функциям помещения (Рис 2). Возникает типовая планировка терм, в результате начинают развиваться функции общения и досуга. Термы также были местом для общественных собраний. В их, как правило, симметричных планах были предусмотрены помещения для разных видов деятельности: библиотеки, театры, лекционные залы, спортивные залы, столовые.

Такие структуры отражали дух и устройство общества, в которых они были созданы. Совмещение в едином архитектурном комплексе сооружений досуговых, культурных и развлекательных функций нашло затем воплощение в форумах древнего Рима, которые представляли собой огромный зал, ограниченный высокими стенами, но без покрытия (Рис 3). Основные зрелищные сооружения Древнего Рима - театры, амфитеатры, одеоны, цирки [3].

В римском и греческом обществе работа не рассматривалась как деятельность, занимающая все время человеческой жизни; и главная черта, присущая их общественной жизни— гражданственность — выражалась в организации многофункциональных общественных сооружений.



Рис. 3. Форум в Древнем Риме.

Fig. 3. The forum in Ancient Rome.

В обществе, где церковная и финансовая области существования преобладали над социальной, гражданские функциональные сооружения теряли свою роль. Образцом этого служат средневековые города. В них функции крупных функциональных учреждений, характерных для римского и греческого общества, выполнялись в виде небольших индивидуальных домов. К примеру, первоначальные городские советы — ратуши — располагались не в специально сформированных для этой цели зданиях, а в индивидуальных постройках, как правило, наполовину укрепленных башнях.

В средние века последующее формирование досуговой деятельности считается итогом расслоения общества. Дворцы и пригородные резиденции феодалов, которые были местом проведения банкетов, различных турниров и простые цеха-ремесленников. Духовенство обладало специальными учреждениями: монастыри, содержавшие большое число функций, храмы, залы с целью собраний, трапезные, библиотеки, гостиницы, учебные заведения, винодельни, аграрные угодья, живописные и скульптурные мастерские.

В то же время складывалась структура не церковных образовательных учреждений. Появились первые университетские города.

В стенах средневекового города концентрировались все без исключения области деятельности его жителей. Деятельность жителя города ограничивалась своим жильем и в большей степени протекала внутри него, за исключением, малочисленных обычаев либо обрядов, совершавшихся в церкви либо ратуше. Жители города, как правило, проживали этажом выше

собственной мастерской либо лавочки. Жилище и место приложения труда сосуществовали в единой структуре, образуя более стабильную многофункциональную структурную составляющую любого города, как новообразованного, так и старого. Такие частные многофункциональные здания были характерны для средневекового города и создавали его особенный уникальный образ.

В эпоху Возрождения зрелищность и сценичность архитектуры отразилась в градостроительстве, возникли «зрелищные города», когда архитектура зданий и сооружений вовлеклась в массовые театральные действия (триумфальные въезды коронованных особ, религиозные шествия).

В XVIII веке в Англии появились совершенно новые типы зданий — банкетные залы, клубы. Основу английского клуба составляли функции трапезы совмещенной с эпизодическими увеселениями. Эта программа определила создание стандартного типа клубного здания, состоящего, из одного помещения многоцелевого назначения, которое в будни выполняло функции «трапезной», а в праздничные дни — танцевального зала. В это же время начала развиваться культура нецерковных образовательных и досуговых учреждений. Появились первые университетские города, такие как Кэмбридж в Великобритании (Рис.4). Устроенные по принципу монастырей, они содержали часовню, зал, ворота — ведущие составляющие в структуре колледжа [3]. Даже в то время зал был одним из важнейших элементов университетской жизни — как место общих собраний молодых людей, встреч и трапез.



Рис.4. Университетский город в Кэмбридже, Великобритания

Fig. 4. University city of Cambridge, United Kingdom

В период капитализма вновь возникают доступные досуговые учреждения – театры, музеи, выставки, парки.

В середине XIX столетия проходит формирование зрелищно-развлекательных форм – кинематографа, варьете, луна-парк (возникает отдельный вид досуга - развлечения), где молодежный вид досуга представляет основную значимость.

Началу XX столетия характерно большое число общественно-политических и социальных

перемен. В таких обстоятельствах в особенности вводятся определения молодежной политики, молодежной культуры, молодежного досуга. Все без исключения напрямую отображается в архитектуре: следом за многофункциональными досуговыми ансамблями формируются сложные комплексы в отдельности для молодежи[4]. Таким образом, возникновение молодежных центров - это явление социального развития общества, явление временное.



Рис.5. Дворец Культуры на Ленинских горах, г. Москва

Fig. 5. Palace of Culture on Lenin hills, Moscow

В 20 - 30-е годы, наряду с идеями создания Дворцов и Домов культуры (Рис.5), разрабатываются проекты Домов юного пролетария, Дворцов молодежи.

Лишь в 50 - 60-е годы совершается возврат к вопросу проектирования досуговых учреждений. Планируется трансформация, от проектирования единичных строений к проектированию культурных центров. Наступает распределение учреждений досуга согласно типам сервиса, функциям и контингенту обслуживания.

За границей похожие общественные процессы приводят к возникновению многофункциональных культурных центров, новейшему витку в определении проблемы досуга молодого поколения.

Во Франции строительство домов молодежи началось после Второй мировой войны: в каждом городе, сельском населенном пункте, регионе

создавались учреждения клубного типа – центры культуры молодежи Франции. Их задачей было объединить, сформировать контакты между людьми разного происхождения, разных профессий [4].

Другой элемент молодежного досуга во Франции - дома культуры. Они не были рядовым элементом социального оснащения города, являясь высшей ступенью различных общественно-воспитательных учреждений, организующей и координирующей культурную деятельность своего района.

Особенностью молодежных учреждений в Болгарии являлось соблюдение масштаба, соответствующего назначению (нет гигантомании и представительности). Их главная цель - непринужденный воспитательный процесс и определение интересов молодежи.



Рис.6. Молодежный центр "ФРАНКЕНХОФ" в г. Эрланген, Германия

Fig. 6. Youth center "Wildpark frankenhof" in Erlangen, Germany

В Германии существующие детско-молодежные учреждения подразделяются на:

1. Централизованные молодежные клубы;
2. Молодежные секции при домах культуры, учебных заведениях;
3. Дома пионеров, Дома науки и техники для школьников;

4. Спортивные залы, комплексы и зоны отдыха.

Были также примеры объединения молодежного и спортивного центров - Молодежный центр «ФРАНКЕНХОФ» в Эрланген (Рис.6).



Рис.7. Общественный центр и дом молодежи в г. Титибу, Япония

Fig. 7. Community center and youth house in the town of Chichibu, Japan

В Японии – молодежные центры, за пределами городской черты (молодежный комплекс в префектуре Сига, молодежный центр на острове Окинава), решают проблему отдыха развлекательного характера; в пределах черты города центры выполняют еще и просветительские, обучающие функции (общественный центр и дом молодежи в г. Титибу) (Рис.7).

Во многих городах США, Канады, Англии молодежные центры расположены при университетах, являясь составной частью университетских комплексов. В г. Беркли (США) функционировал «центр активности» – Общественно-культурный центр при Калифорнийском университете. Наряду с молодежными центрами возникают студенческие-студенческий центр университета Райерсон в Торонто(Рис.8). Здание просветительного центра в г. Этибикок (Канада). Этот центр входит в состав общественного центра города, и является местом, где собираются студенты, учителя и жители города, здесь происходит обмен опытом и

получение просветительской информации по всем интересующим вопросам и областям знаний.

Обширный практический опыт проектирования молодежных центров подкреплялся теоретическими работами. Начиная с 60-х годов наравне с фактическими, проводятся абстрактные исследования многофункциональных центров, многоцелевых досуговых центров, молодежных креативных центров[4].

Иной элемент молодежного досуга в Франции - дома культуры. Они не были рядовым элементом социального оснащения города, представляя собой ступень различных общественно-воспитательных органов, концентрирующей и координирующей цивилизованную работу собственного региона.

Особенностью молодежных учреждений в Болгарии являлось соблюдение масштаба, соответствующего назначению (нет гигантомании и представительности). Их главная цель - непринужденный воспитательный процесс и определение интересов молодежи.



Рис.8. Студенческий центр университета Райерсон, г.Торонто, Канада

Fig. 8. Student centre, Ryerson University, Toronto, Canada

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Гутнов А. Э., Лежава И.Г. в своих работах предлагали Комплексный центр свободного общения, разделение его на сферы, группы и зоны

[5]; теория градостроительного применения комплексных центров свободного общения – стали фундаментальными теоретическими работами в сфере досуговых центров, клубных сооружений.

В работе Теркуновой Т.В. предложен Центр досуга для подростков, призванный решить уже

специфические, но схожие задачи (расширение группы помещений творческого развития в сравнении с другими помещениями; наличие специфических групп помещений (интеркоммунитивная зона, методический центр, зона профориентации, музей профтехобразования; возможность широкого выбора видов деятельности) [6]. Усманов М.С. разработал сеть учреждений досуга молодежи для крупнейшего города из 4-х элементов с подробной проработкой каждого [7].

За минувшие 15–20 лет за границей возникло достаточно большое количество новых идей, которые изменили прежние модели ММЦ и подход к их организации.

Интересные образцы многофункционального и пространственно-планировочного решений показывают клубные сооружения за границей и в Прибалтике. Наибольшее распространение получили там специализированные любительские и досуговые учреждения, предназначенные для занятий каким-либо активным видом деятельности, начиная с танцев и постановки спектаклей и заканчивая занятиями спортом и ремеслом [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Как правило, однопрофильные учреждения отдыха и развлечений - это двух-трех-этажные здания, в одном из этажей которых расположены помещения, определяющие досуг: танцевальные студии, универсальные театральные залы,

аудитории, выставочные и спортивные залы, мастерские, с большим числом сопутствующих помещений, обеспечивающих их комфортное функционирование (сауна, массажные, лаборатории, студии видео- и звукозаписи и пр.). В иных этажах располагаются здания с целью развлечений и общения: комнаты для гостей, многоцелевые зал, холлы, буфеты, бары, кафе-бар, рестораны.

Дома развлечений и клубы в Чехословакии, Венгрии, Болгарии в XX веке существенно повторяют схемы стандартного и персонального проектирования русских клубов: визуальный холл с целью собраний и выступлений, зал, категория студийных комнат, источник кормления, в некоторых случаях – спортзал [8]. За последнее время стиль жизни и ведения досуга вызвал изменения социальных потребностей, как взрослого населения страны, так и представителей молодого поколения. В последние годы наметилась явная тенденция к преобразованию существующих и созданию новых типов досуговых учреждений. В настоящее время в России становится актуальным и востребованным развитие нового типа учреждений – молодежных центров. Данный современный вид многофункционального центра, в месте максимально интереса обращено в общекультурное развлечение, формирование, образование, хороший облик, сплочение молодого человека с находящимся вокруг окружением.



Рис. 9. Молодежный досуговый центр. Постройка, 2014. Санкт-Петербург. Архитектурная мастерская А. А. Столярчука

Fig 9. Youth leisure center. Construction, 2014. Saint-Petersburg. Studio of Architecture A. A. Stolyarchyka

Идеи создания подобных комплексов в последние годы начинают реализовываться в

Москве, Санкт-Петербурге (Рис.9), а также ряде городов – Ижевске, Самаре и др. Сегодня

количество центров для молодежи в России весьма незначительно по сравнению со странами Запада, и они носят единичный, штучный характер. Поэтому опыт проектирования и строительства подобных сооружений, отвечающих современным социальным требованиям молодого поколения, практически отсутствует. Это усложняет задачу проектирования новых молодежных центров.

Однако, в современных условиях государство всячески поддерживает молодежные инициативы, проводятся огромное количество различных молодежных форумов, съездов, фестивалей. Вследствие этого, появление многофункциональных молодежных центров – это вопрос времени.

Согласно «Стратегии развития молодежи Российской Федерации на период до 2025 года» до 2025 года планируется планомерное введение неформального и инклюзивного образования, формирование наставничества и приобщения молодежи к профессиональной деятельности, начиная со старших классов школы. Это означает, что формирование здорового молодого человека, как физически, так и духовно и психологически – это основное направление деятельности молодежной политики государства. Привлекая молодежь в бизнес, различные волонтерские движения, формирование здорового образа жизни и пропаганда семейных и моральных ценностей станут тем стимулом, который сможет развить молодежь как будущее нашей страны. Именно при таком развитии молодежной политики важным местом сосредоточения молодежи становятся подобные многофункциональные центры, которые в силу своей универсальности могут служить местом стартапов. Также молодежные центры могут послужить площадкой для различного рода лекций, тренингов и мастер-классов, различной направленности и для различных возрастных групп молодежи. При насыщении функциями многофункционального молодежного центра встает вопрос и формировании сети молодежных центров в городе, где молодежь с окраин города смогла бы беспрепятственно получать те же знания и умения, не направляясь в город и не тратя много времени на дорогу [9]. Такой подход логичен и выдвинут на основе соцопроса, проведенного в городе Симферополь.

ВЫВОДЫ

1. Создание молодежных центров - это проявление социального развития, явление времени. Тенденция находит отражение как на практике, так и в теории; как в нашей стране, так и за рубежом. Накапливается огромный опыт таких сооружений.

Однако проблема грамотной организации современного молодежного досуга не имеет научного исследования и разработок. Таким

образом, следующий этап развития (предугадывания или направления) молодежных досуговых центров - это разработка данной проблемы - создание многофункционального молодежного центра (далее ММЦ).

2. Основными проблемами развития культуры досуга в России являются:

- недостаточное количество учреждений, отвечающих требованиям и веяниям современности;
- асоциальность молодежи;
- разрушение традиционных норм и ценностей;
- падение общего уровня культуры молодежи;
- деградация общества;
- замещение созидания потреблением;
- смена приоритетов нескольких поколений;
- распространение элементов упрощенной массовой культуры.

3. Накопленный теоретический и практический опыт создания учреждений досуга для молодежи богат и актуален для дальнейших научных разработок.

4. Одна из самых важных задач молодежного центра – организация досуговой деятельности молодого поколения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цайдлер Э. Многофункциональная архитектура. Пер. с англ. А. Ю. Бочаровой; Под ред. И. Р. Федосеевой. — М.: Стройиздат, 1988г. —152 с: ил.
2. Вишняк А.И. Тарасенко В.И. Культура молодежного досуга. – Киев: Высшая школа, 1988
3. Архитектон. Известия вузов. Периодическое издание ФГБОУ ВПО Уральская государственная архитектурно-художественная академия [Электронный ресурс]/ Валиахметова Л.З. Молодежные досуговые центры. История развития. Режим доступа: http://archvuz.ru/2004_1/25
4. Современная архитектура № 1 1967 (Дома молодежи за рубежом).
5. Гутнов А.Э., Лежава И.Г. Будущее города. – М.: Стройиздат, 1977г.- 126с.
6. Теркунова Т.В. Особенности формирования новых типов культурно-просветительных учреждений центров для досуга подростков. Дисс.канд.арх. М.,1982.
7. Усманов М.С. Функционально-планировочная организация учреждений досуга молодежи в крупнейших городах. Дисс. Канд. Арх. Ташкент, 1985.
8. Современная архитектура № 2-3 1968 (Институты зарубежный опыт).
9. Сидорова, В.В., Мосякин Д.С. О необходимости формирования структуры сети многофункциональных молодежных центров / В.В. Сидорова, Д.С. Мосякин // Вестник ЮУрГУ.

Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 5–11. DOI: 10.14529/build170401

REFERENCES

1. Zeidler E. feature-rich architecture. Per. with English. A. Y. Bocharova; ed I. R. Fedoseeva. - M.: Stroyizdat, 1988. -152 C: Il.
2. Vishnyak A. I., Tarasenko V. I. Culture youth leisure. - Kyiv: Higher school, 1988
3. Architecton. News of universities. Periodical of the Ural state Academy of architecture and art [Electronic resource]/ Valiakmetova L. Z. Youth leisure centers. History of development. Mode of access: http://archvuz.ru/2004_1/25
4. Modern architecture № 1 1967 (youth Homes abroad).
5. A [E. A., Lezhava I. G. the Future of the city. - M.: Stroyizdat, 1977. - 126s.

6. Features of formation of new types of cultural and educational institutions of the centers for leisure of teenagers. Diss.kand.argh. M., 1982.

7. Usmanov M. S. Functional-planning organization of leisure facilities of the youth in the largest cities. Diss. Kand. Argh. Tashkent, 1985.

8. Modern architecture № 2-3 1968 (Institutes of foreign experience).

9. Sidorova, V. V., Mosyakin D. S. on the necessity of formation of

structures of the network of multifunctional youth centers / V. Sidorova, D. S. Mosyakin / / Bulletin of SUSU.

Series "Construction and architecture". - 2017. - Vol. 17,

No. 4. – Pp. 5-11. DOI: 10.14529 / build170401

THE URGENCY OF CREATING A SYSTEM OF YOUTH CENTERS

Nagaeva Z. S., Mosyakin D. S.

Summary The article deals with the leisure system from antiquity to the present day, the emergence of the concept of youth center and the reasons for the formation of such centers in a single network. The article considers the relevance of the study and its prospective impact on youth leisure in the future.

Subject: Universal youth centers, the history of their formation and the need to create such centers in the modern world.

Materials and methods: in the course of the work, the literature on the topic of research was analyzed and the main directions of development of universal youth centers were predicted.

Results: the study revealed that the formation of youth centers is an important and necessary process in modern society. There is a lack of development of leisure of youth - as the population most exposed to environmental influences and the layer of the population in need of protection and the correct organization of the vital-tion.

Conclusions: the results of the study make it clear that the formation of such leisure facilities as universal youth centers is a natural and necessary phenomenon. Such centers should favorably influence and educate patriotism, respect, shape the worldview and determine the future path of the young man in the younger generation. The current stage of the formation of society in the Russian Federation and especially in the Republic of Crimea is very important and it is the youth centers that should become the tool through which the development and formation of a new young generation responsible for our common future can be achieved.

Key words: youth center, leisure, network, system, relevance, development, strategy.

Раздел 2. Строительство

УДК 693.56

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДМАЩИВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ НАРУЖНЫХ ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Головченко И.В.

*Академия строительства и архитектуры, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского,
г. Симферополь*

E-mail: golovchenko.igor.v@gmail.com

Аннотация. В статье проанализированы возможные варианты средств подмащивания для производства работ по утеплению и отделке фасада 16-ти этажного жилого дома. Определена экономическая целесообразность применения рамных лесов для производства отделочных работ по фасаду здания

Ключевые слова: рамные леса, подвесные подмости, автомобильные вышки, монтаж и демонтаж средств подмащивания, аренда средств подмащивания

ВВЕДЕНИЕ

Для выполнения работ по тепловой изоляции и отделке фасадов новых зданий, а также для ремонта и реставрации фасадов зданий ранней постройки необходим рациональный выбор средств подмащивания. Необходимые затраты при отделке фасадов зданий является серьезной проблемой большинства строительных компаний. В настоящее время на российском строительном пространстве в качестве средств подмащивания при отделке и ремонте фасадов зданий используются леса различной конструкции, подвесные подмости и подъемные вышки. Строительные леса различной конструкции и конфигурации хорошо зарекомендовали себя при отделке и ремонте фасадов многоэтажных зданий, подвесные подмости – для многоэтажных и малоэтажных зданий. В зависимости от площади фасада здания, его геометрии и высоты здания необходимо подбирать соответствующие средства подмащивания.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Выбор наиболее экономичного вида средств подмащивания на работах по отделке и ремонту фасадов зданий можно осуществить путем сравнения себестоимости работ на 1м² площади фасада при использовании различных средств подмащивания. Для этого можно использовать графики приведенные в [5]. Из графиков следует, что при объемах работ, требующих незначительных трудозатрат (до 0,15чел.-час/м²) выгоднее всего использовать двухместные подвесные подмости (люльки), на втором месте – подъемные вышки, дороже всего обходятся работы с лесов. При трудозатратах в пределах 0,3-0,5чел.-

час/м² подъемные вышки применять уже не выгодно из-за высокой арендной платы, а себестоимость работ с использованием лесов и подвесных подмостей примерно одинакова. При трудозатратах более 0,8чел.-час/м² наиболее выгодным являются трубчатые леса. Однако при выборе строительных лесов необходимо учитывать разнообразие их конструкций, так как себестоимость работ с их использованием может существенно отличаться из-за различной стоимости и трудоемкости их монтажа и демонтажа [1,3,4]. В настоящее время наибольшее распространение получили рамные, чашечные, клиновые и штыревые леса [2]. Для выбора рациональной конструкции лесов необходимо четкий анализ объектов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – повышение эффективности производства работ по утеплению и отделке фасадов зданий путем выбора рациональной конструкции средств подмащивания.

Задачей данного исследования является разработка методики выбора оптимальных средств подмащивания при производстве наружных отделочных работ многоэтажных жилых зданий.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ С РЕЗУЛЬТАТАМИ И ИХ АНАЛИЗОМ

Выбор наиболее экономичного вида средств подмащивания на работах по ремонту и отделке фасадов зданий производится по стоимости работ на 1м² площади фасада здания в соответствии с составом работ и видом средств подмащивания.

Сравнение экономической эффективности основных видов средств подмащивания проводится на основании данных на утепление системой «Мокрый фасад» пенополистирольными плитами (ППС) и рыночной стоимостью их аренды.

В качестве объекта исследования принят 16-ти этажный 112-ти квартирный жилой дом размерами в плане 32,6х17,0м и высотой 50м.

Состав работ и траты труда по утеплению и отделке фасада принимается по ГЭСН 81-02-15-2001 «Отделочные работы», по монтажу и

демонтажу лесов – из ГЭСН 81-02-8-2001 «Конструкции из кирпича и блоков». Затраты труда рабочих по монтажу и демонтажу подвесных подмостей принимаются по ЕНиР Е 35 «Монтаж и демонтаж строительных машин».

Для технико-экономического сравнения были приняты рамные леса, подвесные двухместные подмости и двухместные автовышки. Количество используемых средств подмащивания и возможное количество рабочих приведены в табл. 1.

Таблица 1. Количество используемых средств подмащивания на исследуемом объекте строительства

Table 1. The number of scaffolding used on the studied construction object

№	Наименование	Кол-во	Кол-во людей, чел.
1	Строительные леса	4870 м ²	60
2	Подвесные подмости	30шт	60
3	Автовышки	8шт	16

Подсчет трудозатрат на монтаж и демонтаж средств подмащивания

Для строительных лесов

Высота исследуемого здания 50 м. Из ГЭСН 8-07-001-4 необходимо на каждые последующие 4 м свыше 16 м добавлять к норме 43,4 чел.-ч., на 100м² еще 6,6чел.-ч., таким образом, для вычисления трудозатрат необходимо подсчитывать их отдельно для каждой высоты]:

Подсчет нормы времени для каждого последующего изменения высоты на 4 м:

$$H_{вр.н} = H_{вр.т} + (n-1) \cdot H_{вр.д}, \quad (1)$$

где: $H_{вр.н}$ - норма времени в зависимости от высоты на которой происходит монтаж и демонтаж строительных лесов.

$H_{вр.т}$ - норма времени на монтаж и демонтаж строительных лесов на высоте до 16 м.

$H_{вр.д}$ - норма времени, которую необходимо добавить на каждые последующие 4 метра изменения высоты.

Таблица 2. Сводная таблица подсчета трудозатрат на монтаж и демонтаж строительных лесов

Table 2. Summary table of labor costs for the installation and dismantling of scaffolding

№	Высота до (м)	Соответствующая высоте площадь фасада (м ²) S_n	Норма времени на монтаж и демонтаж (чел.-ч.) H_n	Трудозатраты на монтаж и демонтаж (чел.-ч.) T_n
1	2	3	4	5
1	16	1558,4	43,4	676,34
2	20	389,6	50	194,8
3	24	389,6	56,6	220,51
4	28	389,6	63,2	246,22
5	32	389,6	69,8	271,94
6	36	389,6	76,4	297,65
7	40	389,6	83	323,36
8	44	389,6	89,6	349,08
9	48	389,6	96,2	374,79
10	50	194,8	99,5	193,82
Итого				3148,6

Подсчет площади фасада здания для каждого последующего измерения высоты на 4 метра:

$$S_n = \frac{h_n \cdot S_{вр.н}}{h_{зд}}, \quad (2)$$

где: S_n - площадь фасада, соответствующая высоте на которой монтируются и демонтируются строительные леса, м².

h_n - высота здания на соответствующих отметках, м.

$S_{зд}$ - площадь фасада здания, м.

$h_{зд}$ - высота здания, м.

Подсчет трудозатрат на монтаж и демонтаж строительных лесов для каждого последующего изменения высоты на 4 метра производим по формуле:

$$T_n = S_n \cdot H_n, \quad (3)$$

Результаты подсчета трудозатрат на монтаж и демонтаж лесов приведены в таблице 2.

Для подвесных подмостей

Норма времени по ЕНиР § Е35-54 предполагает осуществление монтажа и демонтажа с ранее смонтированных подмостей. Исходя из плана расположения подвесных подмостей на объекте их количество составляет 30 единиц. Для применения данных нормативных значений необходимо первые и последние подмости монтировать, используя норму времени для крана (в нашем случае автокран КС-7474 «Ивановец» грузоподъемностью 80т).

Из § Е35-54 и § Е35-55 норма времени на монтаж одних подмостей составляет 11,17 чел.-ч. для высоты до 15 м и 13,54 чел.-ч. для высоты до 30 м (монтаж для ранее смонтированных подмостей). В связи с тем, что высота здания 50м увеличиваем норму времени на монтаж и демонтаж.

Норма времени на монтаж при помощи ранее смонтированных подмостей:

$$H_{вр.монтажа(л)} = (H_{вр.2} - H_{вр.1}) + H_{вр.2}, \quad (4)$$

где: $H_{вр.1}$ - норма времени для высоты до 15 м.

$H_{вр.2}$ - норма времени для высоты до 30 м.

$$H_{вр.монтаж(л)} = (13,54 - 11,17) + 13,54 = 15,91 \text{ чел.-ч.}$$

Норма времени на демонтаж при помощи ранее смонтированных подмостей:

$$H_{вр.демонтаж(л)} = \frac{H_{вр.3} \cdot (H_{вр.2} - H_{вр.1})}{H_{вр.2}} + H_{вр.3}, \quad (5)$$

где: $H_{вр.3}$ - норма времени на демонтаж с ранее смонтированных подмостей.

$$H_{вр.демонтаж(л)} =$$

$$= \frac{15,55 \cdot (13,54 - 11,17)}{13,54} + 15,55 = 18,27$$

чел.-ч.

Норма времени на монтаж подвесных подмостей с помощью автокрана:

$$H_{вр.монтаж(к)} = (H_{вр.5} - H_{вр.4}) + H_{вр.5}, \quad (6)$$

где: $H_{вр.4}$ - норма времени на монтаж при помощи автокрана для высоты до 15 м.

$H_{вр.5}$ - норма времени на монтаж при помощи автокрана для высоты до 30 м.

$$H_{вр.монтаж(к)} = (11,19 - 9,6) + 11,19 = 12,78 \text{ чел.-ч.}$$

Норма времени на демонтаж подвесных подмостей с помощью автокрана:

$$H_{вр.демонтаж(к)} = \frac{H_{вр.6} \cdot (H_{вр.5} - H_{вр.4})}{H_{вр.5}} + H_{вр.6}, \quad (7)$$

где: $H_{вр.6}$ - норма времени на демонтаж при помощи автокрана.

$$H_{вр.демонтаж(к)} = \frac{15,55 \cdot (11,19 - 9,6)}{11,19} + 15,55 = 17,6 \text{ ч ел.-ч.}$$

Подсчет трудозатрат на монтаж и демонтаж с помощью ранее смонтированных подмостей:

$$T_{м,д(л)} = V_1 \cdot H_{вр.1}, \quad (8)$$

где: V_1 - количество строительных люлек монтируемых с помощью ранее смонтированных подмостей.

$H_{вр.1}$ - норма времени на монтаж и демонтаж с помощью ранее смонтированных подмостей.

$$T_{монтаж(л)} = 28(15,91 + 18,27) = 957,04 \approx 957 \text{ чел.-ч.}$$

Подсчет трудозатрат на монтаж демонтаж с помощью автокрана:

$$T_{монтаж(к)} = H_{вр.монтаж(к)} = 12,78 \text{ чел.-ч.}$$

$$T_{демонтаж(к)} = H_{вр.демонтаж(к)} = 17,6 \text{ чел.-ч.}$$

Общие трудозатраты на монтаж и демонтаж подвесных подмостей:

$$T = T_{монтаж(к)} + T_{демонтаж(к)} + T_{м,д(л)} = 12,78 + 17,6 + 957 = 987,38 \text{ чел. - ч.}$$

Подсчет стоимости монтажа и демонтажа средств подмащивания.

Подсчет стоимости монтажа производим по Территориальным единичным расценкам (ТЕР) в строительстве для Республики Крым.

ТЕР разработаны в базисном уровне цен по состоянию на 1 января 2000 года. Для перевода в текущие цены ежеквартально разрабатываются новые прогнозные индексы.

Индексы перевода в текущие цены принимаем из сборника индексов пересчета стоимости строительства для Крымского федерального округа по утвержденному Приказами Минстроя России 12-75/пр-1277/пр, 1288/пр-1397/пр. на IV квартал 2017 года.

Таблица 3. Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по статьям затрат по виду строительства на IV квартал 2017 года

Table 3. Indices of changes in the estimated cost of construction and installation works by object of expenditure by type of construction for the IV quarter of 2017

Вид строительства	Тип	Статьи затрат		
		Оплата труда	Материалы	Механизмы
Множкквартирные жилые дома	Кирпичные	18,56	5,39	6,52
	Панельные	18,56	6,74	6,42
	Монолитные	18,56	5,47	6,66
	Прочие	8,56	71	6,55

Стоимость монтажа и демонтажа наружных инвентарных лесов

Для подсчета стоимости монтажа и демонтажа наружных инвентарных лесов используем ТЕР 08-07-001-02 для Крыма в базисных ценах на 2001 год. При высоте до 16 м, стоимость равна 820,06 руб. за 100 м², на каждые последующие 4 м высоты добавлять 50,89 руб.

Подсчет расценки на монтаж в зависимости от высоты в ценах 2001 г.:

$$C_n = P_1 + (n - 1)m, \quad (9)$$

где: C_n - расценка на монтаж и демонтаж в зависимости от высоты.

P_1 - стоимость монтажа и демонтажа при высоте до 16 м.

m - добавочная стоимость на каждые 4 последующие метра повышения высоты.

Подсчет стоимости монтажа и демонтаж строительных лесов в зависимости от высоты и соответствующей ей площади фасада в ценах 2001 г.:

$$R_n = \frac{S_n \cdot C_n}{100}, \quad (10)$$

где: R_n - стоимость монтажа и демонтаж в зависимости от высоты, руб.

S_n - площадь фасада, соответствующая высоте на которой монтируются и демонтируются строительные леса, м².

Результаты подсчета стоимости монтажа рамных лесов приведены в таблице 4.

Таблица 4. Стоимость монтажа строительных лесов в зависимости от высоты здания

Table 4. The cost of installation of scaffolding, depending on the height of the building

№	Высота до (м)	Соответствующая высоте площадь фасада (м ²) S_n	Расценка на монтаж в зависимости от высоты (руб.) C_n	Стоимость монтажа в зависимости от высоты (руб.) R_n
1	2	3	4	5
1	16	1558,4	820,06	12779,81
2	20	389,6	870,95	3393,22
3	24	389,6	921,84	3591,48
4	28	389,6	972,73	3789,75
5	32	389,6	1023,62	3988,02
6	36	389,6	1074,51	4186,29
7	40	389,6	1125,4	4384,55
8	44	389,6	1176,29	4582,82
9	48	389,6	1227,18	4781,09
10	50	194,8	1252,625	2440,11
11	Итого			47917,18
Итого в ценах 2017г. с индексом 18,56				889343,05

Стоимость монтажа и демонтажа подвесных подмостей

Для подсчета стоимости монтажа и демонтажа подвесных подмостей принимаем расценку ТЕРМ 37-01-013-06. Оплата труда рабочих по монтажу оборудования на открытой площадке массой 1,5 т составляет 444,36 руб. в базисных ценах 2001 года.

Масса фасадного подъемника ЛЭ-2-100-300 равна 1350 кг, тогда масса всех подъемников $M=1550 \times 30=46500$ кг.

Оплата труда рабочих, монтирующих оборудование в текущих ценах:

$$C = \frac{C_1 \cdot M \cdot 18,53}{1,5}, \quad (11)$$

где: C - стоимость монтажа подвесных подмостей, руб.

C_1 - оплата труда рабочих на монтаж 1,5 т оборудования в базисных ценах 2001 года, руб.

M - масса всех подъемников, т.

$$C = \frac{444,36 \cdot 46,5 \cdot 18,53}{1,5} = 255253,72 \approx 255254$$

руб.

При подсчете трудозатрат на монтаж и демонтаж подвесных подмостей было принято решение монтировать первые и демонтировать последние подмости с помощью автокрана, для возможности применения нормы времени по монтажу подмостей с ранее смонтированных. Оптимальным вариантом будет использовать автокрана высотой подъема крюка до 60 м. В расчетах был принят автокран КС-7474. Аренда данного крана составит 5500 руб./час по рыночной стоимости в текущих ценах. Норма времени на монтаж одних подмостей составляет 12,78чел.-ч. Для звена из 4 рабочих трудозатраты составят

$$T = \frac{H}{4} = \frac{12,78}{4} = 3,2 \text{ ч.}$$

Из всего вышеизложенного аренду крана необходимо производить на срок от 5 часов, что по стоимости будет равняться 27500 руб.

Трудозатраты на демонтаж данного оборудования равны трудозатратам на монтаж. Таким образом для вычисления стоимости монтажных и демонтажных работ увеличиваем стоимость в два раза.

$$C_{об} = 2 * (C + 27500) = 565508 \text{ руб.}$$

Сравнение технико-экономических показателей средств подмащивания

Подвесные подмости модели ЛЭ-2-100-300 могут обеспечивать работой одновременно не более 2 человек, а следовательно на отделочных работах будет занято 60 рабочих в смену, на строительные леса, поставим аналогичное число рабочих.

По плану расположения автовышек на строительной площадке их число ограничивается 8 по 2 человека на каждую единицу, таким образом число рабочих в смену составит 16 человек.

Определим продолжительность производства работ по утеплению фасада здания, монтажу и демонтажу средств подмащивания.

$$П = \frac{T}{m \cdot n}, \quad (12)$$

где: $П$ - продолжительность производства работ, дней.

T - трудозатраты на выполнение данной работы.

m - количество рабочих.

n - продолжительность смены, ч.

На устройство наружной теплоизоляции:

Для подвесных подмостей и инвентарных лесов продолжительность работ одинакова:

$$П_o = \frac{T}{m \cdot n} = \frac{21153,2}{60 \cdot 8} = 44,07 \approx 44 \text{ дн.}$$

Для автовышек:

$$П_o = \frac{T}{m \cdot n} = \frac{21153,2}{16 \cdot 8} = 165,26 \approx 166 \text{ дн.}$$

На монтаж и демонтаж строительных лесов:

$$П_l = \frac{T}{m \cdot n} = \frac{3148,6}{60 \cdot 8} = 6,559 \approx 7 \text{ дн.}$$

На монтаж и демонтаж подвесных подмостей:

$$П_{с.л.} = \frac{T}{m \cdot n} = \frac{987,38}{60 \cdot 8} = 2,057 \approx 2 \text{ дн.}$$

Подсчет стоимости аренды на период ведения строительных работ.

Для наружных инвентарных лесов:

$$C_{a.l.} = (K_0 + K_l) \cdot t \cdot S, \quad (13)$$

где: $C_{a.l.}$ - стоимость аренды наружных инвентарных лесов на период выполнения строительного-монтажных работ, руб.

K_0 - кол-во дней необходимое для выполнения работ, дн.

K_l - время, необходимое на монтаж и демонтаж наружных инвентарных лесов, дн.

t - цена за единицу руб/м².

S - площадь фасада здания, м².

$$C_{a.l.} = (44 + 7) \cdot 2 \cdot 4870 = 496740 \text{ руб.}$$

Для подвесных подмостей:

$$C_{a.l.} = (K_0 + K_l) \cdot t \cdot V, \quad (14)$$

где: K_l - кол-во дней необходимое на монтаж и демонтаж подвесных подмостей, дн.

t - цена за единицу руб/ед.

V - кол-во подвесных подмостей, ед.

$$C_{a.c.l.} = (44 + 2) \cdot 700 \cdot 30 = 966000 \text{ руб.}$$

Для автовышек:

$$C_{a.a.} = 166 \cdot 15000 \cdot 8 = 19920000 \text{ руб.}$$

Стоимость аренды, монтажа и демонтажа средств подмащивания приведены в таблице 5 и на рис. 1.

Таблица 5. Стоимость аренды, монтажа и демонтажа средств

Table 5. The cost of renting, installation and dismantling of funds

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Средства подмащивания		
			Рамные леса	Подвесные подмости	Автомобильные вышки
1	2	3	4	5	6
1.	Аренда	руб.	496740	996000	19920000
2.	Монтаж-демонтаж	руб.	889343	565508	-
Итого:		руб.	1386083	1531508	19920000

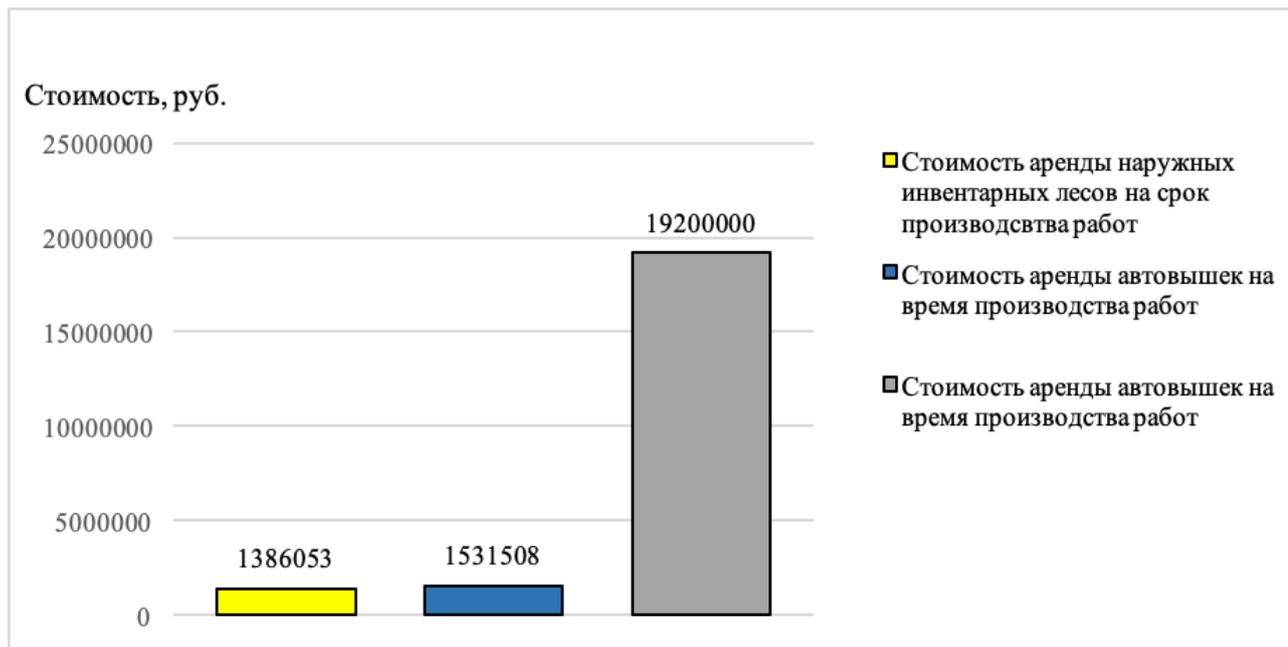


Рис. 1. Диаграмма стоимости аренды, монтажа и демонтажа средств подмащивания

Fig. 1. Chart of the cost of renting, installation and dismantling of scaffolding

ВЫВОДЫ

На основании полученных теплотехнических и экономических расчетов можно сделать вывод, что для выполнения работ по утеплению и наружной отделке фасада рассматриваемого здания наиболее целесообразно применение рамных лесов. Применение подвесных подмостей приводит к удорожанию работ на 9,5%. Применение автовышек нецелесообразно не только по экономическим причинам, но и по продолжительности производства работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шмаков А.Т. Унифицированные леса, подмости, вышки, люльки, лестницы, стремянки, применяемые в строительстве.- М. : Издательство литературы по строительству, 1972.- 105с.
2. Демьянов А.А. Технологическая карта на устройство рамных лесов. – Санкт-Петербург: Военный инженерно-технический университет, 2012. – 13с.
3. Технологические карты с применением материалов CERESIT. Киев.: 2012.-105с.
4. Савойский В.В., Болотских О,Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. – Харьков: Издательский дом, 1999. – 289с.
5. Лівінський О.М. Опоряджувальні роботи: Матеріали, технологія і організація робіт, засоби механізації: Підручник. – К.: «МП Леся», 2010. – 683с.
6. Сухачев В.П., Каграманов Р.А. Справочник строителя. Средства малой механизации для производства строительно-монтажных работ. – М.: Стройиздат, 1989. – 384с.

7. МДС 12-25. 2006 Леса строительные. Монтаж, расчет, эксплуатация / ЦНИИОМТП. – М.: ФГУП ЦПП, 2006. – 15с.

8. МДС 12-57. 2010 Монтаж строительных лесов на высотные здания. проект производства работ. – М.: ОАО «ЦПП», 2010. – 14с.

9. МДС 12-58. 2011 Строительные леса. Изготовление, монтаж, эксплуатация. – М.: ОАО «ЦПП», 2011. – 15с.

REFERENCES

1. Shmakov A.T. Unified scaffolding, towers, cradles, ladders, step-ladders used in construction .- M.: Building Literature Publishing House, 1972.-105p.
2. Demyanov A.A. Routings on installation of frame scaffold. - St. Petersburg: Military Engineering and Technical University, 2012. – 13p.
3. Routings using CERESIT materials. Kiev .: 2012.-105p.
4. Savoisky V.V., Bolotskikh O, N. Repair and reconstruction of civilian buildings. - Kharkov: publishing house, 1999. – 289p.
5. Livinsky O.M. Painting works: Materials, technology and organization of works, mechanization tools: Textbook. - K .: "MP Lesya", 2010. – 683p.
6. Sukhachev V.P., Kagramanov R.A. Reference builder. Means of small-scale mechanization for the production of construction and installation works. - M .: stroyizdat, 1989. – 384p.
7. MDC 12-25.2006 Scaffolding. Installation, calculation, operation / TSNIOMTP. - M .: FSUE TsPP, 2006. – 15p.
8. MDC 12-57. 2010 Installation of scaffolding on high-rise buildings. project of work production. - M .: OJSC "ZPP", 2010. – 14p.

9. MDC 12-58. 2011 Scaffolding.
Manufacturing, installation, operation. - М .: OJSC
“ZPP”, 2011. – 15p.

THE TECHNIQUE OF SELECTION OF OPTIMAL MEANS OF PREVENTION IN THE
MANUFACTURE OF EXTERNAL DECORATING WORKS OF MULTILEVEL RESIDENTIAL
BUILDINGS

Golovchenko I.V.

Summary. The article analyzes the possible options for scaffolding for the production of works on the insulation and decoration of the facade of a 16-storey residential building. The economic feasibility of the use of frame scaffolding for the production of finishing works on the facade of the building is defined

Key words: frame scaffolding, suspended scaffolding, car towers, installation and dismantling of scaffolding, rent of scaffolding

УДК 621. 926. 4

МОЛОТКОВАЯ ДРОБИЛКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЫПУЧИХ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ И ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Корохов В.Г. Бурова И.В.

*ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет имени В.И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры.
Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181.
vladlen.korokhov@mail.ru*

Аннотация. Приводится анализ влияния и рекомендуемые конструктивные характеристики рабочих органов дробилки, обеспечивающие оптимальную производительность двухфункционального процесса машины, состоящего из технологических операций дробления и отделения измельченного материала с одновременным его фракционированием.

Предмет исследования. В двухфункциональной дробилке изучены и определены необходимые конструктивные показатели измельчающего механизма, классификатора гранул и воздушно-вентиляционного сепаратора мелких частиц.

Материалы и методы исследований. В работе использованы стандартные методы экспериментальных исследований механического оборудования для измельчения и классификации твердых материалов.

Результаты. Для рекомендуемого к изготовлению нового измельчителя сыпучих стройматериалов определены размерные характеристики и геометрические трехмерные соотношения измельчающего механизма, классифицирующего и сепарирующего устройств, конструктивно и кинематически осуществлена возможность технически рационально использовать проявление известных физических закономерностей в выполнении взаимосвязанных технологических операций, благодаря чему эта малогабаритная и легкая машина, по своей производственной отдаче, представляет собой двухфункциональный агрегат, обеспечивающий оптимальные результаты измельчения и фракционирования получаемого сыпучего материала, при минимальном энергопотреблении.

Ключевые слова. Дробилка, измельчение, стройматериалы, конструирование, механизмы, классификатор, сепаратор, обечайка, молотки, контрнож, вентиляционный эффект, центробежные силы, перфорация, производительность, энергопотребление.

ВВЕДЕНИЕ

Ниже рассматриваемая дробилка молоткового типа с центральной загрузкой сырья предназначается для получения сыпучих строительных материалов из хрупкого минерального и органического сырья путем измельчения в ней ударами молотков крупных (до 80 мм) фракций глины, известняка, гипса, шлака, керамики, угля, а также хрупкого пластика, обрезков древесины, картона и других отходов подобных материалов, для их использования в строительстве. Кроме этого, дробилка может быть применена для грубого измельчения зерновые культур, таких как пшеница, ячмень, кукуруза зерновая и в початках. Основные эксплуатационные требования к рекомендуемой для изготовления дробилке, состоят в получении гранул нужного размерного состава, в малом энергопотреблении, в обеспечении необходимой производительности переработки сырья при небольшой металлоемкости машины, высокой ее надежности и малой трудоемкости обслуживания.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящая работа представляет собой конструктивно обоснованные рекомендации о целесообразности изготовления дробилки

молоткового типа производительностью 5...10 т/час для получения сыпучих строительных материалов.

Задачи настоящей работы состоят в решение вопроса о влиянии геометрических характеристик рабочих органов и режимных параметров на получаемую гранулометрию сырья, на энергопотребление и на производительность дробилки, выполняющей одновременно две технологические операции:

1. Измельчение поступающего в дробилку сырья, состоящего из фракций известных (рекомендуется не более 80 мм) размеров, до получения в ней меньших частиц заданного размера. Измельчение осуществляется свободными ударами шарнирно закрепленных на роторе молотков пластинчатой геометрической формы.

2. Фракционирование получаемого дроблением материала: отделение гранул требуемого размера путем грохочения через вращающуюся перфорированную обечайку, и одновременно с этим – отделение сепарированием мелких частиц, витающих в образующемся воздушном потоке.

Рассматривается также функциональное влияние кинематики и конструктивного построения рабочих органов машины в плоскостной и пространственной геометрии таким образом, чтобы осуществлялась возможность проявления известных физических

закономерностей, способствующих наиболее эффективному выполнению перечисленных технологических операций с минимальным энергопотреблением.

Ранее нами были созданы высокоэффективные дробилки подобной конструкции для семечковых плодов, принятые к серийному производству и выпущенные в двух модификациях - производительностью 10 т/час и 20 т/час марок ВДМ-10 и ВДМ-20, используемые в различных хозяйствах Крыма [1]. Конструкция дробилок защищена авторскими свидетельствами на изобретения № 691189, № 1607939 [2], [3]. В этих конструкциях нами отработаны технологические особенности измельчения и фракционирования сырья. Машины компактные и легкие. Дробилка ВДМ-10 имеет ротор диаметром 680 мм при его длине 150 мм, она весит в сварном исполнении 390 кг, в литом (при серийном выпуске) 525 кг, в обоих вариантах – с учетом электродвигателя весом 250 кг. На рисунке 1 приведен образец дробилки в литом исполнении.



Рис.1 Дробилка в литом исполнении

Fig.1 Crusher in cast version

Исходя из позиции авторского подхода, считаем, что дробилка ВДМ-10 является надежным базовым аналогом для рекомендуемой к изготовлению дробилки, как по конструкции, так и по особенностям ее кинематики [4]. Опыт испытаний и доведения технико-эксплуатационных показателей дробилки ВДМ-10 - до требуемых, показал, что, поскольку рекомендуемая к изготовлению дробилка предназначается для переработки разнородного вышеуказанного сырья с существенно отличающимися физико-механическими свойствами, то это потребует экспериментальной доводки определяющих элементов рабочих органов и режимных характеристик новой машины для получения сыпучих строительных материалов однородного размерного состава [5].

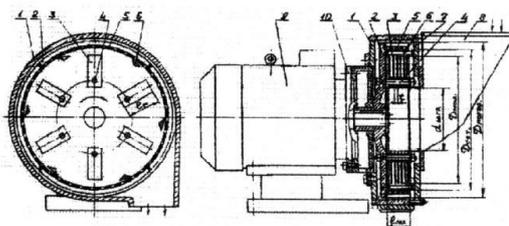


Рис.2. Молотковая дробилка

Fig.2. Hammer mill

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика исследования дробилок при переработке органического сырья состояла в определении эффективности измельчения и отделения гранул нужного размера, в измерении производительности машины при использовании рабочих органов различной геометрии и при различной частоте вращения ротора, а также, в определении способов минимизации энергопотребления. В период испытаний экспериментального образца дробилки нами проверена возможность измельчения гипса, известняка и обрезков древесины, размерами не более 80 мм, и получены положительные результаты.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В базовой дробилке ВДМ-10 конструкцией ее рабочих органов, их компоновкой, кинематикой и взаимодействием с сырьем созданы условия, при которых основные физические закономерности максимально способствуют осуществлению требуемых технологических операций. В рекомендуемой к изготовлению дробилке для получения сыпучих строительных материалов, наряду с принятой и, ранее апробированной принципиальной схемой конструкции и ее кинематикой, используется принцип конвертирования [4], согласно которому назначаются размеры и геометрические соотношения рабочих органов, в зависимости от размеров наибольших фракций исходного сырья с иными физико-механическими свойствами.

Сходные признаки конструктивного построения дробилок ВДМ-10 и рекомендуемой к изготовлению дробилки для строительных материалов состоят в следующем: компактность машин, совмещение конструктивных функций рабочих органов в выполнении трех технологических операций, и единая их кинематика, максимальное использование инерционных физических закономерностей для эффективного выполнения технологического процесса, для минимизации рабочих нагрузок на ответственные детали и для высокой удельной производительности, при небольшом энергопотреблении.

На рис. 2 показан продольный и поперечный разрез дробилки. В корпусе 1 расположен ротор 2 с шарнирно закрепленными пластинчатыми молотками 3 на осях 4. К ротору прикреплен классификатор 5 в виде цилиндрической обечайки с отверстиями. Между этим классификатором 5 и молотками 3 расположены неподвижные контрножи 6 (рис.3), которые прикреплены к крышке 7 корпуса 1. К этой крышке прикреплен и

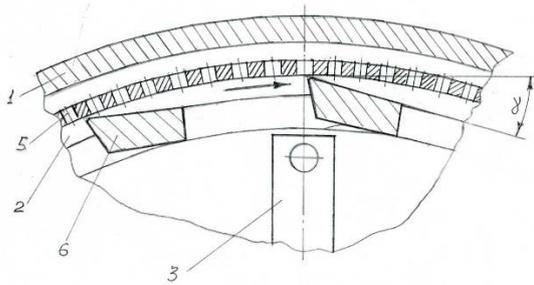


Рис.3. Расположение контрножей в роторе

Fig.3. Location contrary in the rotor

Подлежащее измельчению сырье поступает в загрузочный бункер 8, из которого - в центральную часть вращающегося ротора 2. Центробежными силами сырье разбрасывается в стороны и разбивается ударами молотков 3 на мелкие фракции. Те частицы, размер которых менее диаметра перфорационных отверстий вращающегося классификатора 5, пролетают через эти отверстия и попадают на внутреннюю поверхность корпуса 1, откуда выбрасываются через выгрузной патрубок этого корпуса. Образующимся вентиляционным воздушным потоком удаляются через отверстия классификатора мелкие частицы сырья, витающие в этом потоке [8]. Недоизмельченные фракции сырья снимаются с вращающегося классификатора 5 неподвижными контрножами 6 и поток этих частиц попадает под удары молотков 3 для доизмельчения вместе с вновь поступающим сырьем.

Анализ отличительных и функциональных особенностей дробилки принципиально новой конструктивной схемы, согласно авторским свидетельствам на изобретения [2], [3], и обоснование конструктивных характеристик ее рабочих органов.

Поскольку в одном компактном агрегате выполняются, указанные выше, две технологические операции – измельчение и классификация фракций, а также вспомогательная операция по удалению контрножами недоизмельченных фракций с внутренней поверхности классификатора, и ориентация их в зону вращения молотков на доизмельчение, то целесообразно рассмотреть зависимость функциональных показателей дробилки от

загрузочный бункер 8. Ротор 2 измельчителя закреплен своей ступицей на валу электродвигателя 9, исполнения Ц2/Ф2, мощностью 10 квт, со скоростью вращения 725 об/мин, и приводится им во вращение [7]. К фланцу этого электродвигателя 9, стоящего на лапах, через защитную разделительную камеру 10 прикреплен корпус 1 дробилки.

геометрических характеристик рабочих органов, осуществляющих каждую из этих операций.

1. Компактность конструкции дробилки достигается тем, что она смонтирована на фланце электродвигателя исполнения Ц2/Ф2 таким образом, что корпус примыкает и крепится к фланцу электродвигателя, стоящего на лапах. Это исключает необходимость использования специальной станины, сокращает размеры и вес машины.

2. Ступица ротора дробилки размещена непосредственно на валу электродвигателя. Это исключает необходимость использования механической передачи для привода ротора с валом и подшипниковыми узлами, поскольку их функцию выполняет вал электродвигателя со «своими» подшипниковыми опорами.

3. Классификатор фракций, получаемого раздробленного материала, размещен в корпусе дробилки. По конструкции он представляет собой грохот в виде вращающейся цилиндрической обечайки с большим количеством перфорационных

отверстий [9]. Это выгодно отличает его от неподвижного классификатора - желоба (в известных молотковых дробилках [6]) использованием центробежных сил инерции и значительно большей площадью живого сечения перфорационных отверстий, что в существенной мере, определяет функциональную эффективность дробилки.

4. Вращение цилиндрического классификатора, внутри которого измельчается сырье, позволяет использовать центробежные силы инерции, действующие на частицы сырья, для быстрого и интенсивного их удаления из классификатора без смешивания с недоизмельченным сырьем [10]. Это сокращает продолжительность всего технологического процесса, увеличивает производительность дробилки при небольших ее размерах и снижает до минимума удельное энергопотребление на переработку сырья. Классификатор должен соответствовать таким основным требованиям к его геометрическим характеристикам:

4.1 Обечайка — это сварной цилиндр из листовой стали толщиной не менее 3 мм с отверстиями, расположенными в шахматном порядке.

4.2 Диаметр перфорационных отверстий классификатора, в зависимости от требуемого

гранулометрического состава готового продукта, должен быть с превышением на 10...20% требуемого размера получаемых мелких фракций сырья и может быть принят от 3 мм до 10 мм или более, что может оказаться и продиктованным скоростным режимом измельчения и вращения классификатора. Во избежание закупорки отверстий, диаметр их должен быть не меньше толщины стенки классификатора. Ширина перемычек между отверстиями должна быть не менее 5 мм. Второй вариант исполнения классификатора – с возможностью регулирования проходного размера отверстий (в зависимости от разнообразия видов сырья и размера получаемых частиц) – это двухслойная конструкция, состоящая из внутреннего и наружного цилиндров с одинаковыми соосно расположенными отверстиями и возможностью смещения одного из цилиндров относительно другого с целью уменьшения проходного просвета частично перекрываемых отверстий.

4.3 Относительная площадь живого сечения γ перфорационных отверстий классификатора должна быть не менее 25%. Она определяется из зависимости:

$$\gamma = \frac{\sum F_{\text{отв}}}{F_{\text{кл}}} \cdot 100\% ,$$

где $\sum F_{\text{отв}}$ – суммарная площадь отверстий классификатора, $F_{\text{кл}}$ – общая площадь классификатора, определяемая длиной его окружности и длиной цилиндра этой обечайки [11].

4.4 Внутренний диаметр классификатора $D_{\text{кл}}$ должен быть больше описанной окружности вращения молотков $D_{\text{мол}}$ на 30...40 мм для размещения в этой зоне неподвижных контрножей, чтобы они не соприкасались с вращающимися молотками и внутренней поверхностью перфорированной обечайки классификатора (рис. 3).

4.5 Минимальная длина образующей цилиндра перфорированной обечайки классификатора $l_{\text{кл}}$ должна превосходить в 1,5...1,7 раза размер крупных фракций сырья. Вращающийся цилиндрический классификатор должен своей длиной полностью перекрывать зону вращения молотков.

5. Вращением ротора дробилки с центральным загрузочным отверстием создается вентиляционный эффект, при котором воздух интенсивно поступает через центральную полость внутрь измельчителя, создавая давление 40...50 кгс/м², и с большой скоростью выходит через отверстия классификатора, захватывая с собой мелкие частицы сырья, попадающие в воздушный поток [8]. Это ускоряет удаление измельченных частиц сырья. Таким образом, быстро освобождается рабочее пространство со стороны внутренней поверхности классификатора для беспрепятственного продолжения взаимосвязанных

операций измельчения и удаления раздробленного сырья. Это повышает производительность машины.

Частицы раздробленного сырья различной гранулометрии удаляются через выгрузной патрубок дробилки с различными скоростями. Крупные фракции оптимального размера вылетают из патрубка с минимальной скоростью и попадают в рядом поставленный для них контейнер. Мелкие – порошкообразные частицы вылетают в воздушном потоке с наибольшей скоростью и летят дальше от патрубка, попадая в удаленно расположенный контейнер. Для раздельного сбора измельченного материала требуемой

гранулометрии целесообразно использовать два или три последовательно установленных контейнера – для крупного (оптимального), среднего и мелкого сырья. А оснащение выгрузного патрубка дробилки, направляющей насадкой с изменяющимся расположением выходного окна из нее, позволит ориентировать выгружаемый поток сырья в нужном направлении для заполнения каждого контейнера сырьем требуемого гранулометрического состава.

6. Об особенностях измельчающих рабочих органов дробилки, к которым относятся молотки и контрножи.

6.1 Испытанные молотки имеют геометрическую форму в виде пластин и они шарнирно соединены с осями. Длина рабочей части молотка, т. е. участок его длины за пределами оси должен быть в 1,2 раза больше самой крупной фракции измельчаемого сырья, т. е.

$$l_{\text{раб.}} \geq 1,2 \cdot \delta_{\text{макс}} .$$

Ширина молотка – 35...40 мм, предпочтительная толщина – 7...8 мм, материал – низколегированная сталь, твердостью после закалки с низкотемпературным отпуском 57...62 HRC, рабочая поверхность молотка может быть выполнена плоской или зубчатой. Может быть рекомендована наплавка износостойкого слоя на рабочей поверхности молотков [12]. Для эффективного измельчения нехрупких материалов целесообразно заострение его рабочей грани под углом 30 ... 35°. Для обеспечения длительного срока службы молотков, рационально выполнить обе продольные грани рабочими; так же целесообразно наличие отверстий на обоих концах молотков для продления их срока службы, путем четырехкратной перестановки на оси.

6.2 Длина оси $l_{\text{оси}}$, с размещенными на ней молотками, тоже должна превосходить на 20% наибольший размер исходной фракции сырья:

$$l_{\text{оси}} \geq 1,2 \cdot \delta_{\text{макс}} .$$

6.3 Шаг $t_{\text{мол}}$ размещения молотков на оси с соответствующими просветами между ними,

является существенным технологическим показателем в определении необходимого числа z молотков на оси. Это **уточняется экспериментально** в зависимости от вида измельчаемого сырья и требуемой гранулометрии готового продукта. Для эффективного измельчения сырья, молотки на соседних осях должны располагаться в шахматном порядке, т. е. – просветы между молотками на оси «А» должны перекрываться молотками на оси «В», и т. д.

6.4 Количество осей s , на которых шарнирно закреплены молотки, может быть от трех до шести, что **уточняется экспериментально**. Расстояние между соседними осями (просвет) с молотками должно быть на 20...30% больше крупных фракций сырья – во избежание заклинивания фракций в этом просвете.

6.5 Диаметр окружности, на которой закрепляются оси молотков на роторе, должен быть больше требуемого диаметра загрузочного отверстия из бункера в дробилку, чтобы сырье, поступающее из бункера внутрь дробилки, не соприкасалось с осями молотков на переходном участке. Во избежание заклинивания сырья в этом переходном участке необходимо, чтобы диаметр загрузочного отверстия из бункера в дробилку превосходил в 2,5...3,5 раза размер крупных фракций сырья.

6.6 Поскольку оси молотков расположены на вращающемся роторе по окружности и закреплены консольно, то на каждую ось с молотками действует изгибающий момент сил инерции, которые направлены радиально от центра. Для уменьшения напряжений изгиба в местах закрепления осей, противоположные – свободные концы всех осей соединены общим кольцом, которое уравнивает воздействие всех разнонаправленных инерционных сил, действующих на каждую ось. Таким образом, оси, по характеру действующих на них нагрузок, из консолей «превращаются» в двухопорные балки. В результате этого, напряжения изгиба, испытываемые осями, уменьшаются в два раза. Это увеличивает запас прочности и ресурс работы измельчающего механизма.

7. Чтобы недоизмельченные фракции сырья, не прошедшие через отверстия классификатора, не вращались вместе с ним, используются неподвижные контрножи (рис. 3) фасонного поперечного сечения, которые, подобно скребкам, снимают эти фракции с внутренней поверхности классификатора и потоком направляют их на измельчение в зону вращения молотков.

7.1 Контрножи для удаления с внутренней поверхности классификатора недоизмельченных частиц, должны быть размещены так, чтобы зазор между их поверхностью и внутренней поверхностью классификатора – расширялся. Это исключает сопротивление вращению классификатора и сокращает энергозатраты на технологическую операцию. Контрножи изготовлены из низколегированной стали,

твердостью после закалки и низкотемпературного отпуска – 57...62 HRC, имеют фасонное поперечное сечение с заострением. Может быть рекомендована наплавка износостойкого слоя на рабочем поверхности контрножей [12]. Вершина заострения рабочей кромки контрножа должна быть скруглена радиусом 0,5...1 мм и располагаться относительно классификатора на расстоянии 1,5...2 мм. Для обеспечения требуемой прочности контрножей, испытывающих неравномерные удары разных фракций сырья, оба концевых участка ножей соединены двумя кольцами, одним из которых эта пространственная конструкция прикреплена к крышке дробилки.

Требуемая производительность и степень измельчения определенных разновидностей сырья, различающихся плотностью и размерами фракций, достигается путем опытной вариации длины молотков, шагом их расположения на оси, числом осей с молотками, количеством контрножей и частотой вращения ротора, а также площадью живого сечения перфорационных отверстий классификатора и их диаметром.

Из анализа размерных элементов конструкции рабочих органов дробилки, обеспечивающих качественное выполнение всех технологических операций и требуемую производительность следует, что исходным определяющим показателем являются размеры наибольших гранул (кусков) перерабатываемого сырья и его физико-механические свойства. Равномерная работа дробилки возможна только при равномерной подаче сырья транспортером в бункер дробилки, из которого оно попадает в рабочее пространство ротора измельчающего механизма. Объем загружаемых кусков сырья не должен переполнять ротор, так как это может привести к прекращению измельчения или разрушению деталей. Поэтому, производительность дробилки должна рассчитываться, исходя из объема возможной переработки сырья в единицу времени, что именуется объемной производительностью [11]. Используемая в технической документации весовая производительность, в данном случае, определится перерасчетом, исходя из известной удельной плотности того или иного перерабатываемого сырья. Ниже приводятся значения удельной плотности некоторых материалов, подлежащих переработке: известняк, гипс (воздушно-сухой) – 2...2,2 г/см³; керамика, фарфор – 2,2...2,4 г/см³; каменный уголь – 1,2...1,5 г/см³; хрупкие пластики – 1,2...1,4 г/см³; сосна, ель – 0,4...0,5 г/см³; дуб, бук – 0,7...0,9 г/см³; плоды: яблоки, груши 0,7...0,8 г/см³; морковь 0,9...1,1 г/см³ [13].

Приведенные выше размерные соотношения, рекомендуемые для определения основных элементов конструкции рабочих органов дробилки, базируются на результатах экспериментальных и эксплуатационных испытаний дробилок при

переработке органических и неорганических материалов размерами фракций до 80 мм при скорости вращения ротора дробилки 725 об/мин и получаемыми измельчением гранулами 4...5 мм [7], [11]. При этом, производительность переработки поддерживалась около 10 т/час, с возможностью ее увеличения. Энергопотребление не превышало 10 квт, что указывает на минимальные удельные энергозатраты.

ВЫВОДЫ

Совокупностью конструктивных решений в рассматриваемой молотковой дробилке с применением в ней последовательно расположенных разнооперационных рабочих органов в единой их кинематике, и при нестандартном компоновочном решении всей конструкции машины, с механизмами, размещенными на фланце и валу электродвигателя, осуществлена возможность технически рационально использовать проявление известных физических закономерностей в выполнении ряда технологических операций, благодаря чему эта малогабаритная и легкая машина, по своей производственной отдаче, превращена в двухфункциональный энергоэкономичный агрегат. Рекомендуемые нами для создаваемой конструкции дробилки размерные характеристики и геометрические соотношения рабочих органов измельчающего механизма, вращающегося классификатора-грохота и воздушно-вентиляционная сепарация получаемых сыпучих материалов, содержат в себе широкую перспективу вариации требуемого увеличения или уменьшения производительности всех трех функций единого технологического процесса, т. е. – дробления сырья различной удельной плотности с разными физико-механическими свойствами, размерную классификацию требуемых гранул и сепарацию мелких фракций в образуемом воздушном потоке, все это – с минимальным энергопотреблением.

Используя аналитические и экспериментальные материалы, можно утверждать, что технико-эксплуатационные показатели дробилки, и, прежде всего, производительность (Q), представляют собой сложную функциональную зависимость от геометрических характеристик измельчающего механизма, классифицирующего и сепарирующего устройств, т. е. от рабочей длины молотков ($l_{\text{мол}}$), количества молотков (z) и шага (t) расположения их на оси, от количества осей (s) с молотками, а также – от диаметра перфорационных отверстий классификатора (d), относительной площади их живого сечения (γ) и диаметра классификатора ($D_{\text{кл}}$), его длины ($l_{\text{кл}}$), количества контрножей (k), удельной плотности перерабатываемого сырья (ρ) и скорости вращения ротора (n), т.е. справедлива зависимость:

$$Q = f(l_{\text{мол}}, z, t, s, d, \gamma, D_{\text{кл}}, l_{\text{кл}}, k, \rho, n)$$

Рассмотренная компактная конструкция дробилки экономически эффективна для производительности 5...10 т/час по исходному сырью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корохов, В.Г. Лавринев, П.Г. Оборудование для переработки сельскохозяйственного сырья / В.Г. Корохов, П.Г. Лавринев. – Симферополь: НАПКС, 2006. – 139 с.
2. Молотковая дробилка: Авторское Свидетельство 691189 СССР: М. Кл. В 02 С 13/02/ Корохов В.Г.; заявитель и патентообладатель Симферопольский филиал Севастопольского приборостроительного института. - №2511738/29-33; заявл. 01.08.77; опубл. 15.10.79, Бюл. №38. – 3 с: ил.
3. Молотковая дробилка: Авторское Свидетельство 1607939 СССР: М. Кл. В 02 С 13/02/ Корохов В.Г.; заявитель и патентообладатель Симферопольский филиал Днепропетровского инженерно-строительного института. - №4625160/23-33; заявл. 14.10.88; опубл. 23.11.90, Бюл. №43. – 2 с: ил.
4. Орлов П.И. Основы конструирования / Справочно-методическое пособие в 2-х книгах. — М.: Машиностроение, 1988. — 560 с.
5. Капица П. Л. Эксперимент, теория, практика / Капица П.Л.. – М.: Наука, 1974. – 288 с.
6. Молотковый измельчитель: пат. 2195368 Рос. Федерация: МПК7 В 02 С 13/284/ Корохов В.Г.; заявитель и патентообладатель Корохов Владлен Григорьевич. - № 99123303/13 (024648); заявл. 04.11.99; опубл. 27.12.02, Бюл. №36. - 4 с: ил.
7. Корохов, В.Г., Бурова, И.В. Особенности конструкций и расчет мощности энергосберегающих дробилок для минерального и органического сырья / В.Г. Корохов, И.В. Бурова // - Motrol - Commission of motorization and power industry in agriculture: Polish Academy of sciences. - Lublin, 2010-2011. – 86-94 p.
8. Соломакова, Т.С., Чебышева, К.В. Центробежные вентиляторы. Аэродинамические схемы и характеристики / Т.С. Соломакова, К.В. Чебышева. – М.: Машиностроение, 1980. – 176 с.
9. Софронов, В.Л. Машины и аппараты химических производств / В.Л. Софронов. – Северск: СГТА, 2008. – 269 с.
10. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин Учебник Четвертое издание переработанное и дополненное, изд. Эколит, 2011 г. , 640 с.
11. Корохов, В.Г. Бурова, И.В. Лавринев, П.Г. Расчет технико-эксплуатационных показателей измельчителей и формующего оборудования для строительных материалов / В.Г. Корохов, И.В. Бурова, П.Г.Лавринев // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. - Симферополь: НАПКС, 2009. - Вып.28. - С.44-47.

12. Гуляев А.П. *Металловедение* / Гуляев А.П. – М.: *Металлургия*, 1986. – 544 с.
13. Н.И. Кошкин, М.Г. Ширкевич *Справочник по элементарной физике*. – М.: *Наука*, 1976. – 256 с.

REFERENCES

1. Korokhov, V.G. Lavrinev, P.G. *Oborudovaniye dlya pererabotki sel'skokhozyaystvennogo syr'ya* / V.G. Korokhov, P.G. Lavrinev. - Simferopol': NAPKS, 2006. - 139 s.
2. Molotkovaya drobilka: Avtorskoye Svidetel'stvo 691189 SSSR: M. Kl. B 02 S 13/02 / Korokhov V.G. ; zayavitel' i patentoobladatel' Simferopol'skiy filial Sevastopol'skogo priborostroitel'nogo instituta. - №2511738 / 29-33; zayavl. 01.08.77; opubl. 15.10.79, Byul. №38. - 3 s: il.
3. Molotkovaya drobilka: Avtorskoye Svidetel'stvo 1607939 SSSR: M. Kl. B 02 S 13/02 / Korokhov V.G. ; zayavitel' i patentoobladatel' Simferopol'skiy filial Dnepropetrovskogo inzhenerno-stroitel'nogo instituta. - №4625160 / 23-33; zayavl. 14.10.88; opubl. 23.11.90, Byul. №43. - 2 s: il.
4. Orlov P.I. *Osnovy konstruirovaniya / Spravochno-metodicheskoye posobiye v 2-kh knigakh*. - M.: *Mashinostroyeniye*, 1988. - 560 s.
5. Kapitsa P. L. *Eksperiment, teoriya, praktika / Kapitsa P.L. ..* - M.: *Nauka*, 1974. - 288 s.
6. Molotkovyy izmel'chitel': pat. 2195368 Ros. Federatsiya: MPK7 V 02 S 13/284 / Korokhov V.G. ; zayavitel' i patentoobladatel' Korokhov Vladlen Grigor'yevich. - № 99123303/13 (024648); zayavl. 04.11.99; opubl. 27.12.02, Byul. №36. - 4 s: il.
7. Korokhov, V.G., Burova, I.V. *Osobennosti konstruktivnykh i raschet moshchnosti energosberegayushchikh drobilok dlya mineral'nogo i organicheskogo syr'ya* / V.G. Korokhov, I.V. Burova // - *Motrol - Komissiya motorizatsii i energetiki v sel'skom khozyaystve: Pol'skaya akademiya nauk*. - Lyublin, 2010-2011 gg. - 86-94 s.
8. Solomakova, T.S., Chebysheva, K.V. *Tsentrobeznyye ventilyatory. Aerodinamicheskiye skhemy i kharakteristiki* / T.S. Solomakova, K.V. Chebysheva. - M.: *Mashinostroyeniye*, 1980. - 176 s.
9. Sofronov, V.L. *Mashiny i apparaty khimicheskikh proizvodstv* / V.L. Sofronov. - Seversk: SGTA, 2008. - 269 s.
10. Artobolevskiy, I.I. *Teoriya mekhanizmov i mashin Uchebnik Chetvertoye izdaniye pererabotannoye i dopolnennoye, izd. Ekolit*, 2011 g. , 640 s.
11. Korokhov, V.G. Burova, I.V. Lavrinev, P.G. *Raschet tekhniko-ekspluatatsionnykh pokazateley izmel'chiteley i formuyushchego oborudovaniya dlya stroitel'nykh materialov* / V.G. Korokhov, I.V. Burova, P.G. Lavrinev // *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. Sb. nauch. trudy. - Simferopol': NAPKS, 2009. - Vyp.28. - S.44-47.
12. Gulyayev A.P. *Metallovedeniye* / A.P. Gulyayev - M.: *Metallurgiya*, 1986. - 544 s.
13. Koshkin N.I., Shirkevich M.G. *Spravochnik po elementarnoy fizike* / N.I. Koshkin, M.G. Shirkevich. - M.: *Nauka*, 1976. - 256 s.

HAMMER MILL FOR RECEIVING THE GRANULAR MATERIALS AND THE JUSTIFICATION OF THE DESIGN CHARACTERISTICS OF ITS WORKING BODIES Korokhov V.G., Burova I.V.

Summary: An analysis over of influence and recommendable structural descriptions of working organs are brought crushers providing the optimal productivity of twofunctional process of machine, consisting of technological operations crushing and separation of the ground up material with his simultaneous fractionating.

Key words: Crusher, growing, building materials, constructing, mechanisms, classifier, separator, purfling, hammers, counterblade, vent effect, centrifugal forces, perforation, productivity, energy consumption shallow.

УДК. 665. 9. 022. 33

ИССЛЕДОВАНИЕ НАБОРА ПРОЧНОСТИ ВО ВРЕМЕНИ В АГРЕССИВНОЙ СРЕДЕ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУЛЬФАТОСТОЙКОГО ЦЕМЕНТА, КРЫМСКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ И ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ЭФИРОВ ПОЛИКАРБОКСИЛАТОВ

Свищ И.С.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение), 295493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: igorswishch@gmail.com

Аннотация. Представлены экспериментальные данные изменения прочности на сжатие тяжелого бетона с использованием сульфатостойкого цемента, крымских заполнителей и добавки на основе эфиров поликарбоксилатов при выдерживании их в агрессивной среде – жидкости из водоочистных сооружений. Разработаны составы тяжелых бетонов с применением гиперпластифицирующих (поликарбоксилатных) добавок, которые способны повышать свои физико-механические характеристики во времени при эксплуатации в условиях агрессивных сред. Установлены параметры прочностных характеристик оптимизированных составов в разные сроки набора прочности, а также установлена средняя плотность и водонепроницаемость оптимизированных составов бетонов.

Ключевые слова: поликарбоксилат, сульфатостойкий цемент, заполнители, бетон, прочность, добавки, состав.

ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В Российской Федерации проектом долгосрочной стратегии является развитие производства строительных материалов и конструкций на период до 2020 г. Предполагается к 2020 году увеличить производство портландцемента с 51 до 194 млн.т.

Вместе с тем, производство портландцемента связано с высоким потреблением природных минеральных сырьевых и энергетических ресурсов и сопровождается высокими объемами выбросов в окружающую среду, только диоксида углерода мировая цементная промышленность выбрасывает в окружающую среду более 7% от общего объема его выбросов всеми отраслями.

Является актуальным дальнейшее развитие теоретических и экспериментальных основ разработок при производстве цементных бетонов с использованием суперпластифицирующих добавок последнего поколения на основе поликарбоксилатов для очистных и рекреационных сооружений.

Долговечность цементных бетонов ключевой вопрос использования их в очистных и рекреационных сооружениях. Из [12,13] следует, что наибольшее значение на стойкость цементного камня, в бетонных и железобетонных сооружениях, при воздействии на него сульфатов имеют гидросульфатоалюминат кальция (этtringит) и гидросульфокарбоксилат кальция (таумасит). Этtringит и таумасит всегда находятся в кристаллической смеси.

Сульфатной коррозии может быть подвержен бетон, который эксплуатируется в различных условиях.

Сульфаты, вызывающие проявление процессов сульфатной коррозии, встречаются в большинстве природных вод. В пресных водоемах содержание сульфат-ионов достигает 60 мг/л, в минерализованных грунтовых водах оно составляет 200—400 мг/л, а в морской воде — 2500—2700 мг/л.

Сульфаты имеют сложный механизм воздействия на активный в химическом отношении компонент бетона — цементный камень.

Коррозионное воздействие может усиливаться или ослабевать в зависимости от концентрации агрессивных компонентов, при переменном уровне воздействия растворов солей на бетон конструкции, периодическом высушивании, частичном погружении.

Это обусловлено тем, что на химические процессы взаимодействия агрессивной среды и цементного камня в бетоне накладывается влияние физических процессов массопереноса растворимых компонентов и кристаллизации продуктов коррозии или растворимых компонентов, которые могут ускорять или тормозить химические процессы [12, 13]

В последнее время ряд ученых занимается созданием математических моделей коррозии бетонов. В частности, Б.В. Гусев и А.С. Файвусович предложили математическую модель процессов сульфатной коррозии в условиях направленного влагопереноса, которая дает возможность планирования и усовершенствования методики проведения экспериментальных исследований, для разработки инженерных методик прогнозирования долговечности сооружений, эксплуатируемых в сульфатсодержащих средах [13]/

К.И. Чижик и Н.В. Белоокая предложили модель биологической коррозии бетона в системах канализации [15].

В процессе исследования было установлено, что активная химическая коррозия происходит за счет процессов жизнедеятельности микроорганизмов и грибов, таких как аммонифицирующих и нитрифицирующих. Установлено, что биологическое воздействие микроорганизмов существенно понижает РН среды, что так же влияет на процесс коррозии бетона [15].

Надо отметить, что практически все эти факторы химического и биологического характера присутствуют в пробе агрессивной среды, представленной в таблице 1.

Так же, одним из факторов влияние на коррозионную стойкость бетонов является применение химических добавок.

Так, например, в строительной индустрии производства бетона широко применяются пластифицирующие и гиперпластифицирующие добавки, добавки-ускорители твердения бетона, воздухоовлекающие добавки, разжижающие примеси и другие виды добавок, которые существенным образом влияют на те или иные качества бетона и бетонных смесей.

Особенно полезны пластифицирующие добавки и разжижающие примеси, так как они позволяют производителям выполнять два требования: хорошая обрабатываемость бетона во время его формирования и снижение соотношения (в/ц) между водой и вяжущими материалами, которое способствует повышению прочности, в том числе и коррозионной устойчивости затвердевшего бетона.

Термин «разжижающая примесь» используется достаточно много лет. Стандарт ASTM С 494 классифицирует разжижающие примеси на несколько категорий:

- Тип А, Разжижающая
- Тип D, Разжижающая и замедляющая
- Тип E, Разжижающая и ускоряющая
- Тип F, Разжижающая, высокоэффективная
- Тип G, Разжижающая, высокоэффективная и замедляющая

ASTM С 1017 сосредоточен на обработке бетонной смеси с использованием химической примеси с единственной целью – производство подвижного бетона без редуцирования воды для приготовления раствора.

В большинстве случаев примеси классификации С 494 Тип F или G также можно использовать способом, указанным в ASTM С 1017. Эти высокоэффективные разжижающие примеси не просто редуцируют (уменьшают в количестве) воду затвердения, но также и рассеивают частицы цемента. Подобное рассеивающее действие впоследствии позволяет уменьшить количество воды или повысить степень подвижности, или получить оба эффекта.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью работы является исследование набора прочности на сжатие тяжелого бетона с использованием сульфатостойкого цемента, крымских заполнителей и добавки на основе эфиров поликарбоксилатов при выдерживании их в агрессивной среде.

Для достижения поставленной цели была решена задача оптимизации состава бетона на местных заполнителях, сульфатостойком цементе, а также с использованием добавок на основе эфиров поликарбоксилатов и определения прочности на сжатие в кратковременные и долговременные сроки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведение исследований проводилось на специально подобранных составах бетонных смесей подвижностью ПЗ на наиболее распространенных в Крыму сырьевых компонентах с поликарбоксилатной пластифицирующей добавкой и без нее.

Характеристики компонентов бетонной смеси:

- вяжущее – сульфатостойкий портландцемент (ССПЦ), марка – М400 ДО, плотность – 3,1 т/м³;

- щебень – диоритовый Лозовского месторождения, фракция 5-20 мм; плотность – 2,65 г/см³; насыпная плотность – $\rho_n = 1550$ кг/м³; влажность $W = 3,3\%$;

- песок – кварцевый морской Донузлавского месторождения, темно синего цвета, $M_k = 1,8$; насыпная плотность $\rho_n = 1420$ кг/м³; влажность $W = 7,4\%$ и кварцевый речной, Донской (г. Ростов-на-Дону), $M_k = 1,6$, насыпная плотность – $\rho_n = 1450$ кг/м³; влажность $W = 10,8\%$;

- добавка в бетон – поликарбоксилатная Хидетал-ГП-9;

- вода – пресная техническая.

Проектирование составов бетонов производилось по методу абсолютных объемов [1]. Получены следующие составы бетонных смесей.

Состав № 1: Цемент = 334 кг/м³; щебень = 1197 кг/м³; песок (донузлавский, темно-синего цвета) = 658 кг/м³; вода = 223 л/м³.

Состав № 2: Цемент = 334 кг/м³; щебень = 1197 кг/м³; песок (донской, желтый) = 658 кг/м³; вода = 221 л/м³.

Состав № 3: Цемент = 335 кг/м³; щебень = 1195 кг/м³; песок (донузлавский, темно-синего цвета) = 658 кг/м³; вода = 180 л/м³; добавка поликарбоксилатная, Д = 3,5 л/м³.

Состав № 4: Цемент = 335 кг/м³; щебень = 1195 кг/м³; песок (донской, желтый) = 658 кг/м³; вода = 180 л/м³; добавка поликарбоксилатная, Д = 3,1 л/м³.

В результате подборов составов бетонных смесей установлено, что добавка Хидетал-ГП-9 позволяет уменьшить расход воды на 15 % и, тем

самым снизить В/Ц с 0,65 до 0,55 при сохранении подвижности бетонной смеси марки ПЗ.

Составы № 1 и № 2 изготовлены без добавок, составы № 3 и № 4 изготовлены на основе добавок эфиров карбоксилатов. Было изготовлено 8 партий кубов размеров 0,1×0,1×0,1 м, в количестве 18 шт. каждая. Часть из них была установлена на естественные (стандартные) условия набора прочности, вторая часть была установлена в агрессивную среду.

В качестве агрессивной среды служила жидкость, отобранная из водоочистных

сооружений пгт. Гвардейское, Симферопольского района, Республика Крым. Основные характеристики и химический состав жидкости, определенный по результатам испытаний 118 проб представлен в табл. 1.

Прочность на сжатие ($R_{сж}$) бетонных образцов-кубов определялась разрушающим способом на гидравлическом прессе П-125 в возрасте 28, 90, 180, 365, 548 и 745 сут твердения в нормальных условиях и после выдерживания в агрессивной среде.

Таблица 1. Характеристика агрессивной среды

Table 1. Characteristics of the aggressive environment

Определяемые ингредиенты	Единицы измерения	Номер пробы
Температура	° С	19
Водородный показатель	Ед. рН	8,3
Окраска, цветность		желто-серое
Запах	бал	Фик 2
Прозрачность	см	-
Взвешенные вещества	мг/дм ³	98,4
ХПК	мг/дм ³	120
Сухой остаток	мг/дм ³	640
Хлориды	мг/дм ³	194,9
Сульфаты	мг/дм ³	98
Амний солевой	мг/дм ³	82,4
Нитриты	мг/дм ³	0,07
Нитраты	мг/дм ³	3,12
Фосфаты	мг/дм ³	14,2
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,62
АПAB	мг/дм ³	1,46

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Результаты определения прочности на сжатие опытных образцов кубов, выдержанных, как в агрессивной среде, так и при естественных стандартных условиях в течение 28, 90, 180, 365,

548 и 745 сут, представлены в виде графиков изменения среднеарифметических значений пределов прочности при сжатии бетонов на рис. 1 и 2. Вид бетона испытанных опытных образцов в зависимости от вида выдерживания в возрасте 548 суток показан на рис. 3.

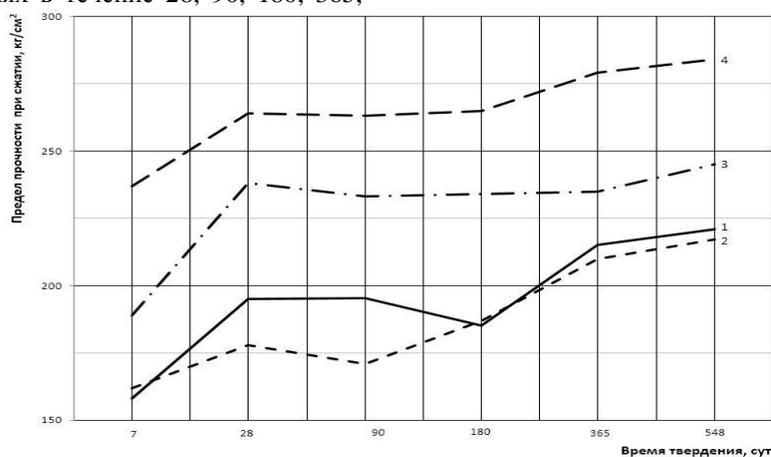


Рис. 1. Изменение прочности на сжатие исследуемых составов бетона в зависимости от времени твердения и выдерживания их в естественных условиях: 1 – состав № 1; 2 – состав № 2; 3 – состав № 3; 4 – состав № 4

Fig. 1. The change in compressive strength of the studied concrete compositions depending on the time of hardening and holding them in natural conditions: 1 – composition № 1; 2 – composition № 2; 3 – composition №3; 4 – composition № 4

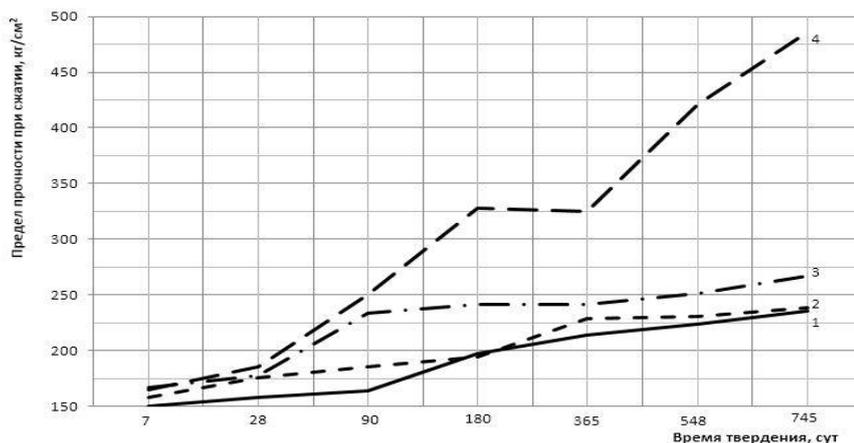


Рис. 2. Изменение прочности на сжатие исследуемых составов бетона в зависимости от времени твердения и выдерживания их в агрессивной среде: 1 – состав № 1; 2 – состав № 2; 3 – состав № 3; 4 – состав № 4

Fig. 2. Change in compressive strength of the studied concrete compositions depending on the time of hardening and holding them in an aggressive environment: 1 – composition № 1; 2 – composition № 2; 3 – composition №3; 4 – composition № 4



a

b

Рис. 3. Вид бетона опытных образцов после испытания на прочность на сжатие в возрасте 548 сут, выдерживание которых прошло: а – в нормальных условиях; б – в агрессивной среде

Fig. 3. Type of concrete prototypes after the compression strength test at the age of 548 days, which held: a – under normal conditions; b – in an aggressive environment

Как видно из экспериментальных данных, представленных на рис. 1, наибольшую прочность на сжатие показывают образцы бетона состава № 4. Так на 548 суток предел прочности при сжатии его 280 кг/см², что на 13 % больше, чем у бетонных образцов, изготовленных из состава № 3 ($R_{сж} = 248$ кг/см²), и на 27 % выше, чем у образцов, изготовленных из бетонных смесей составов №№ 1 и 2 ($R_{сж} = 220$ и 218 кг/см² соответственно).

При выдерживании бетонных образцов на сульфатостойком цементе в агрессивной среде (см. рис. 2), динамика набора прочности на сжатие для составов №№ 1, 2 и 3, в целом, такая же, как и при выдерживании их в естественных условиях. Однако, состав № 4 отличается стремительным ростом прочностных показателей после 28 суток, показывая прочность на сжатие к 548 суткам 425 кг/см², что на 52 % превышает показатели этих образцов, хранящихся в нормальных воздушно-влажных условиях. Характеризуя кривую набора прочности в агрессивной среде бетонных образцов

состава № 4 можно выделить четыре этапа изменения прочности на сжатие:

- 1-й – до 28 суток, отличающийся замедленным ростом $R_{сж}$;
- 2-й – от 28 до 180 суток – стремительный рост $R_{сж}$;
- 3-й – от 180 до 365 суток – приостановление роста $R_{сж}$;
- 4-й – после 365 суток – продолжительный стремительный набор $R_{сж}$, продолжающийся до 745 суток выдерживания в агрессивной среде – крайней временной точки проведения исследований.

Необходимо отметить, что к 28 суткам твердения опытные образцы состава № 4, выдерживаемые в коррозионной среде, отличаются несколько замедленным ростом $R_{сж}$, чем в естественных условиях. В период с 28 до 180 суток твердения рост прочности на сжатие составляет 86 %, достигая 326 кг/см². В сравнении с образцами этого же состава, твердение которых проходило в естественных условиях (см. рис. 1, кривая 4),

какой-либо рост прочности на сжатие не происходит, а в период с 180 до 365 суток в отличие от образцов, выдерживаемых в коррозионной среде, наблюдается незначительный прирост прочности, составляющий около 7 %.

Из приведенных графиков на рис. 2 видно, что в коррозионной среде рост прочности на сжатие у бетонных образцов без добавок и с поликарбоксилатной добавкой Хидетал-ГП-9 в количестве 3,5 л/м³ бетонной смеси приостанавливается, а у опытных образцов с поликарбоксилатной добавкой Хидетал-ГП-9 в количестве 3,1 л/м³ бетонной смеси набор прочностных показателей продолжается, предположительно, за счет дополнительного образования кристаллических новообразований и заполнения ими пор в структуре бетона.

Макроструктура бетонных образцов, выдерживаемых в агрессивной среде, как видно из рис. 3, отличается более светлым цветом растворной составляющей, наблюдаются вкрапления белых кристаллов, также заметно меньшее количество микротрещин в теле бетона, что подтверждает предположение об образовании различных кристаллических новообразований.

В дальнейших исследованиях ставится задача определения кристаллических новообразований и их влияния на структуру сульфатостойкого цементного камня и бетона на его основе.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что использование добавки Хидетал-ГП-9 предполагает снижение расхода воды на 15%, при этом В/Ц снижается с 0,65 до 0,55 и сохраняется подвижность марки ПЗ.

2. В результате исследования было установлено, что составы бетонов с использованием карбоксилатов показали наилучшие результаты набора прочности, особенно в агрессивной среде. Так состав № 4 показал прочность бетона на сжатие после хранения его в агрессивной среде 745 суток $R_{сж} = 475$ кг/см² (47,7МПа).

3. Показатели средней плотности исследованных бетонов соответствует тяжелым бетонам по общей классификации. В среднем плотность бетонного камня находится в пределах 2350 – 2460 кг/м³.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю.М. Баженов. Технология бетона. – М.: Издательство АСВ, 2003. – 500 с.
2. А.Е. Шейкин, Ю.В. Чеховский и др. Структура и свойства цементных бетонов. – М.: Стройиздат, 1978. – 344с.
3. ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия».
4. ГОСТ 7473-2010 Бетонные смеси. Технические условия.

5. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

6. ГОСТ 10181.2-12. Смеси бетонные. Методы определения плотности.

7. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.

8. EN 206-1:2000 Concrete - Part 1: Specification, performance, production and Conformity.

9. Химические и минеральные добавки в бетон /Под ред. А. Ушерова-Маршака. – Харьков: Колорит, 2005. – 280с.

10. Инструкция по применению добавки комплексной для бетонов «Хидетал-ГП-9» (гиперпластификатора). ООО «СТК-Стандарт», г. Новозыбков, 2006.

ГОСТ 24211-91. Добавки для бетонов. Технические требования.

В.А. Рязанова. Особенности сульфатной коррозии бетона в условиях направленного влагопереноса. – Интернет-ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sulfatnoy-korrozii-betona-v-usloviyah-napravlenogo-vlagoperenosa>.

Гусев Б.В., Файвусович А.С. Основы математической теории процессов коррозии бетона. – М., 2006. – 39 с.

Б.В. Гусев, А.С. Файвусович, В.А. Рязанова Развитие фронта коррозии бетона в агрессивных средах // Бетон и железобетон. – 2005. – №5. – С. 23-28.

Чирик К.И., Белоокая Н.В. Модель микробиологической коррозии бетона в системах канализации // Известия вузов. Инвестиция. Строительство. Недвижимость. 2017. Т.7, № 2, с. 75-83.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M. Technology of concrete. – М.: Publishing house ASV, 2003. – 500 p.
2. A.E. Sheikin, Yu.V. Chekhovskiy and others. The structure and properties of cement concretes. – М.: Stroizdat, 1978. – 344 p.
3. GOST 24211-2008 Additives for concrete and mortar. General specifications.
4. GOST 7473-2010 Concrete mixtures. Technical conditions.
5. GOST 10180-2012 Concrete. Methods for determining the strength of control samples.
6. GOST 10181.2-12. Concrete mixtures. Methods for determining the density.
7. GOST 310.4.-81. Cements. Methods for determining the ultimate strength in bending and compression.
8. EN 206-1:2000 Concrete - Part 1: Specification, performance, production and Conformity.

9. Chemical and mineral additives in concrete / Ed. A. Usherov-Marshak. – Xarkov: Coloring, 2005. – 280 p.

10. Instructions for the use of an additive complex for concrete "Hidetal-GP-9" (hyperplasticizer). ООО "STK-Standart", Novozybkov, 2006.

11. GOST 24211-91. Additives for concrete. Technical requirements.

12. Ryazanov V.A. Features of sulphate corrosion of concrete under conditions of directed moisture transfer: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-sulfatnoy-korrozii-betona-v-usloviyah-napravlenno-go-vlagoperenosa>.

13. Gusev B.V., Faivusovich A.S. Fundamentals of the mathematical theory of concrete corrosion processes. – M.: 2006. – 39 p.

14. Gusev B.V., Faivusovich A.S., Ryazanova V.A. The development of the front of corrosion of concrete in corrosive environments // Concrete and reinforced concrete. – 2005. – №5. – p. 23-28.

15. K.I. Chizhik, N.V. Belookaya. Model Microbiological Corrosion of Concrete in Sewage Systems // News of universities. Investment. Building. The property. 2017. V. 7, № 2, C. 75-83.

INVESTIGATION OF STRENGTH OF STRENGTH DURING AGGRESSIVE ENVIRONMENT OF HEAVY CONCRETE WITH USE OF SULPHAT-RESISTANT CEMENT, CRIMEAN FILLERS AND ADDITIVES BASED ON ETHERS OF POLYCARBOXYLATES

Svishch I.S.

Summary. The experimental data of changes in the compressive strength of heavy concrete using sulfate-resistant cement, Crimean aggregates and additives based on ethers of polycarboxylates when they are kept in an aggressive environment-liquid from water treatment facilities of the village. The developed compositions of heavy concrete with the use of hyperplasticity (polycarboxylate) additives, which are able to improve their physical and mechanical properties in time during operation in aggressive environments. The parameters of the strength characteristics of the optimized compositions in different terms of strength, as well as the average density and water resistance of the optimized compositions of concrete.

Key words: polycarboxylate, sulfate-resistant cement, aggregates, concrete, strength, additives, composition.

УДК 624.04

РАСЧЕТ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ГОФРИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ПОМОЩИ ПОЛУАНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Чепурненко А.С., Языев Б.М., Турко М.С.

Донской государственный технический университет, 344022, Ростов-на-Дону, Социалистическая, 162, anton_chepurnenk@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы конечно-элементного анализа конструкций из гофрированных листов. При решении данной задачи в пространственной постановке для получения корректных результатов требуется разбиение конструкции на десятки и сотни тысяч конечных элементов. Для осесимметричных конструкций, даже при несимметричной нагрузке имеется возможность понизить размерность задачи путем разложения искомых перемещений и составляющих нагрузок в тригонометрические ряды.

Предмет исследования: теория и методы расчета металлических гофрированных конструкций. Исследование направлено на разработку методики определения напряженно-деформированного состояния гофрированных цилиндрических оболочек при несимметричной нагрузке.

Материалы и методы: для расчетов используется полуаналитический метод конечных элементов. Применяются конечные элементы в виде усеченных конусов. Поверхностная нагрузка раскладывается в ряды Фурье.

Результаты: при помощи разработанной методики, реализованной в среде Matlab, выполнен расчет цилиндрической гофрированной оболочки, шарнирно опертой в основании на действие ветрового давления. Представлены графики изменения по высоте оболочки меридиональных и кольцевых усилий. Для сравнения приведены результаты для гладкой оболочки.

Выводы: Установлено, что в гофрированной оболочке, по сравнению с гладкой, кольцевые усилия по длине имеют колебания с большой амплитудой. В то же время меридиональные усилия для гофрированной конструкции немного ниже, чем для гладкой. Таким образом, расчет с использованием упрощенных подходов (безмоментной теории или теории ортотропных оболочек), приводит к заниженным значениям кольцевых напряжений. Разработанная авторами методика и пакет прикладных программ позволяют также рассчитывать водопропускные трубы под насыпями автомобильных дорог.

Ключевые слова: гофрированная оболочка, несимметричная нагрузка, ряды Фурье, полуаналитический метод конечных элементов.

ВВЕДЕНИЕ

Металлические гофрированные конструкции (МГК) в настоящее время находят широкое применение при устройстве водопропускных труб, подпорных стен, резервуаров и т.д. К достоинствам МГК относится их небольшой вес, экономическая эффективность, невысокие трудозатраты, высокая заводская готовность и как следствие малые сроки возведения, транспортабельность и технологичность. Расширение области применения металлических конструкций из гофрированных листов сдерживается в связи с отсутствием достаточно надежных и в то же время эффективных методов расчета. Существующие нормативные документы по проектированию указанных конструкций: ВСН 176-78 «Инструкция по проектированию и постройке металлических гофрированных водопропускных труб» и ОДМ 218.2.001-2009 «Рекомендации по проектированию и строительству водопропускных сооружений из металлических гофрированных структур на автомобильных дорогах общего пользования с

учетом региональных условий (дорожно-климатических зон)» имеют область применения, ограниченную сооружениями на автомобильных и железных дорогах.

В настоящее время в большинстве случаев для расчета МГК используется метод конечных элементов (МКЭ). Современные программные комплексы, реализующие МКЭ, позволяют моделировать гофрированную конструкцию с учетом всех особенностей ее геометрии путем разбиения каждой волны на оболочечные или объемные элементы, однако такой подход требует существенных затрат машинного времени. Поэтому, как правило, гофрированная конструкция заменяется ортотропной эквивалентной жесткости. В настоящей статье предлагается иной путь снижения трудоемкости вычислений за счет использования симметрии конструкции. Целью данной работы является разработка методики расчета осесимметричных гофрированных конструкций на несимметричную нагрузку при помощи полуаналитического метода конечных элементов, а также исследование напряженно-деформированного состояния МГК на примере

цилиндрического гофрированного резервуара под действием ветровой нагрузки.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Конечно-элементному моделированию гофрированных конструкций посвящено очень большое количество работ, включая [1-9]. В указанных публикациях объектом исследования выступают гофрированные трубы под насыпями автодорог. Используется, как правило, двумерная постановка задачи, т.е. пространственный эффект работы конструкции не учитывается, расчет выполняется в готовых программных продуктах. В статье [10] рассматривается расчет оболочек с использованием трехмерных конечных элементов. Имеется ряд публикаций по расчету гофрированных пластин как конструктивно ортотропных [11-13].

В работе [13] выполняется сравнение результатов расчета гофрированной пластины как гладкой с эквивалентной жесткостью, а также с учетом реальной геометрии в программном комплексе ANSYS. Для перехода от гофрированной конструкции к ортотропной используются формулы, приведенные в [14]. Наблюдается не только количественное, но и качественное различие в результатах. В статьях [15,16] выполняется адаптация полубезмоментной теории Власова к расчету гофрированных конструкций. Переход к гофрированным конструкциям выполняется путем введения приведенной толщины, однако вопрос корректности такого перехода остается открытым.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сущность полуаналитического метода состоит в том, что трехмерная задача может быть сведена к двумерной путем разложения компонентов поверхностной нагрузки в ряды Фурье. Если составляющие нагрузки U , V , W , параллельные перемещениям u , v , w изменяются как:

$$U = U^n(s) \cos n\theta, \quad W = W^n(s) \cos n\theta, \quad V = V^n(s) \sin n\theta, \quad (1)$$

то и перемещения также будут периодическими функциями [17]:

$$u = u^n(s) \cos n\theta, \quad w = w^n(s) \cos n\theta, \quad v = v^n(s) \sin n\theta. \quad (2)$$

Для расчета мы будем использовать осесимметричный конечный элемент в форме усеченного конуса. Направления перемещений и результирующих внутренних усилий приведены на рис. 1.

Для функций $u^n(s)$, $w^n(s)$, $v^n(s)$ примем следующую аппроксимацию:

$$\begin{aligned} U^n(s) &= a_0 + a_1 s; \\ W^n(s) &= a_2 + a_3 s + a_4 s^2 + a_5 s^3; \\ V^n(s) &= a_6 + a_7 s; \end{aligned} \quad (3)$$

где α_i – коэффициенты, определяемые из граничных условий в узловых точках конечного элемента

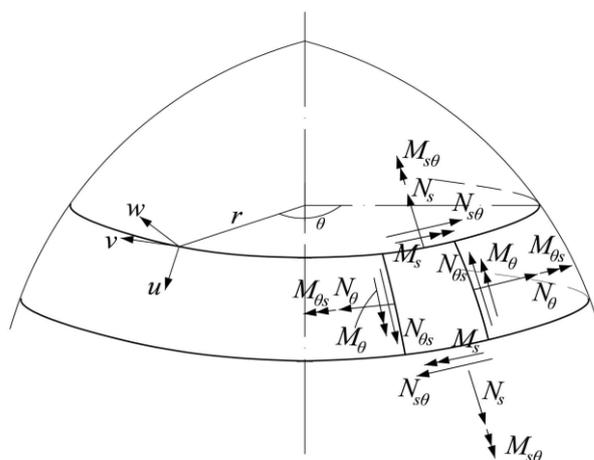


Рис. 1. Перемещения и результирующие усилия в осесимметричной оболочке при несимметричной нагрузке

Fig. 1. Displacements and resultant forces in an axisymmetric shell under an asymmetric load

Вектор узловых перемещений, соответствующих n -ной гармонике записывается в виде:

$$\{\delta^n\} = \{u_1^n \quad w_1^n \quad \varphi_1^n \quad v_1^n \quad u_2^n \quad w_2^n \quad \varphi_2^n \quad v_2^n\}^T. \quad (4)$$

Подставляя в (3) координаты узлов, получим:

$$\{\alpha_0 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_6 \quad \alpha_0 + \alpha_1 l \quad \alpha_2 + \alpha_3 l + \alpha_4 l^2 + \alpha_5 l^3 \quad \alpha_3 + 2\alpha_4 l + 3\alpha_5 l^2 \quad \alpha_6 + \alpha_7 l\} = \{\delta^n\}. \quad (5)$$

Запишем равенство (5) в следующем виде:

$$[C]\{\alpha\} = \{\delta^n\}, \{\alpha\} = \{\alpha_0 \quad \alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4 \quad \alpha_5 \quad \alpha_6 \quad \alpha_7\}^T.$$

В качестве соотношений, устанавливающих связь между перемещениями и обобщенными деформациями, мы будем использовать уравнения, представленные в работе В.В. Новожилова [18]:

$$\{\varepsilon\} = \begin{Bmatrix} \varepsilon_s \\ \varepsilon_\theta \\ \gamma_{s\theta} \\ \chi_s \\ \chi_\theta \\ \chi_{s\theta} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial u}{\partial s} \\ \frac{1}{r} \left(\frac{\partial v}{\partial \theta} + w \cos \varphi + u \sin \varphi \right) \\ \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial s} - \frac{1}{r} v \sin \varphi \\ - \frac{\partial^2 w}{\partial s^2} \\ - \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 w}{\partial \theta^2} + \frac{\partial v}{\partial \theta} \frac{\cos \varphi}{r^2} - \frac{\sin \varphi}{r} \frac{\partial w}{\partial s} \\ 2 \left(- \frac{1}{r} \frac{\partial^2 w}{\partial s \partial \theta} + \frac{\sin \varphi}{r^2} \frac{\partial w}{\partial \theta} + \frac{\cos \varphi}{r} \frac{\partial v}{\partial s} - \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{r^2} v \right) \end{Bmatrix}, \quad (7)$$

где $\varepsilon_s, \varepsilon_\theta, \gamma_{s\theta}$ – деформации срединной поверхности; $\chi_s, \chi_\theta, \chi_{s\theta}$ – изменения кривизн.

Подставляя (3) в (7), мы получим:

$$\{\varepsilon\} = [T][\Phi]\{\alpha\} = [T][\Phi][C]^{-1}\{\delta^n\} = [B^n]\{\delta^n\}, \quad (8)$$

где $[T] = \begin{bmatrix} [\lambda] & \\ & [\lambda] \end{bmatrix}, [\lambda] = \begin{bmatrix} \cos n\theta & \\ & \cos n\theta \\ & & \sin n\theta \end{bmatrix}.$

Матрица $[\Phi]$ имеет размерность 6×8 . Ее ненулевые элементы вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} \Phi_{1,2} = 1; \Phi_{2,1} = \frac{\sin \varphi}{r}; \Phi_{2,2} = \frac{s \sin \varphi}{r}; \Phi_{2,3} = \frac{\cos \varphi}{r}; \Phi_{2,4} = \frac{s \cos \varphi}{r}; \Phi_{2,5} = \frac{s^2 \cos \varphi}{r}; \Phi_{2,6} = \frac{s^3 \cos \varphi}{r}; \Phi_{2,7} = \frac{n}{r}; \Phi_{2,8} = \frac{ns}{r}; \\ \Phi_{3,1} = -\frac{n}{r}; \Phi_{3,2} = -\frac{ns}{r}; \Phi_{3,7} = -\frac{\sin \varphi}{r}; \Phi_{3,8} = \frac{r - s \sin \varphi}{r}; \Phi_{4,5} = -2; \Phi_{4,6} = -6s; \Phi_{5,3} = \frac{n^2}{r^2}; \Phi_{5,4} = \frac{sn^2 - r \sin \varphi}{r^2}; \\ \Phi_{5,5} = \frac{s(sn^2 - 2r \sin \varphi)}{r^2}; \Phi_{5,6} = \frac{s^2(sn^2 - 3r \sin \varphi)}{r^2}; \Phi_{5,7} = \frac{n \cos \varphi}{r^2}; \Phi_{5,8} = \frac{ns \cos \varphi}{r^2}; \Phi_{6,3} = -\frac{2n \sin \varphi}{r^2}; \\ \Phi_{6,4} = \frac{2n(r - s \sin \varphi)}{r^2}; \Phi_{6,5} = \frac{2ns(2r - s \sin \varphi)}{r^2}; \Phi_{6,6} = \frac{2ns^2(3r - s \sin \varphi)}{r^2}; \Phi_{6,7} = -\frac{\sin 2\varphi}{r^2}; \Phi_{6,8} = -\frac{s \sin 2\varphi - 2r \cos \varphi}{r^2}. \end{aligned}$$

Связь между обобщенными деформациями и внутренними усилиями в упругой оболочке может быть записана в виде:

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \quad (9)$$

где $\{\sigma\} = \{N_s \quad N_\theta \quad N_{s\theta} \quad M_s \quad M_\theta \quad M_{s\theta}\}^T,$

$$[D] = \frac{Eh}{1-\nu^2} \begin{bmatrix} 1 & \nu & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (1-\nu)/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & h^2/12 & \nu h^2/12 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \nu h^2/12 & h^2/12 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (1-\nu)h^2/24 \end{bmatrix}.$$

Матрица жесткости для n-ной гармоники запишется в виде:

$$[K^n] = \int_V [B^n]^T [D] [B^n] dV = [C]^{-1T} \int_0^l [\Phi]^T \int_0^{2\pi} [T]^T [D] [T] d\theta [\Phi] r ds [C]^{-1}. \quad (10)$$

Можно показать, что при $n = 1, 2, 3, \dots$

$$\int_0^{2\pi} [T]^T [D] [T] d\theta = \pi [D]. \quad (11)$$

Тогда при $n \neq 0$ матрица жесткости принимает вид:

$$[K^n] = \pi [C]^{-1T} \int_0^l [\Phi]^T [D] [\Phi] r ds [C]^{-1}. \quad (12)$$

Случай $n = 0$ в формуле (1) соответствует осесимметричной нагрузке. Элементы матрицы $[\Phi]$ являются функциями координаты s . Получение выражений для элементов матрицы $[K^n]$ возможно в явном виде, но более удобно использовать численное интегрирование [19-21]. Для каждого n выполняется решение системы линейных алгебраических уравнений, имеющих вид:

$$[K^n] \{\delta^n\} = \{F^n\}. \quad (13)$$

Далее перемещения и внутренние усилия суммируются по каждой гармонике.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Приведем пример расчета цилиндрической оболочки, испытывающей действие ветрового давления (рис. 2). Экспериментальные исследования (обдувка цилиндров) показали, что для гладких цилиндрических оболочек ветровая нагрузка действует перпендикулярно поверхности цилиндра и меняется в кольцевом направлении согласно закону, показанному на рис. 3а. [22]

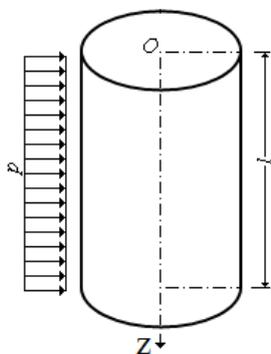


Рис. 2. Цилиндрическая оболочка под действием ветрового давления
Fig. 2. Cylindrical shell under the influence of wind pressure

В зависимости от степени шероховатости поверхности обдуваемого цилиндра, характер распределения ветрового давления несколько меняется. Для более шероховатой поверхности точка перехода от давления к отсосу немного смещается навстречу ветру. Компоненты ветровой нагрузки в меридиональном и окружном направлении принимаются равными нулю, а нормальная составляющая ветрового давления может быть представлена рядом Фурье [22]:

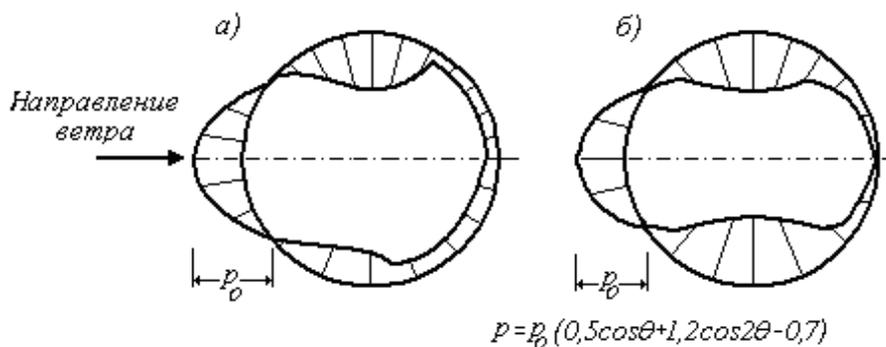


Рис. 3. Эпюры ветрового давления и ее аппроксимация при помощи рядов Фурье

Fig. 3. The diagram of wind pressure and its approximation with the help of Fourier series

$$W = \sum_{n=0}^k W^n \cos n\theta. \quad (14)$$

Как показали эксперименты, при аппроксимации функции давления ветра на цилиндрическую поверхность можно ограничиться рядом из трех членов (рис. 3, б), т. е. задать функцию $W(\theta)$ в виде:

$$W(\theta) = \sum_{n=0}^2 W^n \cos n\theta = p_0 (-0.7 + 0.5 \cos \theta + 1.2 \cos 2\theta), \quad (15)$$

где p_0 – максимальная величина ветрового давления.

При расчете гофрированной оболочки будем считать, что распределение ветрового давления для нее такое же, как и для гладкой. Вычисления выполнялись для шарнирно опертой в основании оболочки, радиус которой изменялся по синусоидальному закону:

$$r = R_0 + A \sin \frac{2\pi z}{\lambda}, \quad (16)$$

где R_0 – средний радиус оболочки, λ – длина волны синусоиды, A – амплитуда волны.

Расчет производился при $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, $\nu = 0.3$, $R_0 = 3$ м, $\lambda = 0.2$ м, $A = 0.0275$ м, $p_0 = 0.5$ кПа, $l = 4$ м, $h = 5$ см. Для сравнения определялись внутренние усилия в гладкой оболочке того же радиуса, толщины и высоты.

Полученные в результате графики изменения по высоте оболочки меридиональных и кольцевых усилий показаны соответственно на рисунках 4 и 5. Штриховые линии соответствуют гладкой оболочке, а сплошные гофрированной.

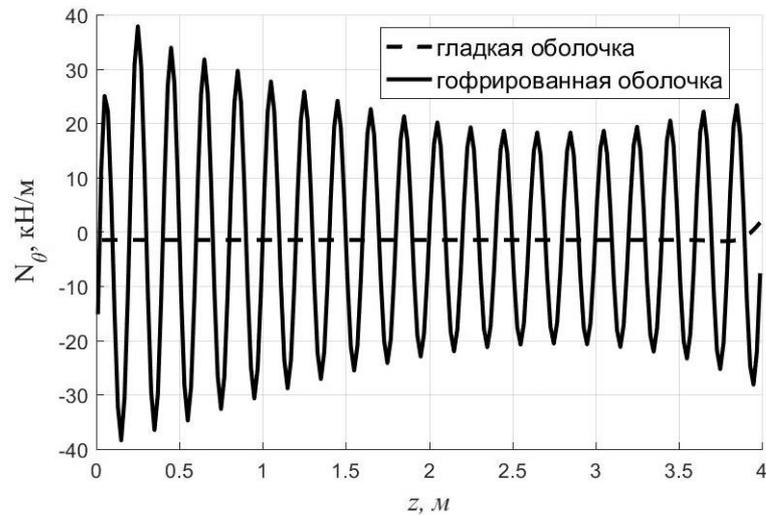


Рис. 4. Распределение кольцевой силы по высоте оболочки при $\theta = 0$

Fig. 4. The distribution of the ring force over the shell height at $\theta = 0$

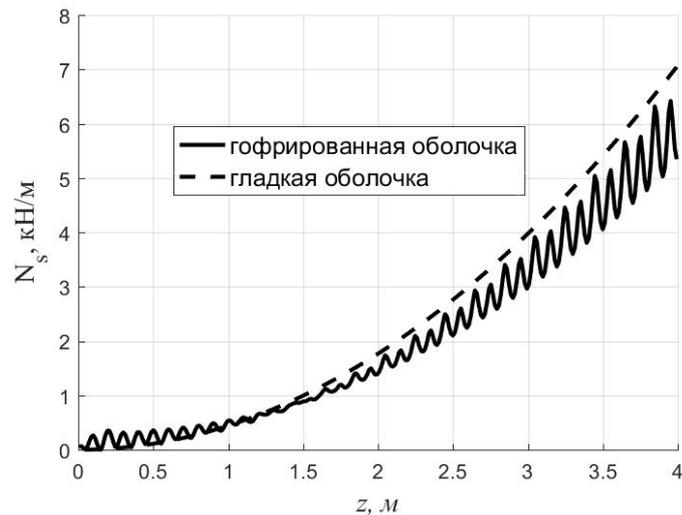


Рис. 5. Распределение меридиональной силы по высоте оболочки при $\theta = 0$

Fig. 5. The distribution of the meridional force over the shell height at $\theta = 0$

Из представленных графиков видно, что для гофрированной оболочки по сравнению с гладкой

существенно выше максимальная величина кольцевого усилия N_θ . В то же время

меридиональные силы N_s в гофрированной оболочке немного ниже, чем в гладкой.

ВЫВОДЫ

Из полученных результатов следует, что использование упрощенных подходов (безмоментная теория, замена гофрированной конструкции ортотропной) приводит к переоценке несущей способности металлических гофрированных конструкций. Предложенная методика может применяться для расчета не только гофрированных резервуаров, но и водопропускных труб круглого очертания под насыпями автомобильных и железных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шапиро Д.М., Тютин А.П. Численный упругопластический расчёт дорожных водопропускных труб // Строительная механика и конструкции. 2015. Т. 2. №. 11. С. 66-71.
2. Новодзинский А.Л., Клевко В.И. Учет влияния толщины гофрированного элемента на прочность и устойчивость металлической водопропускной трубы // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2012. №1. С.81-94.
3. Моисеева О.В. Расчет конструкции пешеходного перехода из металлических гофрированных конструкций методом конечных элементов // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2016. Т. 2. С. 138-146.
4. Петрова Е.Н. Основные параметры системы «обделка из гофрированных элементов-грунтовой массив // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2011. №. 3. С. 99а-103.
5. Свечников Е.А. Комплексная оценка эффективности технических решений по повышению несущей способности сооружений из металлических гофрированных конструкций // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2015. №. 1 (3). URL: https://www.adimadi.ru/madi/article/view/127/pdf_73
6. Петрова Е.Н. Исследования сооружений из металлических гофрированных элементов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2012. №. 1. С. 26-28.
7. Зиннуров Т.А., Пискунов А.А., Петропавловских О.К., Ананьев А.А., Шаймарданов И.А. Возможность использования гофрированных полипропиленовых труб в насыпи автомобильной дороги // Интернет-журнал Науковедение. 2017. №4 (41). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN417.pdf>.
8. Каюмов Р.А., Шакирзянов Р.А., Шакирзянов Ф.Р. Расчет совместного деформирования и потери несущей способности грунта и гофрированной полиэтиленовой трубы // Ученые записки Казанского университета. 2015. Т. 157. №. 1. С. 107-113.
9. Beben D. Numerical analysis of a soil-steel bridge structure // The Baltic journal of road and bridge engineering. 2009. № 4 (1). pp. 13-21.
10. Якупов Н.М. Ахмадиев Ф.Г., Киямов Х.Г. Расчет тонкостенных сферических оболочек с углублениями на базе трехмерных конечных элементов // Строительство и техногенная безопасность. 2014. № 50. С. 185-190.
11. Кадомцева Е.Э., Сикачева Н.В., Кирсанов Ю.А. Расчёт на прочность гофрированной тонкой пластины на упругом основании обратным методом // Инженерный вестник Дона. 2017. №2. URL:<http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4251>
12. Кадомцева Е.Э., Бескопыльный А.Н., Бескопыльная Н.И., Бердник Я.А. Расчёт на жёсткость гофрированной пластины на упругом основании методом Бубнова-Галёркина // Научное обозрение. Технические науки. 2016. №6. URL: <http://science-engineering.ru/pdf/2016/6/1124.pdf>
13. Атрошенко А.А. Исследование напряженно-деформированного состояния гофрированных и сплошных панелей с учетом геометрической анизотропии и ортотропных свойств материала // Вісник НТУ «ХПІ». 2015. № 43. С. 8-11.
14. Биргер И.А., Пановко Я.Г. Прочность, устойчивость, колебания. Справочник в трёх томах. Т.2. М.: Машиностроение, 1988. 832 с.
15. Осокин И.А. Применение теории оболочек вращения к расчету гофрированных водопропускных труб // Интернет-журнал «Науковедение». 2013. №2(15). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/40tvn213.pdf>.
16. Овчинников И.Г., Осокин И.А. О возможности применения теории полубезмоментных оболочек В. З. Власова к расчету металлических гофрированных конструкций // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. №4. URL:<https://naukovedenie.ru/PDF/35TVN414.pdf>.
17. Zienkiewicz O.C, Taylor R.L. The finite element method for solid and structural mechanics. Elsevier, 2005. 631 p.
18. Новожилов В.В. Теория тонких оболочек. СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2010. 380 с.
19. Litvinov S.V., Klimenko E.S., Kulinich I.I., Yazyeva S.B., Longitudinal bending of polymer rods with account taken of creep strains and initial imperfections // International Polymer Science and Technology. 2015. Vol.42. pp. 23-25.
20. Литвинов С.В., Труш Л.И., Дудник А.Е. Моделирование термоползучести неоднородного толстостенного цилиндра в осесимметричной постановке // Инженерный вестник Дона. 2016. №2. URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3560>
21. Litvinov S.V., Trush L.I., Yazyev S.B. Flat axisymmetrical problem of thermal creepage for thick-walled cylinder made of recyclable PVC // Procedia Engineering. 2016. Vol. 150. pp. 1686-1693.

22. Демченко Б.М., Маяцкая И.А. Теория упругости с основами пластичности и ползучести. Часть 3. Балки, пластины, оболочки. Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т., 2015. 169 с.

REFERENCES

1. Shapiro D.M., Tyutin A.P. Numerical elastoplastic calculation of road culverts // *Stroitel'naya mekhanika i konstruksii*. 2015. Vol. 2. N. 11. pp. 66-71. (In Russian)
2. Novozinsky A.L., Kleveko V.I. Accounting for the influence of the thickness of the corrugated element on the strength and stability of the metal culvert // *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2012. N 1. pp.81-94. (In Russian)
3. Moiseeva O.V. Calculation of the construction of the pedestrian crossing from metal corrugated structures by the finite element method // *Sovremennyye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika*. 2016. Vol. 2. pp. 138-146. (In Russian)
4. Petrova E.N. The main parameters of the system "lining of corrugated elements-soil mass" // *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*. 2011. N 3. pp. 99a-103. (In Russian)
5. Svechnikov E.A. Complex estimation of the effectiveness of technical solutions for increasing the bearing capacity of structures made of metal corrugated structures // *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2015. N 13. URL: https://www.adimadi.ru/madi/article/view/127/pdf_73. (In Russian)
6. Petrova E.N. Studies of structures from metal corrugated elements // *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*. 2012. N 1. pp. 26-28. (In Russian)
7. Zinurov T.A., Piskunov A.A., Petropavlovskikh O.K., Ananiev A.A., Shaymardanov I.A. The possibility of using corrugated polypropylene pipes in the embankment of the highway // *Internet-journal "Naukovedenie"*. 2017. № 4 (41). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/27TVN417.pdf>. (In Russian)
8. Kayumov R.A., Shakirzyanov R.A., Shakirzyanov F.R. Calculation of joint deformation and loss of bearing capacity of soil and corrugated polyethylene pipe // *Uchenye zapiski Kazanskogo Universiteta*. 2015. Vol. 157. N 1. pp. 107-113. (In Russian)
9. Beben D. Numerical analysis of a soil-steel bridge structure // *The Baltic journal of road and bridge engineering*. 2009. N 4 (1). pp. 13-21.
10. Yakupov N.M., Ahmadiev F.G., Kiyamov Kh.G. Calculation of thin-walled spherical shells with depressions based on three-dimensional finite elements // *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. 2014. N 50. pp. 185-190. (In Russian)
11. Kadomtseva E.E., Sikacheva N.V., Kirsanov Yu.A. Calculation of the strength of a corrugated thin plate on an elastic base by the inverse method // *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*. 2017. N 2. URL: <http://ivdon.ru/en/magazine/archive/N2y2017/4251>. (In Russian)
12. Kadomtseva E.E., Beskopylny A.N., Beskopylnaya N.I., Berdnik Ya.A. Calculation of the stiffness of a corrugated plate on an elastic base using the Bubnov-Galerkin method // *Nauchnoye obozreniye. Tekhnicheskiye nauki*. 2016. N 6. URL: <http://science-engineering.ru/pdf/2016/6/1124.pdf>. (In Russian)
13. Atroshenko A.A. Investigation of the stress-strain state of corrugated and continuous panels with allowance for geometric anisotropy and orthotropic properties of the material // *Vestnik NTU "KhPI"*. 2015. N 43. pp. 8-11. (In Russian)
14. Birger I.A., Panovko Ya.G. Strength, stability, vibrations. Reference book in three volumes. T.2. M.: Mashinostroyeniye, 1988. 832 p. (In Russian)
15. Osokin I.A. Application of the theory of shells of revolution to the calculation of corrugated culverts // *Internet-journal "Naukovedenie"*. 2013. N 2 (15). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/40tvn213.pdf>. (In Russian)
16. Ovchinnikov I.G., Osokin I.A. On the possibility of applying V.Z. Vlasov's theory of semimuscular shells to the calculation of metal corrugated structures // *Internet journal "Naukovedenie"*. 2014. N 4. URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/35TVN414.pdf>. (In Russian)
17. Zienkiewicz O.C, Taylor R.L. The finite element method for solid and structural mechanics. Elsevier, 2005. 631 p.
18. Novozhilov V.V. The theory of thin shells. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2010. 380 p. (In Russian)
19. Litvinov S.V., Klimenko E.S., Kulinich I.I., Yazyeva S.B., Longitudinal bending of polymer rods with account taken of creep strains and initial imperfections // *International Polymer Science and Technology*. 2015. Vol.42. pp. 23-25.
20. Litvinov S.V., Trush L.I., Dudnik A.E. Simulation of thermal creep of an inhomogeneous thick-walled cylinder in an axisymmetric setting // *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*. 2016. №2. URL: <http://ivdon.ru/en/magazine/archive/n2y2016/3560>. (In Russian)
21. Litvinov S.V., Trush L.I., Yazyev S.B. Flat axisymmetrical problem of thermal creepage for thick-walled cylinder made of recyclable PVC // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. pp. 1686-1693.
22. Demchenko B.M., Mayatskaya I.A. Theory of elasticity with the basics of plasticity and creep. Part 3. Beams, plates, shells. Rostov-on-Don: Rostov State University of Civil Engineering, 2015. 169 p. (In Russian)

ANALYSIS OF CYLINDRICAL CORRUGATED STRUCTURES USING SEMI-ANALYTICAL FINITE ELEMENT METHOD

Chepurnenko A.S., Yazyev B.M., Turko M.S.

Summary The article deals with the finite element analysis of corrugated sheet constructions. In solving this problem in a three-dimensional setting, in order to obtain correct results, the construction must be divided into tens and hundreds of thousands of finite elements. For axisymmetric constructions, even with an asymmetric load, it is possible to reduce the dimensionality of the problem by decomposing the desired displacements and load components into trigonometric series.

Subject: theory and methods for calculating metallic corrugated structures. The study is aimed at developing a technique for determining the stress-strain state of corrugated cylindrical shells with an asymmetric load.

Materials and methods: a semianalytic finite element method is used for calculations. Finite elements are used in the form of truncated cones. The surface load is decomposed into Fourier series.

Results: Using the developed methodology implemented in the Matlab environment, a cylindrical corrugated shell was computed, hinged at the base against the effect of wind pressure. The graphs of changes in the height of the shell of meridional and annular forces are presented. For comparison, the results for a smooth shell are given.

Conclusions: It is established that in the corrugated shell, in comparison with the smooth shell, the ring forces along the length have oscillations with a large amplitude. At the same time, the meridional forces for corrugated construction are slightly lower than for smooth ones. Thus, calculation using simplified approaches (membrane theory or theory of orthotropic shells) leads to underestimated values of ring stresses. The methodology developed by the authors and a package of applied programs also make it possible to calculate culverts under embankments of highways.

Key words: corrugated shell, asymmetrical loading, Fourier series, semi-analytic finite element method.

МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ РАСПОЛОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗОНЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ АВТОДОРОЖНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Дядичев В.В., Менюк С.Г., Дядичев А.В.

ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского"

Адрес: г. Симферополь, ул. Павленко, 3, корпус 2, к. 108

e-mail mr.dyadichev@mail.ru; e-mail menuka@mail.ru; e-mail adyadichev@mail.ru;

Аннотация. По результатам проведенных исследований в статье представлен анализ задачи многокритериального выбора земельного участка для строительства и размещения автомобильных дорог. Предложен метод интеграции технологий информационного моделирования автодорог и геоинформационных систем. Рассмотрена большая группа методов принятия решения: эвристические методы, аксиоматические, семейство методов electre, методы вербального анализа решений. Конечная модель зонирования получается путем использования над существующими слоями оверлейных и других операций.

Ключевые слова: Информационное моделирование, информационная система, земельный участок, автомобильная дорога, планирование, теория принятия решения, альтернатива, системный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Определение варианта выбора земельного участка в процессе строительства и размещения автомобильных дорог – трудная, сложная в математическом описании, многогранная задача, при рассмотрении которой нужно совместно применять методы геопространственной оценки, системного анализа, систем поддержки принятия решений. Бурное движение в развитии современных геоинформационных систем, широкое использование различных онлайн-овых строительных информационных систем, доступ к распределенной информации, которые позволяют получить допуск к значительному кругу необходимых для принятия решения данных, дают перспективы для создания новых методов и алгоритмов построения систем поддержки принятия решений в процессе выбора земельного участка для дорожного полотна. Эти данные должны применяться для принятия решения по размещению автомобильных дорог в зоне ответственности автодорожного предприятия. В разработке этого вида информационных систем требуются современные усовершенствованные методы и алгоритмы обработки данных, методики оценки вариантов постройки, с обязательной стыковкой с информационной системой поддержки принятия решений.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Цель планирования расположения нового объекта на территории населенного пункта заключается в определении лучшего местоположения таких объектов, как автомобильная дорога федерального, регионального или местного значения с прилегающей инфраструктурой. На основании типа

такого объекта и методов оценки качества расположения определяется математическая модель такой задачи. В результате получается значительное количество возможных решений. Многочисленность таких решений и критериев оценки привело к результату, что присутствует множество методов планирования размещения объекта.

Данный класс задач возник достаточно давно. А. Вебер был родоначальником появления первых методов по поиску вариантов размещения производственного оборудования (1909 год). В планировании городского строительства нашли широкое распространение методы математического моделирования. Дискретные задачи оптимизации определяются с использованием зонального поиска, заданий по нахождению минимума или максимума. Рассмотрим разновидности дискретных задач.

Первый вид задач составляют классические задачи размещения технологического и транспортного оборудования производственных предприятий с неограниченными мощностями. Нужно определить такое решение, которое соответствует указанным критериям при наличии множества допустимых решений (мест размещения). В качестве критериев могут выступать стоимость монтажа или затраты на функционирование, обслуживание. Подход минимизации функции позволит решить подобные задачи.

Второй вид задач формируют задачи планирования с ограничениями на мощности, то есть когда ресурсы лимитированы. Такие задачи решаются на основании информационных методов построения жадных алгоритмов, локального поиска и релаксации Лагранжа.

Третий вид задач составляют задачи размещения объектов с приоритетом пользователей. В решении подобных задач

условия и требования, задаваемые пользователем, имеют приоритетный и определяющий характер.

Проблемам методов планирования расположения объекта на ограниченных площадях уделяли внимание многие отечественные и зарубежные специалисты, в том числе Ю. Б. Гермейер [1], Н. Н. Моисеев [2], В. Н. Бурков [3], Ю. М. Горский [4], И. В. Парангишвили [5], Б.Ф. Фомин, Б. Я. Советов [6], М. Месарович [7] и Дж. Клир [8]. Однако, вопросам целесообразного проектирования и разработки информационных систем поддержки принятия решения в процессе выбора земельного участка в процессе строительства и размещения автомобильных дорог посвящено мало работ.

Необходимо обращать внимание на большое количество разнообразных пространственных ограничений при определении площадей для расположения строящихся автодорог в зонах ответственности автодорожных предприятий и муниципальных территориях. С целью комплексного учета множества таких факторов необходимо применять системы поддержки принятия решений, имеющих элементы геоинформационных систем [9]. Данное научное направление развития информационных технологий получило широкое развитие в последнее время. Варианты решения и результаты анализа отображаются географическими картами, результатами обработки запросов из банков данных, 3d моделями поверхностей [10-13].

В результате проведенного исследования можно сделать вывод, что в наше время существуют различные подходы, основанные на информационных технологиях, к решению проблемы выбора земельного участка на различных территориях численными методами разной сложности. Обобщенные рациональные методы в комплексе с геоинформационными технологиями мы сможем положить в основу для формирования нового метода определения мест размещения объектов на региональных и муниципальных территориях.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Стремительное движение вперед информационных систем, утверждение правил автодорожного строительства способствовали появлению необходимости разработки информационных систем по учету строительства и ремонту автодорожного полотна. Также данную необходимость стимулировала необходимость учета значительного объема документации по проектированию прилегающей инфраструктуры, распределения земельных ресурсов, сбор генеральных планов, проектной застройки.

ЦЕЛЬ

Основной целью статьи является усовершенствовать процесс поддержки принятия

решения о размещении автомобильной дороги при строительстве и ремонте за счет предоставления лицам, принимающим решения, быстрого, компактного инструмента, который позволит отобразить возможные варианты размещения автомобильного полотна и мест необходимого ремонта на нем, сформировать ограничения, критерии. Это даст лицу, принимающему решения, определить достоинства и недостатки участков размещения и ремонта. Кроме того, можно сделать вывод, что в исследованных методах применяется ограниченный набор специальных критериев, которые нельзя применять для комплексного анализа вариантов строительства и размещения автомобильных дорог.

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На данный момент, одной из важнейших и постоянно развивающихся дисциплин является теория принятия решений. Главная задача этой науки сводится к следующему: определение лучшего, оптимального и адекватного набора действий для достижения поставленного результата.

Процесс принятия решений (рис. 1) и само принятие решения предполагает формирование альтернатив – вариантов решений (выборка по определенным критериям) согласно предпочтительности, некоей оценке, основанной на том или ином анализе, в зависимости от выбранной методики.

Задача размещения автомобильных дорог, несомненно, будет относиться к задачам, которые решает данная наука, ибо решение предполагает большое количество критериев (многокритериальность), впоследствии порождается большое количество альтернатив.

Решение достигается при помощи системного подхода. Благодаря ему формируется последовательность принятия решений, т.е., декомпозиция проблемы с помощью системного анализа, составление этапов поиска решений, а также отношения следования между ними.

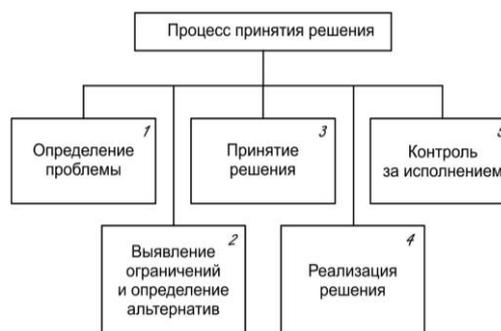


Рис. 1. Процесс принятия решения

Fig. 1. Decision making

Говоря о системном анализе, принятии решения с выбором земельного участка под строительство, можно выделить следующие проблемы:

1. Многокритериальность;
2. Неоднозначность;
3. «Количественная оценка»;
4. Риск.

В первом случае, исходя из постановки задачи уже ясно, что придется столкнуться с огромным числом факторов, критериев, влияющих на конечное решение. К ним можно отнести: географические, экономические, социальные и т.д. Далее в работе они рассматриваются более подробно.

Неоднозначность подразумевает, что решений всегда будет множественное число, и невозможно целиком и полностью прийти к правильному решению, которое бы удовлетворяло всех. Неоднозначность, неполнота данных и невозможность представить некоторые критерии в виде количественной оценки относятся к этой проблеме.

Риск является неотъемлемой частью принятия решения и всегда будет. Вопрос вложения, крупных инвестиций в строительство сопровождается элементами риска. Неправильно принятое решение, может повлечь за собой огромные денежные потери.

Говоря об этапах принятия решения первичный сбор, обработка и следующий за ними анализ данных решаются диагностическими функциями. Среди самых популярных, это – сравнение и многофакторный анализ.

Дальнейшая генерация альтернатив происходит с помощью таких распространенных методов, как мозговой штурм, коллективная генерация идей, методы сценариев, морфологический анализ и др.

Оценка альтернатив происходит с помощью шкал, многокритериальных методов, где последний является самым популярным. Критериальный метод – это оценка отдельно взятой альтернативы некоторым числом (целевой функцией) и сравнение альтернатив сводится к сравнению соответствующих чисел.

В основу метода положен автоматизированный выбор земельного участка муниципальной территории на многокритериальной основе. Сначала происходит ранжирование всех существующих участков и территорий на основе ограничений, количественных характеристик. Отсеив неподходящие, по определенным причинам, участки, остается определенный набор участков, из которых выбираются оптимальные. Далее, на основании качественных характеристик, в зависимости от задачи и ЛПП, определяются лучшие варианты размещения. Конечным шагом станет создание комплексной тематической карты и модели зонирования.

Такой подход позволяет разбить решение задачи выбора оптимального варианта на две подзадачи:

1. Сначала выполняется просмотр всевозможных вариантов размещения и, в соответствии с первичными ограничениями, например, на площадь или автодорожные зоны, отбираются подходящие альтернативы. Эта подзадача решается средствами пространственного анализа ГИС путем выделения и пересечения зон, соответствующих ограничениям.

2. Ранжирование оставшихся альтернатив происходит по качественным характеристикам, определяя ценность того или иного решения с помощью рационального метода принятия решений.

Выбор ограничений и критериев в этом подходе остается за ЛПП. При этом ЛПП может многократно решать задачу относительно разных критериев и ограничений, поскольку весь процесс учета ограничений и ранжирования по критериям полностью автоматизирован.

Исходная информация в данном случае имеет разную природу и форму представления. Автостроительные условия и ограничения, а также данные существующей системы землепользования по своей природе являются моделями зонирования. Они изначально представляются в ГИС в виде полигональных объектов и используются как ограничения при формировании множества альтернатив.

Наборы пространственных объектов линейной и точечной локализации используются для построения моделей оценки альтернатив. При этом может возникать сложная задача представления критериев и ограничений в виде зон. Если зоны генерального плана, например, представляющие допустимые области застройки или водоохранные зоны, четко и однозначно определены, то такие зоны, как наличие резервов других мощностей, имеют довольно условные границы вследствие имеющихся неопределенностей на этапе анализа.

Основным отличием вышеописанного метода от остальных методов пространственного размещения для решения задачи размещения, является использование в качестве критериев и ограничений моделей зонирования, благодаря этому происходит отсеивание неподходящих вариантов. Оставшиеся же варианты дают возможность выбрать необходимый участок, учитывая предпочтения ЛПП. Благодаря этому, раскрываются возможности ГИС в области пространственного анализа: оверлейных операций, пересечения объектов, построение буферных зон.

Важно отметить, что в методе используются модели зонирования, которые строятся для решения конкретной задачи и конкретных заданных требований к размещению объекта. Их в общем случае нельзя построить заранее на все случаи жизни, как это делается, например, в генеральных планах развития территорий. Хотя

отдельные модели зонирования в процессах анализа могут использоваться многократно.

Таким образом, результатом применения метода являются тематические карты, на которых выделяются зоны, удовлетворяющие заданным критериям или, ранжируются земельные участки, заданные как исходное множество альтернатив.

Проблема инновационного подхода в проектировании представляется крайне важной для всего строительного комплекса. В настоящее время существенно изменились технологические возможности проектных организаций, что обусловлено масштабным применением современных проектных решений на основе инновационного программного обеспечения, российских и зарубежных автоматизированных комплексов, средств расчета с повышенной производительностью. В современных условиях для успешной реализации проекта необходимо широкое использование информационных технологий. Новый уровень удовлетворения этих потребностей обеспечивают системы автоматизированного проектирования, реализующие технологию информационного моделирования зданий BIM.

Информационное моделирование зданий – один из основных технологических трендов, который привел к тотальной трансформации строительной индустрии в мире. Вот наиболее широкое и распространённое определение BIM: «Это цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта, сформированное в виде общедоступного ресурса, базы знаний, которая используется как надёжная информационная основа для принятия решений на протяжении всего жизненного цикла объекта, от ранних этапов выработки концепции и до сноса или утилизации».

Изначально BIM-подход применялся исключительно к отдельным зданиям (Building, отсюда и “B” в аббревиатуре), но в настоящее время этот термин приобретает более общее звучание и включает в себя инфраструктуры, специфические капитальные объекты (такие, как мосты) и многое другое.

На практике BIM представляет собой набор технологий и процессов, которые должны приводить к улучшению результатов на различных этапах жизненного цикла объекта строительства, включая ранние этапы концептуального планирования, дизайн и инжиниринг, закупки и строительство, ввод в эксплуатацию, техническое обслуживание и извлечение прибыли, а также снос или реализацию под другие нужды.

Технология BIM – это современный подход к проектированию-строительству-эксплуатации. Можно сказать, что данная технология – это вся имеющая числовое описание и нужным образом организованная информация об объекте, используемая как на стадии проектирования и строительства здания, так и в период его эксплуатации и даже сноса. Важной составляющей

данной технологии является единое информационное пространство, база данных, содержащая всю информацию о технических, правовых, имущественных, эксплуатационных, энергетических, экологических, коммерческих и прочих характеристиках здания. Благодаря очень точной и детальной проработке модели, эта технология даёт возможность проводить различные расчёты, анализы, симуляции (при классическом проектировании для каждого расчёта нужно выполнить отдельную дополнительную работу). Одним из видов таких расчётов являются расчёты энергоэффективности и энергопотребления здания, а также комплексные расчёты всего здания (с учётом местоположения) и всех его элементов одновременно (при классическом проектировании мы производим расчёт только одного элемента, например, наружной стены). Очевидно, что, применяя технологию BIM, намного проще проводить симуляцию всего жизненного цикла здания, а полученные результаты использовать для корректировки проекта, получая в итоге более качественное решение.

В процессе строительного проектирования создается компьютерная модель нового объекта, несущая в себе все сведения о нём. Технология BIM позволяет визуализировать системы здания, рассчитывать различные варианты их компоновки в соответствии с заданными критериями, а также приводить их в соответствие нормам и стандартам, выполнять моделирование и анализ эксплуатационных характеристик будущих зданий: тепловой нагрузки, освещённости, тепловой энергии и др., упрощая выбор оптимального решения.

BIM является технологической платформой, которая позволяет объединить различные программные продукты и инструменты, что позволяет проводить моделирование значительно дешевле, упрощает процессы визуализации будущего объекта. BIM используется всеми действующими сторонами: владельцами, проектировщиками, строителями, подрядными компаниями, эксплуатационными компаниями и пр. Поскольку цифровая модель здания создается с первых шагов работы, появляется возможность организовать коллективный рабочий процесс, при котором все специалисты и участники привлекаются к совместной работе с самых ранних этапов проектного цикла, когда затраты на исследование и внесение изменений минимальны, а результаты таких изменений наиболее значимы. Создается возможность совместного проектирования, целью которого является получение экономического и энергоресурсосберегающих эффектов при разработке строительных генеральных планов и календарных планов строительства. Решаются вопросы организации совместного архитектурно-строительного и организационно-технологического проектирования в рамках решения основной задачи – снижения уровня потребления энергетических и

материальных ресурсов на протяжении жизненного цикла здания.

ВМ помогает проектировщикам систем ОВК, электрических и санитарно-технических систем предвидеть конечный результат проектирования ещё до того, как начнется строительство. Проектирование и выполнение расчётов на компьютерной модели позволяет быстрее и с большей экономической эффективностью создавать сложные, не нарушающие экологического равновесия инженерные системы. При строительном планировании появляется возможность своевременно выявить части проекта, которые будут вызывать трудности, и обратить на это внимание специалистов проектной организации. Решения на основе ВМ-технологии предоставляют специалистам подрядных организаций возможность определять сметную стоимость, выполнять 4D-визуализацию процесса строительства, выявлять коллизии, обмениваться информацией с заказчиками, а также оптимизировать строительство, сокращая отходы материалов, повышая производительность и экономя средства.

Отметим основные преимущества использования ВМ на этапе проектирования:

1. Планирование размещения объектов распределенной социальной инфраструктуры в районе застройки с учётом уже имеющейся инфраструктуры прилегающих территорий;

2. Проектирование инженерных и энергетических сетей района застройки с учётом рельефа местности и характеристик грунта;

3. Планирование транспортной сети в районе застройки, основных и вспомогательных маршрутов движения транспортных средств, анализ изменения транспортной ситуации района;

4. Определение и оптимизация требуемого количества техники, сил и средств для выполнения строительных работ;

5. Определение ближайших поставщиков строительных и отделочных материалов, специализированных организаций, предоставляющих инженерные и другие необходимые в процессе строительства услуги;

6. Расчёт наиболее подходящих маршрутов доставки строительных материалов с целью сокращения сроков и минимизации стоимости доставки.

Таким образом, интеграция технологий информационного моделирования зданий и геоинформационных систем стала ключевым звеном в развитии всего направления информационного моделирования в строительстве. С одной стороны, это связано с расширенным представлением о жизненном цикле объектов строительства и включением в этот цикл этапов от выбора участка под строительство до эксплуатации. С другой стороны, получаемые от использования этих технологий, преимущества проявляются на разных этапах и в разных формах,

затрагивая различный состав заинтересованных сторон.

Каждый многокритериальный метод рационального выбора имеет свою эффективную область применения. Например, ряд методов эффективен для анализа альтернатив по критериям с качественным измерением (ЗАПРОС, ШНУР). Методы, основанные на парных сравнениях альтернатив (метод анализа иерархий, ELECTRE), эффективны при малом количестве альтернатив (до 10). При большом количестве альтернатив и малом количестве критериев эффективны методы теории полезности.

Проведем выбор методов, которые будут наиболее эффективны для решения поставленной в задачи. Как отмечалось, анализ альтернатив на втором уровне характеризуется появлением более точной и полной информации вследствие снижения неопределенности. Исходя из этого, критерии второго уровня больше характеризуются количественной информацией. При наличии немногочисленных критериев с качественным описанием их оценки следует перевести в количественные посредством создания специальной искусственной шкалы перевода. Количество альтернатив на втором этапе потенциально не ограничено, что объясняется множеством возможных вариантов предварительных дальнейших решений по реализации электростанции (установленных мощностей, площадок, технических решений) для каждого пункта. Поэтому необходим метод, эффективный при анализе большого количества альтернатив по критериям с количественным измерением.

Альтернативы первого уровня также могут характеризоваться количественными критериями, однако в большей степени для описания альтернатив на первом уровне привлекаются критерии с качественным описанием. Количество альтернатив на первом уровне, как правило, не превышает 10, что объясняется ограниченностью возможных пунктов строительства в любом рассматриваемом макрорайоне. Этим требованиям отвечают методы анализа иерархий и вербальных групп. Предпочтение было отдано методу анализа иерархий, поскольку при анализе пунктов желательно выявить не только порядок превосходства, но и получить количественную оценку пунктов. Это открывает возможность для оценки степени превосходства альтернатив.

Таким образом, проведенный обзор методов позволяет сделать следующие выводы. Для задачи выбора пунктов размещения автомобильных дорог, перспективным является МАИ. Преимуществами метода являются:

- 1) эффективность для анализа альтернатив, характеризуемых критериями, как с качественными, так и с количественными оценками. Оценки сравнительной важности избавляют от необходимости перевода

качественных оценок в количественные или наоборот;

2) парные сравнения являются легкой процедурой, не вызывающей затруднений ЛПР;

3) вербальная шкала сравнений является понятным инструментом анализа для ЛПР;

4) метод широко применялся на практике, имеет хорошую апробацию.

Желательно получить количественную оценку пунктов, а не только выявить порядок превосходства альтернатив друг над другом.

Выбранный метод многокритериального анализа в дальнейшем будет комбинироваться вместе с методом зонирования территорий.

ВЫВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЕ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Задача многокритериального выбора земельного участка для строительства и размещения автомобильных дорог сводится к следующему: предложена формулировка задачи двухуровневого многокритериального выбора. На первом этапе отсекаются альтернативы по критериям первого уровня, а в дальнейшем по критериям второго.

Интеграция технологий Информационного моделирования зданий (ВМ) и Геоинформационных систем (ГИС) стала ключевым звеном в развитии всего направления информационного моделирования в строительстве. С одной стороны, это связано с расширенным представлением о жизненном цикле объектов строительства и включением в этот цикл этапов от выбора участка под строительство до эксплуатации. С другой стороны, получаемые от использования этих технологий преимущества, проявляются на разных этапах и в разных формах,

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гермейер Ю. Б. Введение в теорию исследования операций. – М.: Наука, 1971. – 384 с.
2. Моисеев Н. Н. Математические задачи системного анализа. – М.: Наука, 1981. – 488 с.
3. Бурков В. Н. Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1986. – 255 с.
4. Горский Ю. М. Системно-информационный анализ процессов управления. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 327 с.
5. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
6. Советов Б. Я. Проблемы адаптивного автоматизированного управления промышленным предприятием. Информационно-управляющие системы. – 2009 – Вып. 6. – С. 18-24.
7. Месарович М. Общая теория систем: математические основы. – М.: Мир, 1978. – 312 с.
8. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач: пер. с англ. / Дж. Клир. – М.: Радио и связь, 1990. – 534 с.

затрагивая различный состав заинтересованных сторон.

Рассмотрена большая группа методов принятия решения: эвристические методы, аксиоматические, семейство методов electre, методы вербального анализа решений. Каждый многокритериальный метод рационального выбора имеет свою эффективную область применения. Методы, основанные на парных сравнениях альтернатив (метод анализа иерархий, ELECTRE), эффективны при малом количестве альтернатив (до 10). Для задачи выбора пунктов размещения автомобильных дорог с соответствующей инфраструктурой, перспективным является МАИ. Выбранный метод многокритериального анализа в дальнейшем будет комбинироваться с методом зонирования территорий.

Таким образом, конечная модель зонирования получается путем использования над существующими слоями оверлейных и других операций. Процесс происходит автоматически. Данные, полученные таким путем, передаются в модуль СППР. ЛПР устанавливает предпочитаемые критерии, параметры, необходимые ему. Система в свою очередь проводит расчет над имеющимися альтернативами и выбирает лучшую среди них. Конечным результатом работы метода является тематическая карта, с отображением предпочтительных вариантов, отраженных различными цветами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования и науки Республики Крым в рамках научного проекта 17-47-92004 p_a

9. Carver S. J. Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems // International Journal of Geographical Information Systems. – 1991. – Vol. 5. – P. 321–339.
10. Arciniegas G. A. Effectiveness of collaborative map-based decision support tools: Results of an experiment // Environmental Modelling & Software. – 2013. – Vol. 39. – P. 159–175.
11. Janssen R. Multiobjective decision support for land use planning // Environment and planning B: Planning and design. – 2008. – Vol. 35. – P. 740-756.
12. Janssen R. Spatial evaluation of ecological qualities to support interactive design of land use // Environment and planning B: Planning and design. – 2013. – Vol. 40. – P. 427-446.
13. Stewart T. J. A multiobjective GIS-based land use planning algorithm // Computers, Environment and Urban Systems. – 2014. – Vol. 46. – P. 25-34.
14. Дядичев В.В. Интегрированные компьютерные системы: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2008. – 256с.

15. Дядичев В.В. Моделирование внедрения инновационных технологий в региональную систему образования: Монография / Дядичев В.В., Крышталь Н.И., Колесников А.В., Рыбцев И.В. – Луганск: Издательство ВНУ им. В.Даля, 2011. – 252с.
16. Дядичев В.В., Жуковский А.В. Интернет-телефония и системы мобильных телекоммуникаций: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2006 –500с.
17. Дядичев В.В., Жуковский А.В., Сафронов К.Н. Компьютерные телекоммуникации и сети ЭВМ: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2006 –208с.
18. Дядичев В.В., Локотош Б.Н., Колесников А.В. Теория информации: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2009. – 252с.
19. Дядичев В.В., Колесников А.В. Компьютерная техника. Часть I. Пользователь ПК: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2003 – 236с.
20. Дядичев В.В., Колесников А.В. Технические и программные средства современного офиса: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2006 – 22с.
21. Дядичев В.В., Колесников А.В., Любчик К.В. Типовые технологические объекты и процессы производства: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им.В.Даля, 2006 – 184с.
22. Дядичев В.В., Погорелов О.О. Дискретная математика и теория вероятностей: Учебное пособие. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2009. – 247с.
8. Clear J. Systemology. Automation of solving system problems: Per. from English / J. Clear. - M.: Radio and communication, 1990. - 534 p.
9. Carver S. J. Integrating multi-criteria with geographical information systems // International Journal of Geographical Information Systems. - 1991. - Vol. 5. - p. 321–339.
10. Arciniegas G. A. Effectiveness of collaborative map-based decision support tools: Results of an experiment // Environmental Modeling & Software. - 2013. - Vol. 39. - P. 159-175.
11. Janssen R. Multiobjective decision support for land use planning // Environment and planning B: Planning and design. - 2008. - Vol. 35. - p. 740-756.
12. Janssen R. - 2013. - Vol. 40. - p. 427-446.
13. Stewart T.J. A multi-objective GIS-based land use planning algorithm // Computers, Environment and Urban Systems. - 2014. - Vol. 46. - P. 25-34.
14. Dyadichev V.V. Integrated Computer Systems: Tutorial. - Lugansk: Publishing house of the VNU named after V. Dahl, 2008. - 256s.
15. Dyadichev V.V. Modeling the introduction of innovative technologies in the regional education system: Monograph / Dyadichev V.V., Kryshstal N.I., Kolesnikov A.V., Rybtsev I.V. - Lugansk: VNU Publishing House. V. Dahl, 2011. -252с.
16. Dyadichev V.V., Zhukovsky A.V. Internet telephony and mobile telecommunications systems: Study Guide. - Lugansk: VNU named after V. Dahl, 2006–500s.
17. Dyadichev V.V., Zhukovsky A.V., Safronov K.N. Computer telecommunications and computer networks: Textbook. - Lugansk: Publishing house of the Higher National University named after V. Dahl, 2006 –208с.
18. Dyadichev V.V., Lokotosh B.N., Kolesnikov A.V. Theory of Information: Tutorial. - Lugansk: Izd-vo VNU them. V. Dahl, 2009. - 252s.
19. Dyadichev V.V., Kolesnikov A.V. Computer technology. Part I. PC user: Tutorial. - Lugansk: Publishing house of the Higher National University named after V. Dahl, 2003 - 236 p.
20. Dyadichev V.V., Kolesnikov A.V. Hardware and software of a modern office: Tutorial. - Lugansk: Publishing house of the Higher National University named after V. Dahl, 2006 - 22с.
21. Dyadichev V.V., Kolesnikov A.V., Lyubchich K.V. Typical technological objects and production processes: Tutorial. - Lugansk: Publishing house VNU im.V. Dal, 2006 - 184s.
22. Dyadichev V.V., Pogorelov O.O. Discrete Mathematics and Probability Theory: Tutorial. - Lugansk: Izd-vo VNU them. V. Dahl, 2009. - 247s.

REFERENCES

1. Germeier Yu. B. Introduction to the theory of operations research. - M.: Science, 1971. - 384 p.
2. Moiseev N. N. Mathematical problems of system analysis. - M.: Science, 1981. - 488 p.
3. Burkov VN Basics of the mathematical theory of active systems. - M.: Science, 1986. - 255 p.
4. Gorsky Yu. M. System information analysis of management processes. - Novosibirsk: Science. Sib. Separation, 1988. - 327 p.
5. Prangishvili I. Century System approach and system-wide laws. - M.: SINTEG, 2000. - 528 p.
6. Boards B. Ya. Problems of adaptive automated management of an industrial enterprise. Information management systems. - 2009 - Vol. 6. - p. 18-24.
7. Mesarovic M. The general theory of systems: mathematical foundations. - M.: Mir, 1978. - 312 p.

METHODS OF IMPROVING INFORMATION SYSTEMS PLANNING THE LOCATION OF ROADS
IN THE AREA OF RESPONSIBILITY OF ROAD TRANSPORT ENTERPRISES

Dyadichev V.V., Menyuk S.G., Dyadichev A.V.

Summary: The article presents the analysis of the problem of multicriteria selection of land for the construction and placement of roads. The method of integration of technologies of information modeling of roads and geographic information systems is offered. A large group of decision-making methods is considered: heuristic methods, axiomatic methods, a family of electre methods, methods of verbal decision analysis. The final zoning model is obtained by using overlay and other operations on existing layers.

Key words: Information modeling, information system, land, road, planning, decision theory, alternative, system analysis.

УДК 624.014

К РАСЧЕТУ ЛЕДОРАЗРУШАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ОПОРНЫХ СТОЕК БЛОКОВ МОРСКИХ СТАЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

Чемодуров В. Т., Синцов В.П., Фурсов А.Ю.

Академия Строительства и Архитектуры, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: sin59@bk.ru

Аннотация. Актуальными остаются вопросы разработки месторождений углеводородов в акваториях северных и арктических морей, таких как Северное, Баренцево, Чукотское и Азовское моря и другие.

Для разработки данных месторождений применяют морские сооружения, которые позволяют обеспечить эффективное бурение и эксплуатацию морских скважин с учетом особенностей условий эксплуатации и в первую очередь наличие значительных ледовых нагрузок. В частности на Азовском море при разработке Восточно - Казантипского месторождения ледовые нагрузки являются определяющими при создании морской стационарной платформы (МСП). Для снижения ледового воздействия на МСП предложено устанавливать в зоне воздействия конусное ледоразрушающее устройство. Для повышения несущей способности опорной стойки МСП в месте размещения ледоразрушающего устройства его внутренний объем заполняется бетоном. (патент на полезную модель РФ № 151969). Результаты других исследователей показывают, что при контакте льда с такой конической защитной конструкцией опорной стойки разрушение ледового поля происходит от изгиба, а не от сжатия. Что в первую очередь ведет к разрушению льда при более низких значениях напряжений, и во вторых, как следствие такое ледовое воздействие приводит к снижению контактного давления на опору.

Для изучения распределения напряжений в стальной обойме ледоразрушающего устройства разработана математическая модель ледоразрушающего устройства. Проведенные исследования позволили получить математические выражения нормальных напряжений в конусной обечайке ледоразрушающего устройства от ледовых воздействий при расчете прочности и устойчивости.

Предмет исследования: конусное ледоразрушающее устройство для повышения несущей способности опорной стойки МСП в зоне контакта со льдом.

Материалы и методы: в качестве исходного материала принято существующее конструктивное решение восточно-казантипской морской стационарной платформы. Для проведения исследований применена математическая модель ледоразрушающего устройства.

Результаты: Проведенные исследования позволили получить математические выражения нормальных напряжений в конусной обечайке ледоразрушающего устройства от ледовых воздействий при расчете прочности и устойчивости.

Выводы: наиболее эффективной, по результатам анализа, является конструктивная схема с использованием композитной конструкции металлического кожуха, хаполненного бетоном.

Ключевые слова: Морская стальная стационарная платформа, опорная стойка, ледоразрушающее устройство, металлическая оболочка усиленная бетоном.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальными остаются вопросы разработки месторождений углеводородов в акваториях северных и арктических морей, таких как Северное, Баренцево, Чукотское и Азовское моря и другие.

Для разработки данных месторождений применяют морские сооружения, которые позволяют обеспечить эффективное бурение и эксплуатацию морских скважин с учетом особенностей условий эксплуатации и в первую очередь наличие значительных ледовых нагрузок. В частности на Азовском море при разработке Восточно - Казантипского месторождения ледовые нагрузки (рис. 1) являются определяющими при создании морской стационарной платформы (МСП) [2...5].

Ледовые воздействия на конструкцию принимаются по критическим нагрузкам для льда. В общем случае ледовые воздействия определяются как произведение прочностной характеристики льда при сжатии, ширины сооружения по бровке, толщины льда и коэффициентов, учитывающих условия контакта между сооружением и льдом, форму сооружения, напряженное состояние льда, скорость дрейфа льда [3]. Для снижения ледового воздействия на МСП предложено устанавливать в зоне воздействия конусное ледоразрушающее устройство. Для повышения несущей способности опорной стойки МСП в месте размещения ледоразрушающего устройства его внутренний объем заполняется бетоном. (Рис. 2) (патент на полезную модель РФ № 151969). Результаты других исследователей показывают, что при контакте льда с такой конической защитной

конструкцией опорной стойки разрушение ледового поля происходит от изгиба, а не от сжатия. Что в первую очередь ведет к разрушению льда при более низких значениях напряжений, и во вторых, как следствие такое ледовое воздействие приводит к снижению контактного давления на опору.

Для изучения распределения напряжений в стальной обойме ледоразрушающего устройства разработана математическая модель ледоразрушающего устройства (рис. 3) [9...11,16,17].



Рис. 1. Ледовые условия Азовского моря.

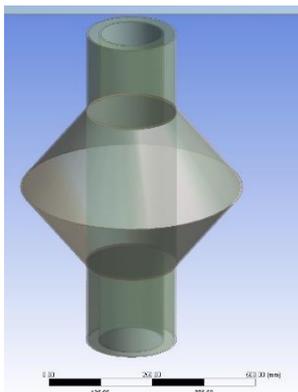
Fig. 1. Ice-conditions on Azov sea.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При разработке математической модели ледоразрушающего устройства в основу положено следующее конструктивное решение - опорная стойка представлена пространственной конструкцией, состоящей из труб и листового металлического конуса. Конус установлен в зоне

переменного смачивания, которая совпадает с зоной ледового воздействия. На первом этапе проводим изучение напряженного состояния элементов конуса, далее внутреннее пространство конусной конструкции заполняется бетоном (патент на полезную модель РФ № 151969), что позволяет подкрепить металлический листовой конический кожух ледоразрушающего устройства.

а)



б)

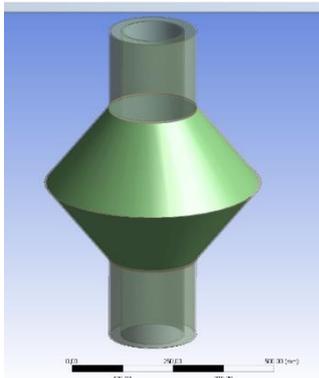


Рис. 2. Модель ледоразрушающего устройства МСП.

а - базовая с конусом;

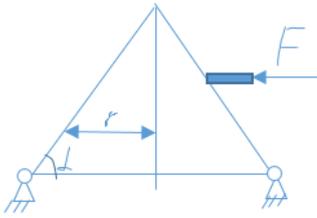
б- усовершенствованная с бетонным заполнением.

Fig. 2. Icebreaking device MSP.

a- Basic model

b- Improved model

Рассмотрим прочность конусообразной обечайки. Решение осуществим в полярной системе координат. На рис. 3 представлена расчетная модель конусной обечайки, к которой приложена горизонтальная сила имитирующая ледовое воздействие.



$$F_1 = F \sin \alpha$$

Рис.3 Расчетная модель конусной обечайки.
Fig. 3. Calculation model of coneshell.

Примем допущение: радиальные напряжения на много больше тангенциальных, т.е. $\sigma_r \gg \sigma_\theta$. Объемные силы так же не учитываются. Такое напряженное состояние называется простым радиальным. В этом случае уравнение равновесия имеет вид

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r}{r} = 0 \quad (1)$$

А уравнение неразрывности деформаций представим в виде

$$\frac{\partial^2 \sigma_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \sigma_r}{\partial \theta^2} = 0 \quad (2)$$

Интегрируем уравнения (1) и (2) методом Фурье, для чего представим функцию σ_r в виде произведения двух функций

$$\sigma_r(r, \theta) = \varphi(r) + \varphi(\theta) \quad (3)$$

Подставим функцию (3) в уравнение (1) и (2). Получим (4)

$$\begin{cases} \varphi' \omega + \frac{\sigma \omega}{r} = 0 \\ \varphi'' \omega + \frac{\varphi' \omega}{r} + \frac{\varphi \omega''}{r^2} = 0 \end{cases}$$

Сократим первое уравнение (4) на ω . Тогда $\varphi' + \frac{\varphi}{r} = 0$. Откуда после разделения переменных $\frac{\varphi'}{\varphi} = -\frac{1}{r}$ и интегрированием будем иметь

$$\ln \varphi = -\ln r + \ln c, \text{ или } \ln \varphi = \ln \frac{c}{r}$$

Освободим от логарифмов

$$\varphi = \frac{c}{r} \quad (5)$$

Теперь найденную функцию φ подставим во второе уравнение (4).

$$\frac{2c}{r^3} \omega - \frac{c}{r^3} \omega + \frac{c}{r^3} \omega'' = 0$$

Или после сокращения получим

$$\omega + \omega'' = 0 \quad (6)$$

Решение этого уравнения имеет вид

$$\omega = A \cos \theta + B \sin \theta \quad (7)$$

Решения (5) и (7) подставим в (3).

$$\sigma_r = \frac{c(A \cos \theta + B \sin \theta)}{r}$$

Введем произвольные постоянные K и θ_0

$$CA = -K \cos \theta_0; CB = -K \sin \theta_0$$

В этом случае

$$\sigma_r = \frac{k}{r} (\cos \theta \cos \theta_0 + \sin \theta + \sin \theta_0) \quad ,$$

или

$$\sigma_r = \frac{k}{r} \cos(\theta - \theta_0) \quad (8)$$

θ -принятый угол давления льда. К найдем из граничного условия: при $\theta = \theta_0$

$$\sigma_r = \frac{F_1}{r_1 \theta_0 \Delta l} = \frac{F \sin \alpha}{r_1 \theta_0 \Delta l}$$

Здесь Δl – толщина льдины.

Тогда $\frac{F \sin \alpha}{r_1 \theta_0 \Delta l} = -\frac{k}{r_1}$, или $k = -\frac{F \sin \alpha}{\theta_0 \Delta l}$. В

этом случае общее решение имеет вид

$$\sigma_r = \frac{F \sin \alpha}{r_1 \theta_0 \Delta l} \cos(\theta - \theta_0) \leq [\sigma] \quad (9)$$

Полученное выражение 9 является выражением прочности материала конусной обечайки.

Проверка устойчивости конусной оболочки. Под воздействием внешних нагрузок оболочки тел вращения теряют основную форму устойчивости не разрушаясь.

Для реальных оболочек, исходя из многочисленных испытаний получены эмпирические зависимости для критического напряжения потери устойчивости. (10)

$$\sigma_{хл} = K_{хл} E \frac{\delta}{r} \quad (10)$$

Потеря устойчивости оболочки вращения происходит именно в виде хлопка.

Для реальных оболочек $K_{хл} < 0,605$ и зависит от ряда факторов. (11)

$$K_{хл} = k * K_p * K_m * K_i \quad (11)$$

k - коэффициент влияния начальных несовершенств оболочки. Чем меньше $\frac{\delta}{r}$, тем сильнее влияние начальных несовершенств на потерю устойчивости оболочки

$$K = 0,605 - 0,545 \left[1 - \exp\left(-\frac{1}{16} \sqrt{\frac{r}{\delta}}\right) \right] \quad (12)$$

K_p – влияние внутреннего давления

$$K_p = \frac{1 + 0,21l\left(\frac{r}{\delta}\right)^{0,6}}{1 + 3\alpha} \quad (13)$$

Здесь $\alpha = \frac{pr^2}{E_\delta \delta^2}$. В данной конструкции под внутренним давлением понимается реакция наполнителя оболочки в виде произведения коэффициента постели на деформацию оболочки. Если оболочка пустая, то $\alpha = 0$ и $K_p = 1$.

Деформацию ε_r легко определить, решая уравнение (9), то есть

$$\varepsilon_r = \frac{\sigma_r}{E} \quad (14)$$

Коэффициент постели выбирается в зависимости от материала наполнителя

$$p = \varepsilon_r * \Delta l * K_{\text{п}}$$

$K_{\text{ш}}$ -коэффициент неравномерности сжимающих напряжений. В данном случае $K_{\text{ш}} = 1$

K_i -коэффициент влияния пластических деформаций. Его так же можно принять $K_i = 1$, так как потеря устойчивости гладких оболочек происходит в упругой области деформацией при низком уровне сжимающих напряжений. Если $\sigma_{\text{хл}} < \sigma_{\text{хл}}'$, то оболочка устойчива.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

При наличии внутреннего заполнителя в оболочке значительно повышается её прочность.

$$\sigma_r = \frac{F \sin \alpha}{r_1 \theta * \Delta l} \cos(\theta - \theta_0) - \varepsilon_r * K_{\text{п}} * \Delta l_1$$

или

$$\sigma_r = \frac{1}{1 + \frac{K_{\text{п}} * \Delta l}{E_\delta}} * \frac{F \sin \alpha}{r_1 \theta \Delta l} < [\sigma]$$

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования позволили получить математические выражения нормальных напряжений в конусной обечайке ледоразрушающего устройства от ледовых воздействий при расчете прочности и устойчивости. Показать, что при наличии внутреннего заполнителя в ледоразрушающем устройстве прочность внешней металлической оболочки значительно повышается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. - Министерство строительства Российской Федерации. М. 2016. - 105 с.
2. СП 16.13330.2017 Стальные конструкции. - Министерство строительства Российской Федерации. М. 2017. - 145 с.
3. Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок (ПБУ) и морских стационарных платформ (МСП): по

состоянию на 30.06.2008/ Российский Морской Регистр Судоходства (РМРС).- НД№2-020201-008. Санкт-Петербург, 2008.-502 с. (библиотека официальных изданий).- ISBN5-89331-116-7.

4. Барабанов Н. В. Конструкция корпуса морских судов. Л.: Судостроение, 1981. - 551 с.

5. Бородавкин П.П. Морские нефтегазовые сооружения. Часть 1. Конструирование: Недра-Бизнесцентр; 2006 г. - 560 с.

6. Ефремкин И.М., Холмянский М. А. , Геоэкологическое сопровождение освоения нефтегазовых месторождений Арктического шельфа. М.: Недра, 2008 г. - 250 с.

7. Мирзоев Д.А., Нефтегазопромысловые ледостойкие сооружения мелководного шельфа. М.: Недра, 1992 г. - 225 с.

8. Зонин М. С. , Дзюбло А. Д. , Коллекторы морского нефтегазоносного комплекса Севера Западной Сибири", М.: Издательство Академии горных наук, 1990 г., - 175 с.

9. Никитин Б.А., Мирзоев Д.А., Богатырева Е.В., "Методика Выбора основного варианта конструкции морских ледостойких платформ", М.: Издательство Академии горных наук 2005 г.

10. Суворова И. А. , "Основы безопасности при проектировании объектов обустройства месторождений углеводородов шельфа арктических морей" М.: Недра, 2001 г. – 215 с.

11. Сукач М. 2009. Проблемы добычи твердых полезных ископаемых со дна мирового дна. «MOTROL» сб. научных трудов. Вып. 11 А. Simferopol-Lublin. с. 116-123.

12. Г. Г. Матишов, Б. А. Никитин, О. Я. Сочнев. Экологическая безопасность и мониторинг при освоении месторождений углеводородов на арктическом шельфе. 2001 г.- 205 с.

13. Д. А. Мирзоев. "Основы морского нефтегазового дела", Том 1 "Обустройство морских нефтегазовых месторождений", 2009 г., - 350 с.

14. Типы морских стационарных платформ, используемых ГАО "Черноморнефтегаз" на шельфе черного и азовского морей /Владимир Синцов, Александр Фурсов// MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. — Lublin, 2012. — Vol. 14, № 6. — P. 39—44.

15. Б. А. Никитин, Д. А. Мирзоев, Е. В. Богатырева. "Морские нефтегазовые промыслы", 2005 г.

16. В.Т. Чемодуров – Проблема обеспечения прочности и надежности ракет и пусковых установок. Ленинград, ВМА, 1985 г., - 198 с.

17. Рекач В.Г. – Руководство к решению задач прикладной теории упругости, Москва, «Высшая школа», 1973 г., - 378 с.

REFERENCES

1. SP 20.13330.2011. Loads and impacts. Design standards. - no . Ministry of regional development of the Russian Federation 2011.

2. SP 16.13330.2011 Steel structures.- Ministry of regional development of the Russian Federation 2011.
3. Rules of classification, construction and equipment of floating drilling rigs (PBU) and offshore fixed platforms (ICP): as of 30.06.2008/ Russian Maritime Register of Shipping (RMRS).- ND№2-020201-008. St. Petersburg, 2008.-502 p. (library of official publications).- ISBN 5-89331-116-7.
4. Drums N. B. construction of the hull of ships. L.: Shipbuilding, 1981. 551 p.
5. Borodavkin PP Marine oil and gas facilities. Part 1. Design: Nedra-Biznestsentr; 2006 - 560 pages
6. Efremkin I. M., Kholmyansky M., Geocological development of oil and gas fields of the Arctic shelf. M.: Nedra, 2008. - 250 p.
7. Mirzoyev D. A., oil and Gas offshore ice-resistant structure of the shallow shelf. M.: Nedra, 1992, 225 p.
8. Zonin M. S., Dzyublo, Collectors of the sea oil and gas complex of the North of Western Siberia", M.: Publishing house of Academy of mountain Sciences, 1990
9. Nikitin, B. A., Mirzoev, D. A., Bogatyrev, E. V., "Method Of choosing the basic version of the construction of ice-resistant platforms", M.: Publishing House of the Academy of mining Sciences 2005
10. Suvorov I. A., "Fundamentals of safety in the design of facilities for the construction of hydrocarbon deposits in the Arctic shelf" M.: Subsoil, 2001
11. Sukach M. 2009. Problems of extraction of solid minerals from the bottom of the world bottom. "MOTROL": collection of scientific works. Vol. 11 A. Simferopol-Lublin. 116-123.
12. G. G. Matishov And B. A. Nikitin, O. J. Sochnev. Environmental safety and monitoring in the development of hydrocarbon deposits on the Arctic shelf. 2001.
13. D. A. Mirzoev. "Fundamentals of offshore oil and gas business", Volume 1 "Development of offshore oil and gas fields", 2009
14. Types of offshore fixed platforms used by GAO "Chernomorneftegaz" on the shelf of the black and Azov seas /Vladimir Sintsov, Alexander Fursov// MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. - Lublin, 2012. - Vol. 14, № 6. - P. 39-44.
15. B. A. Nikitin, D. A. Mirzoyev, And E. V. Bogatyreva. "Marine oil and gas fields", 2005
16. V. T. Chemodurov-the Problem of ensuring the strength and reliability of missiles and launchers. Leningrad, WMA, 1985, 198 p.
17. Rekach V. G.-Guide to solving problems of applied theory of elasticity, Moscow, Higher school, 1973, 378 p.

SUPPORT STANDS UNITS BEHAVIOR OF MARINE STEEL STATIONARY PLATFORMS FOR LOCAL LOADS

Chemodurov V. T., Sintsov V.P., Fursov A.Yu.

Abstract. The development of hydrocarbon deposits in the waters of the Northern and Arctic seas, such as the Northern, Barents, Chukotka and Azov seas, and others remain topical.

For the development of these fields, marine structures are used, which allow for efficient drilling and operation of offshore wells, taking into account the peculiarities of operating conditions and, first of all, the presence of significant ice loads. In particular, in the Azov sea during the development of the East Kazantip field, ice loads are crucial for the creation of a marine stationary platform (ICP). To reduce the ice impact on SMEs, it is proposed to install a cone-shaped ice-breaking device in the impact zone. To increase the bearing capacity of the support pillar of SME b in the location of the ice-breaking device, its internal volume is filled with concrete. (patent for utility model of the Russian Federation № 151969). The results of other researchers show that when ice comes into contact with such a conical protective structure of the support pillar, the destruction of the ice field occurs from bending, not from compression. That first of all leads to the destruction of ice at lower stress values, and secondly, as a consequence of such ice exposure leads to a decrease in contact pressure on the support.

To study the stress distribution in the steel cage of the ice-breaking device, a mathematical model of the ice-breaking device is developed. The carried out researches have allowed to receive mathematical expressions of normal stresses in a cone shell of the ice-breaking device from ice influences at calculation of durability and stability.

Subject: cone-shaped ice-breaking device to increase the bearing capacity of the SME support pillar in the ice contact area.

Materials and methods: the existing design solution of the East Kazantip marine stationary platform was adopted as a starting material. The mathematical model of the ice-breaking device is applied for carrying out researches.

Results: the conducted research allowed to obtain mathematical expressions of normal stresses in the cone shell of the ice-breaking device from the ice effects in the calculation of strength and stability.

Conclusions: the most effective, according to the results of the analysis, is a structural scheme using a composite structure of a metal casing filled with concrete.

Key words: sea steel stationary platform, support stand, ice-breaking device, metal shell reinforced with concrete.

УДК 691.316

ЛЕГКИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КАРБОНАТНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНЫХ ОПИЛОК И ИЗВЕСТКОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Т.А. Бахтина¹, Н.В. Любомирский², А.С. Бахтин³

Академия строительства и архитектуры (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», г. Симферополь, ул. Киевская, 181,

e-mail: ¹t.bakhtina83@gmail.com, ²niklub.ua@gmail.com, ³aleserba@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрен метод получения легких строительных материалов на основе древесных опилок и известкового вяжущего, твердеющих в среде углекислого газа. Строительные композиты на основе древесно-цементных композиций обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными бетонными изделиями, но в то же время существует ряд особенностей, такие как несовместимость цементного вяжущего с определенным видом древесины ввиду выделения последней экстрактивных веществ и замедления сроков схватывания вяжущего, которые усложняют технологию получения. Применение вяжущего не подверженного влиянию экстрактивных веществ, такого как доломитовое вяжущее карбонатного твердения, существенно упрощает производство готовых изделий. Проведенные исследования показали возможность получения легких строительных материалов на основе древесных опилок и известкового вяжущего карбонатного твердения. Процесс получения опытных образцов в специально разработанной пресс-форме занимает 4-8 минут, после чего образцы достигают требуемых характеристик. Извлеченные из пресс-формы образцы не требуют дополнительной выдержки и обладают заданными геометрическими и физико-механическими параметрами.

Предмет исследования: изменение физико-механических свойств легких строительных материалов на основе древесных опилок и известкового вяжущего, твердеющих в среде углекислого газа, в зависимости от технологических факторов.

Материалы и методы: в работе применялись математические методы планирования экспериментов, а также стандартные методы определения физико-механических свойств строительных материалов. Минералогический состав известкового вяжущего определяли с помощью системы высокотемпературного синхронного ТГА/ДТА/ДСК анализа STA 8000 фирмы Perkin Elmer в интервале температур 30-1000 °С при скорости нагрева 10 °С/мин, в среде азота.

Результаты: получены опытные образцы с прочностью при сжатии 2,0–6,5 МПа в зависимости от состава сырьевой смеси. Установлено, что плотность опытных образцов снижается по мере возрастания количества древесных опилок в сырьевой смеси и составляет 0,73-0,81 г/см³ при 40 %-м содержании древесного компонента. Коэффициент теплопроводности для образцов, содержащих 40 % древесных опилок составил 0,13 Вт/м·°С, что полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ, предъявляемым к теплоизоляционным материалам.

Выводы: проведенные исследования показали возможность получения легких строительных материалов на основе древесных опилок и известкового вяжущего, твердеющих в среде углекислого газа, обладающих необходимыми физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: древесные опилки; известковое вяжущее; карбонатное твердение; прочность; стеновые блоки.

ВВЕДЕНИЕ. АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Энергоэффективность зданий на сегодняшний день является одним из основных показателей при строительстве зданий и сооружений [1]. Для повышения энергоэффективности зданий используют как пассивные, так и активные методы регулирования состояния внутренней среды [2]. Активные методы предусматривают оптимизацию функционирования систем отопления и горячего водоснабжения, а пассивные методы направлены на энергосбережение за счет применения эффективных конструктивно-теплоизоляционных и изоляционных строительных материалов и изделий. Пассивные методы, направленные на

снижение теплопотерь в здании, приняты за основу на начальном этапе проектирования зданий [3].

Древесина относится к одним из самых распространенных видов материалов, используемых в строительстве с глубокой древности. Благодаря своим физико-механическим свойствам и повсеместному наличию из древесных пород изготавливают широкую номенклатуру строительных материалов и конструкций. Отходы пиления и обработки древесины – опилки, стружки и волокна, также являются ценной базой для производства материалов для строительства. Перечень подобных изделий достаточно широк, но в основе технологии лежит принцип склеивания древесных отходов в плиты, панели или блоки с

помощью различных связующих [4-6]. В качестве таких связующих применяются органические и неорганические клеи. Синтетические органические клеи содержат летучие соединения и являются токсичными, а их рециркуляция довольно сложна [7]. Биопозитивные органические клеи более сложны в использовании и обладают высокой стоимостью [8]. Из неорганических вяжущих, для производства стеновых материалов на органических заполнителях применяют портландцемент, гипс, известь и магнезиальные вяжущие [9]. Производство стеновых блоков на основе портландцемента с органическим заполнителем началось в начале 20 в. [10]. Предназначались они для малоэтажного и сельскохозяйственного строительства. Начиная с 70-х годов 20 в. начался выпуск древесно-цементных панелей. Конечно панели на основе органических связующих изготавливаются в гораздо больших количествах, но древесно-цементные панели имеют низкую стоимость и считаются важным вкладом в смягчении жилищной проблемы в развивающихся регионах [11]. Опыт использования таких материалов показал, что древесно-цементные композиты обладают рядом преимуществ по сравнению с бетонными элементами, такие как низкая плотность, и превосходные показатели в отношении устойчивости к влажности, пожарам, плесени и насекомым, по сравнению с обычными деревянными элементами [12]. Первые разработанные технологии производства древесно-цементных композитов отличались длительностью выдержки изделий при твердении, которая могла достигать 24 ч. Позже разрабатывались методики ускорения твердения методом закачки в твердеющий пласт CO_2 в газообразном, или жидком виде, что позволило осуществлять выемку из пресса изделий через несколько минут [13]. Также в производстве древесно-цементных композитов существует ряд сложностей, связанных с замедлением гидратации цемента ввиду экстракции древесиной различных водорастворимых веществ (в основном сахаров). Эффект экстрактивных веществ может приводить не только к снижению прочности, но и к нарушению физической целостности образцов [14]. Поэтому для предотвращения несовместимости древесины с цементом необходимо проведение предварительной подготовки древесного заполнителя, заключающееся либо в его вымачивании, либо в обработке различными веществами для создания щелочной среды. Наличие данной операции существенно усложняет и замедляет процесс производства, поэтому применение другого вяжущего, не подверженного влиянию экстрактивных веществ, может упростить технологию. Таким вяжущим может являться известь карбонатного твердения и ее

разновидности, в частности доломитовая известь. Благодаря своим свойствам известковые вяжущие при взаимодействии с углекислым газом не подвергаются воздействию экстрактивных соединений древесины, щелочная среда наоборот способствует нейтрализации таких веществ, а образующиеся кристаллы карбоната кальция оседают на поверхности древесных частиц, способствуя их скреплению [15, 16]. Отсутствие необходимости предварительной подготовки древесных волокон сокращает срок производства, а низкое водосодержание сырьевой смеси предотвращает возникновение существенных деформаций в процессе формования изделий.

Предыдущими исследованиями установлено, что в результате организации карбонатного твердения доломитового вяжущего возможно в течение 90 мин получить карбонизированную матрицу с высокими физико-механическими свойствами [17]. Так прочность при сжатии материала после 90 мин карбонизации достигла 32,0 МПа, при средней плотности 1665 кг/м³. Соответственно, такие данные позволяют предположить, что введение в доломитовое вяжущее заполнителя в виде древесных опилок позволит получить легкие строительные материалы с требуемыми нормативными характеристиками.

Целью данной работы было получение легких строительных материалов на основе древесных опилок и доломитовой извести, твердеющих в среде углекислого газа, а также изучение физико-механических свойств полученных образцов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для исследования использовали доломит добываемый в карьере «Каменные Борницы» Ленинградской области предприятия ОАО «Карьеры Доломитов» фракцией до 10 мм. Доломитовое вяжущее получали путем обжига доломитовой породы в лабораторной муфельной печи марки SNOL 6,7/1300 в течении 45 мин. Для обжига использовали фракцию доломита 5-10 мм. Обожженный продукт измельчали до прохождения сквозь сито с ячейкой 1,25 мм и затворяли водой для получения гидратных фаз доломитовой извести. Минералогический состав доломитовой извести определяли с помощью системы высокотемпературного синхронного ТГА/ДТА/ДСК анализа STA 8000 фирмы Perkin Elmer в интервале температур 30-1000 °С при скорости нагрева 10 °С/мин, в среде азота (см. рис.1). Минералогический состав полученного вяжущего рассчитанный по результатам термического анализа представлен в табл. 1.

Таблица 1. Минералогический состав доломитовой извести

Table 1. Mineralogical composition of dolomite lime

Потери в интервале температур 350-450 °С, %	Содержание Mg(OH) ₂ , %	Потери в интервале температур 450-520 °С, %	Содержание Ca(OH) ₂ , %	Потери в интервале температур 520-980 °С, %	Содержание CaCO ₃ , %
6,98	22,7	1,18	4,9	20,43	46,4

В качестве древесного заполнителя использовали древесные опилки хвойных пород древесины, с содержанием экстрактивных веществ до 2,0 %. Фракционный состав древесных опилок был следующий: фр. 10-20 мм – 5 %; фр. 5-10 мм – 50 %; фр. 2,5-5 мм – 45 %. Перемешивание сырьевой смеси осуществляли в роторном смесителе с частотой вращения ротора 1500 об/мин. Дополнительно в сырьевую смесь вводили мелкодисперсный доломитовый заполнитель фракцией до 2,5 мм в различном количестве.

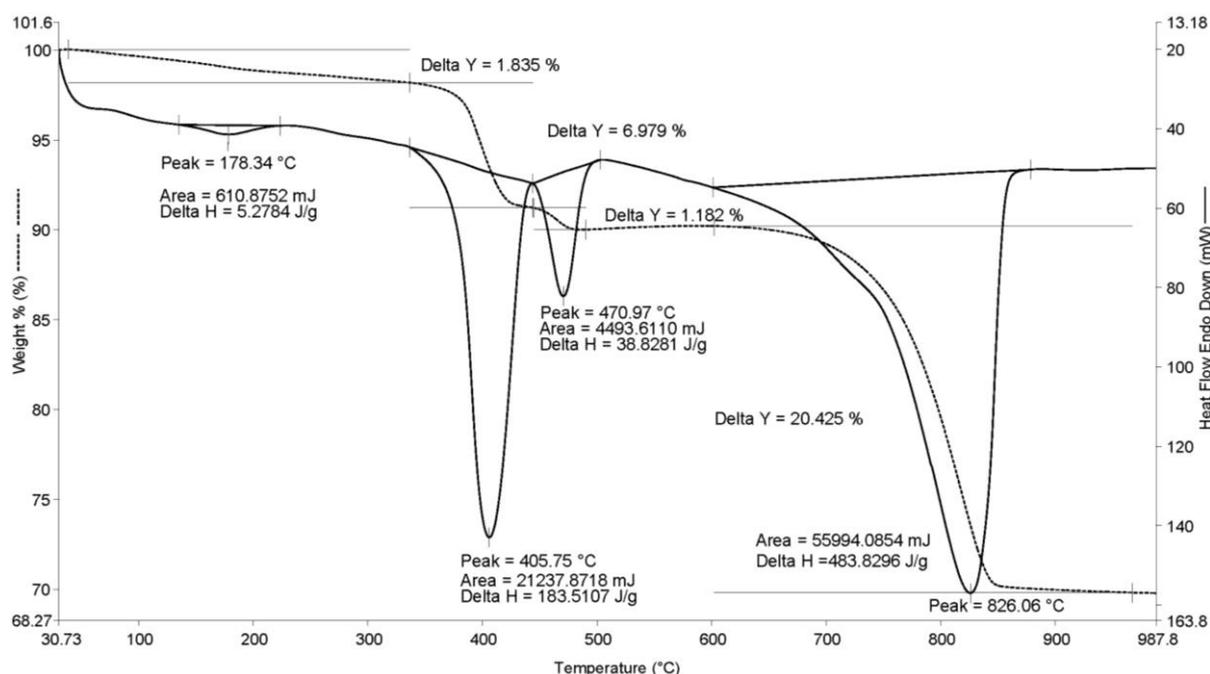


Рис. 1. Дериватограмма доломитового вяжущего после его гашения и сушки.

Fig. 1 Thermogram of the dolomite binder after its quenching and drying.

Подготовленную сырьевую смесь подавали в пресс-форму для прессования, снабженную патрубками отвода и подвода газовой смеси. Спрессованные в пресс-форме опытные образцы подвергали принудительной карбонизации потоком газовой смеси с концентрацией углекислого газа до 40 % в течение 4-8 мин. Извлеченные из пресс-формы опытные образцы в форме цилиндра подвергали сушке и определяли их физико-механические характеристики. Диаметр и высота опытных образцов составляли 150 мм. Для подбора оптимального состава, который бы

обеспечивал требуемые нормативные характеристики карбонизированного материала, использовали методы математического планирования эксперимента. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью программного комплекса StatSoft STATISTICA.

Определение физико-механических свойств опытных образцов осуществляли по стандартным методикам. Общий вид карбонизированных образцов до и после испытаний представлен на рис. 2.



а



б

Рис. 2. Определение физико-механических характеристик опытных образцов:

а – определение средней плотности; б – образец после определения прочности на сжатие.

Fig. 2 Determination of physical and mechanical characteristics of prototypes.

a – the definition of the average density; б – the sample after the determination of the compressive strength.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Карбонизация как способ секвестрации углекислого газа в различные строительные изделия интенсивно изучается в последнее десятилетие [18, 19]. Установлено, что основными факторами, влияющими на скорость и полноту прохождения реакции являются водосодержание сырьевой смеси, концентрация углекислого газа и т.д. Оптимизация параметров получения стеновых изделий на основе извести проводилась для

композиций, содержащих только известняковый наполнитель. Введение органического древесного наполнителя требует пересмотра и уточнения параметров получения готовых образцов. Для установления необходимых параметров получения основными были приняты следующие варьируемые факторы: водосодержание сырьевой смеси, %, количество древесных опилок, %. Исходные данные эксперимента и уровни варьирования факторов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Уровни варьирования факторов эксперимента

Table 2. The levels of variation of the factors of the experiment

Факторы	Уровни варьирования		Интервал варьирования
	-1	+1	
Количество опилок, %	10	40	15
Водосодержание смеси, %, мас.	20	25	2,5

Данные факторы были взяты за основу, т.к. водосодержание сырьевой смеси в первую очередь влияет на процесс взаимодействия углекислого газа с гидроксидом кальция и магния, и соответственно от полноты прохождения реакции зависит адгезия между древесными волокнами и во многом прочность при сжатии образцов, а количество древесных опилок определяет плотность и деформативность готовых изделий. Для определения оптимального соотношения варьируемых факторов проводили 3 серии

двухфакторных экспериментов. Отличие между каждой серией состояло в составе сырьевой смеси: соотношение $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{CaCO}_3$ было 1:5, 1:4 и 1:3 соответственно. Такие пропорции были приняты с целью определения минимального количества вяжущего. Исследуемыми параметрами были – прочность при сжатии, МПа; средняя плотность, $\text{г}/\text{см}^3$; водопоглощение по массе, %. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 3 и 4.

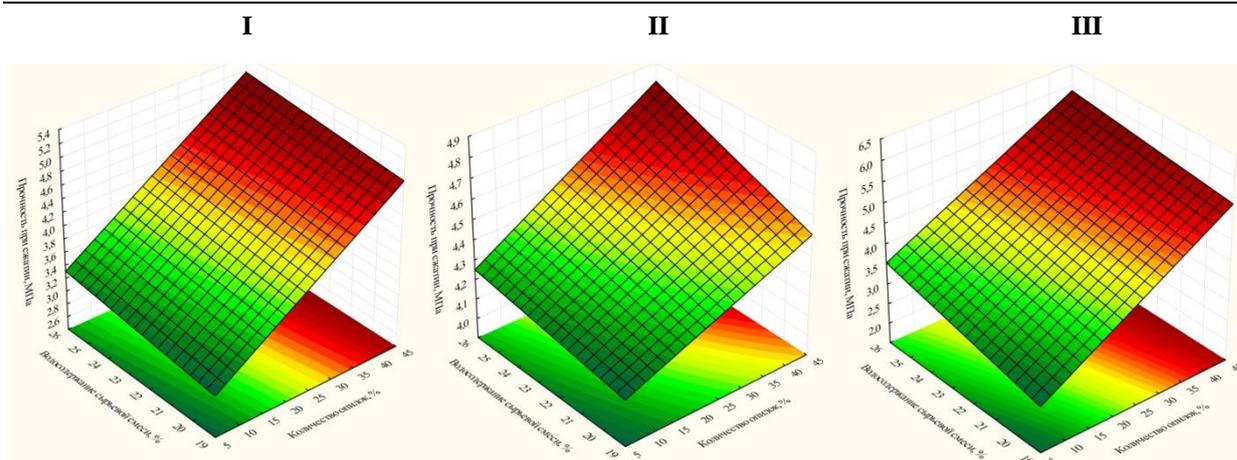


Рис. 3. Изменение прочности при сжатии (МПа) карбонизированных опытных образцов, при разных водосодержании сырьевой смеси и количестве древесных опилок при соотношении $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Mg}(\text{OH})_2:\text{CaCO}_3$ в сырьевой смеси:

I – 1:5; II – 1:4; III – 1:3.

Fig. 3 Change in compressive strength (MPa) of carbonized prototypes, with different water content of the raw mixture and the amount of sawdust at a ratio of $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{Mg}(\text{OH})_2:\text{CaCO}_3$ in the raw mixture: I – 1:5; II – 1:4; III – 1:3.

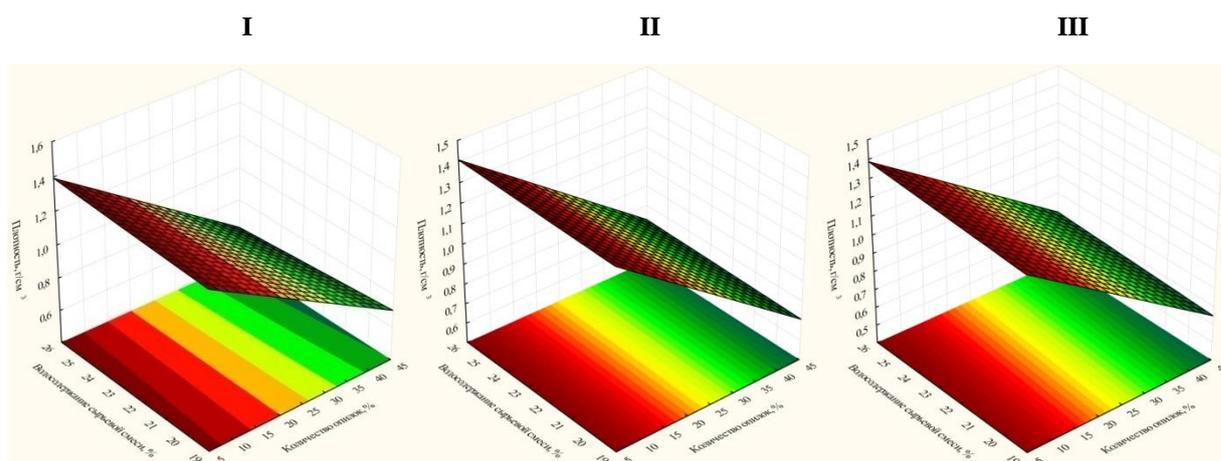


Рис. 4. Изменение средней плотности ($\text{г}/\text{см}^3$) карбонизированных древесно-известковых образцов, при разных водосодержании сырьевой смеси и количестве опилок при соотношении $\text{Ca}(\text{OH})_2:\text{CaCO}_3$ в сырьевой смеси:

I – 1:5; II – 1:4; III – 1:3.

Fig. 4 Change in average density (g/cm^3) of carbonized prototypes, with different water content of the raw mixture and the amount of sawdust at a ratio of $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{CaCO}_3$ in the raw mixture:

I – 1:5; II – 1:4; III – 1:3.

Из представленных на рис. 3 и 4 графических данных следует, что прочность при сжатии опытных образцов карбонатного твердения незначительно (на 1 МПа) возрастает с увеличением содержания вяжущего в сырьевой смеси. Гораздо больший рост прочности при сжатии наблюдается при увеличении водосодержания сырьевой смеси и количества опилок. Так наибольшей прочностью (5-6,5 МПа) характеризуются опытные образцы, полученные из смеси содержащей 25 % воды и 40 % древесных опилок. При этом плотность таких образцов из всей

серии минимальная – 0,73-0,81 $\text{г}/\text{см}^3$. Коэффициент теплопроводности для этих образцов составил 0,13 $\text{Вт}/\text{м}\cdot\text{К}$. Водопоглощение опытных образцов составило 27 % при содержании древесных опилок 10 % мас., и 65 % при содержании древесных опилок 40 % мас.

Необходимо отметить, что при содержании древесных опилок в смеси до 30 % происходит хрупкое разрушение карбонизированных образцов. При увеличении количества древесных опилок выше 30 % такого разрушения не наблюдается при любых значениях на манометре прессы (см. рис. 2),

в связи с чем разрушающее усилие фиксировали при 10 %-ной деформации опытных карбонизированных образцов.

ВЫВОДЫ

Экспериментальные исследования подтвердили возможность получения легких строительных материалов на основе древесных опилок и известкового вяжущего, твердеющих в среде углекислого газа. Процесс получения опытных образцов в специально разработанной пресс-форме занимает 4-8 минут после чего образцы достигают требуемых характеристик. Извлеченные из пресс-формы образцы не требуют дополнительной выдержки и обладают заданными геометрическими и физико-механическими параметрами. Прочность при сжатии опытных образцов составила 2,0 – 6,5 МПа в зависимости от состава сырьевой смеси. Таким образом даже при минимальном содержании вяжущего прочность при сжатии опытных карбонизированных образцов удовлетворяет требованиям стандартов для легких стеновых материалов (теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных). Плотность опытных образцов снижается по мере возрастания количества древесных опилок в сырьевой смеси и составляет 0,73-0,81 г/см³ при 40 %-м содержании древесного компонента. Коэффициент теплопроводности для образцов, содержащих 40 % опилок составил 0,13 Вт/м·К, что полностью удовлетворяет требованиям ГОСТ, предъявляемым к теплоизоляционным материалам.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Министерства образования и науки Республики Крым в рамках научного проекта 18-48-910004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ma H., Zhou W., Lu X., Ding Z., Cao Y., Application of flow cost active and passive energy saving technologies in an ultra-low energy consumption building. *Energy Procedia*. 2016. Volume 88. Pp. 807–813.
2. Latif E., Lawrence R.M.H., Shea A.D., Walker P. An experimental investigation into the comparative hygrothermal performance of wall panels incorporating wood fibre, mineral wool and hemp-lime. *Energy & Buildings*. 2018. Volume 165. Pp. 76–91.
3. Aldawi F., Alam F., Date A., Alghamdi M., Aldhawi F.A new house wall system for residential buildings, *Energy Build.* 2013. Volume 67. Pp. 403–418.
4. Ormondroyd G.A. 3 - Adhesives for wood composites. *Wood Composites*. 2015. Pp. 47–66.
5. Youngquist J.A. Wood-base Composites and Panel Products. In *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory: Madison. WI, USA. 1999. pp. 1–31.
6. Pizzi A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: Opportunities and issues. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2006. Volume 20. Pp. 829–846.
7. Lacoste C., Hage R. El, Bergeret A., Corn S., Lacroix P. Sodium alginate adhesives as binders in wood fibers/textile waste fibers biocomposites for building insulation. *Carbohydrate polymers*. 2018. Volume 184. Pp. 1–8.
8. Ghaffar S.H., Fan M. Lignin in straw and its application as an adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2014. Volume 48. Pp. 92–101.
9. Тотурбиев Б.Д., Лачуев Ш.М. Композиционное вяжущее для получения арболита // Композиционные строительные материалы. Теория и практика. Сб. науч. трудов Междунар. науч.-техн. конфер.–Пенза: Дом знаний. – 2003. – С. 290–293.
10. Coates GR. Product application of wood-cement particleboards including applied finishes. In: *International Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conference*. Forest Products Society. 1994. Pp. 189–192.
11. Ramirez-Coretti A, Eckelman C.A, Wolfe R.W. Inorganic-bonded composite wood panel systems for low-cost housing: a Central American perspective. *Forest Products Journal*. 1998. Volume 48(4). Pp. 62–68.
12. Wei Y, Tomita B. Effects of five additive materials on mechanical and dimensional properties of wood cement-bonded boards. *Journal of Wood Science*. 2001. Volume 47. Pp. 437–444.
13. Jorge F.C., Pereira C., Ferreira J.M. Wood-cement composites: a review. *Holz roh werkst*. 2004. Volume 62. Pp. 370–377.
14. Semple K, Evans P.D. Adverse effects of heartwood on the mechanical properties of wood-wool cement boards manufactured from radiata pine wood. *Wood Fibre Science*. 2000. Volume 32(1). Pp. 37–43.
15. Berger R.L, Young J.F, Leun K. Acceleration of hydration of calcium silicates by carbon dioxide treatment. *Nature Physical Science*. 1972. Volume 240(97). Pp. 16–18.
16. Simatupang M.H., Habighorst C., Lange H., Neubauer A. Investigation on the Influence of the Addition of Carbon Dioxide on the Production and Properties of Rapidly Set Wood-Cement Composites. *Cement & Concrete Composites*. 1995. Volume 17. Pp. 187–197.
17. N. Lyubomirskiy, A. Bakhtin, T. Bakhtina Alternative approach to the organization of hardening of dolomite binding materials // *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering Vol. 365 (2018) 032032*. doi:10.1088/1757-899X/365/3/032032.
18. N.V. Lyubomirskiy, S. Fic, S.I. Fedorkin Investigation of Physical and Mechanical Properties of Construction Materials of Forced Carbonate Hardening // *Materials Science Forum «Materials and Technologies in Construction and Architecture»*,

International Conference on Construction and Architecture: Theory and Practice of Industry Development (CATPID 2018), 2018, Vol. 931, pp 475-480.

19. K. Van Balen. Carbonation reaction of lime, kinetics at ambient temperature / K. Van Balen. // Cement and Concrete Research Volume 35. – 2005. – Issue 14. – P. 647 – 657.

REFERENCES

1. Ma H., Zhou W., Lu X., Ding Z., Cao Y., Application of flow cost active and passive energy saving technologies in an ultra-low energy consumption building. Energy Procedia. 2016. Volume 88. Pp. 807–813.

2. Latif E., Lawrence R.M.H., Shea A.D., Walker P. An experimental investigation into the comparative hygrothermal performance of wall panels incorporating wood fibre, mineral wool and hemp-lime. Energy & Buildings. 2018. Volume 165. Pp. 76-91.

3. Aldawi F., Alam F., Date A., Alghamdi M., Aldhawi F. A new house wall system for residential buildings, Energy Build. 2013. Volume 67. Pp. 403–418.

4. Ormondroyd G.A. 3 - Adhesives for wood composites. *Wood Composites*. 2015. Pp. 47–66.

5. Youngquist J.A. Wood-base Composites and Panel Products. In *Wood Handbook: Wood as an Engineering Material*. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory: Madison, WI, USA. 1999. pp. 1–31.

6. Pizzi A. Recent developments in eco-efficient bio-based adhesives for wood bonding: Opportunities and issues. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2006. Volume 20. Pp. 829–846.

7. Lacoste C., Hage R. El, Bergeret A., Corn S., Lacroix P. Sodium alginate adhesives as binders in wood fibers/textile waste fibers biocomposites for building insulation. *Carbohydrate polymers*. 2018. Volume 184. Pp. 1-8.

8. Ghaffar S.H., Fan M. Lignin in straw and its application as an adhesive. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2014. Volume 48. Pp. 92–101.

9. Toturbiev B.D., Lachuev S.M. Composite Binder for Arbolite // *Composite building materials. Theory and practice. Collection of scientific papers of the International Scientific and Technical Conference*. – Penza: House of knowledge. – 2003. – P. 290–293.

10. Coates GR. Product application of wood-cement particleboards including applied finishes. In: *International Inorganic-Bonded Wood and Fiber Composite Materials Conference*. Forest Products Society. 1994. Pp. 189–192.

11. Ramirez-Coretti A, Eckelman C.A, Wolfe R.W. Inorganic-bonded composite wood panel systems for low-cost housing: a Central American perspective. *Forest Products Journal*. 1998. Volume 48(4). Pp. 62–68.

12. Wei Y, Tomita B. Effects of five additive materials on mechanical and dimensional properties of wood cement-bonded boards. *Journal of Wood Science*. 2001. Volume 47. Pp. 437–444.

13. Jorge F.C., Pereira C., Ferreira J.M. Wood-cement composites: a review. *Holz roh werkst*. 2004. Volume 62. Pp. 370–377.

14. Semple K, Evans P.D. Adverse effects of heartwood on the mechanical properties of wood-wool cement boards manufactured from radiata pine wood. *Wood Fibre Science*. 2000. Volume 32(1). Pp. 37–43.

15. Berger R.L, Young J.F, Leun K. Acceleration of hydration of calcium silicates by carbon dioxide treatment. *Nature Physical Science*. 1972. Volume 240(97). Pp. 16–18.

16. Simatupang M.H., Habighorst C., Lange H., Neubauer A. Investigation on the Influence of the Addition of Carbon Dioxide on the Production and Properties of Rapidly Set Wood-Cement Composites. *Cement & Concrete Composites*. 1995. Volume 17. Pp. 187–197.

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

18. N.V. Lyubomirskiy, S. Fic, S.I. Fedorkin Investigation of Physical and Mechanical Properties of Construction Materials of Forced Carbonate Hardening // *Materials Science Forum «Materials and Technologies in Construction and Architecture»*, International Conference on Construction and Architecture: Theory and Practice of Industry Development (CATPID 2018), 2018, Vol. 931, pp 475-480.

19. K. Van Balen. Carbonation reaction of lime, kinetics at ambient temperature / K. Van Balen. // *Cement and Concrete Research Volume 35*. – 2005. – Issue 14. – P. 647 – 657.

LIGHT BUILDING MATERIALS CARBONATE OF HARDENING ON THE BASIS OF SAWDUST AND LIME BINDER

T.A. Bakhtina¹, N.V. Lyubomirskiy², A.S. Bakhtin³

¹Academy of Construction and Architecture of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Kiyevskaya St., 181,
e-mail: t.bakhtina83@gmail.com

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

³Academy of Construction and Architecture of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Kiyevskaya St., 181,
e-mail: aleserba@gmail.com

Abstract. The paper considers the method of obtaining light construction materials based on sawdust and dolomite binder, solidifying in a carbon dioxide environment. Construction composites based on wood-cement compositions have a number of advantages compared to traditional concrete products, but at the same time there are a number of features, such as incompatibility of cement binder with a certain type of wood due to the release of the last extractive substances and slowing down the setting of the binder, which complicate the production technology. The use of a binder is not affected by extractives, such as dolomite binder carbonate hardening, greatly simplifies the production of finished products. Studies have shown the possibility of obtaining light construction materials based on sawdust and dolomite binder carbonate hardening. The process of obtaining prototypes in a specially designed mold takes 4-8 minutes, after which the samples reach the required characteristics. The samples extracted from the mold do not require additional exposure and have specified geometric and physico-mechanical parameters.

Subject: changes in the physical and mechanical properties of light construction materials based on sawdust and dolomite binder, hardening in a carbon dioxide environment, depending on technological factors.

Materials and methods: the paper applies mathematical methods of planning experiments, as well as standard methods for determination of physico-mechanical properties of building materials. The mineral composition of the initial dolomite was determined using a system of high-temperature synchronous TGA/DTA/DSC analysis of STA 8000 by Perkin Elmer in the temperature range 30-1000°C at a heating rate of 10°C/min in a nitrogen medium.

Results: experimental samples with compressive strength of 2,0–6,5 MPa depending on the composition of the raw mixture were obtained. It was found that the density of the test samples decreases as the number of sawdust in the raw mixture increases and is 0,73-0,81 g/cm³ at 40 % content of the wood component. The coefficient of thermal conductivity for samples containing 40 % sawdust was 0,13 W/m·°C, which fully meets the requirements of GOST, applicable to thermal insulation materials.

Conclusions: studies have shown the possibility of obtaining light construction materials based on sawdust and dolomite binder, solidifying in a carbon dioxide environment, with the necessary physical and mechanical properties.

Key words: sawdust; dolomite binder; carbonate hardening; strength; wall blocks.

УДК 624.1

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БЕТОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ МНОГОЭТАЖНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ЗДАНИЙ МЕТОДОМ «СВЕРХУ-ВНИЗ»

Шаленный В.Т.

Крымский Федеральный университет им. В.И. Вернадского, Академия строительства и архитектуры

295943, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: v_shalennyj@mail.ru

Аннотация. Представлена усовершенствованная организационно-технологическая схема поэтажного бетонирования ребристых железобетонных перекрытий многоэтажного подземного каркаса, возводимого по инновационному методу «сверху – вниз». Отличительной особенностью предложенного совершенствования считаем предварительное устройство подъемно-опускной опалубки перекрытия, смонтированной на удлиняемых подвесках реечной домкратной системы. Эти домкратные системы размещаются в верхней части трубобетонных железобетонных колонн несущего каркаса. А сами колонны получают наращиванием подземной части железобетонных свай-колонн, усовершенствованной, запатентованной и представленной нами ранее, конструктивной системы. Преимущества предложенных инноваций заключаются в возможности бетонирования железобетонных перекрытий с утолщенными пространственными ребрами, способными, после твердения бетона, воспринимать, совместно с предварительно созданными «стенами в грунте», распорные давления. Таким образом можно обойтись без стационарных стальных распорных систем из ферм, обычно до настоящего времени присутствующих в подобных конструктивно-технологических системах, что дает определённый экономический эффект. Его оценка, по сравнению с реализованной в Москве российской системой-прототипом, также представлена в работе и составила почти пол миллиона рублей (на примере магистерского проекта возведения трехэтажного подземного паркинга в г. Ялта, но без учета экономии затрат на материалы и сокращения сроков строительства подземной части).

Ключевые слова: бетонирование железобетонных перекрытий, метод «сверху-вниз», каркас подземной части.

ВВЕДЕНИЕ

Отсутствие свободного пространства вокруг строящегося объекта, а также геологические и гидрогеологические условия строительной площадки очень часто делают довольно сложной задачу эффективного освоения подземного пространства крупных городов. Ведь производство работ открытым способом при больших глубинах выемок для устройства многоэтажных подземных каркасов почти всегда связано с проектированием конструкций их временных креплений и систем защиты от поверхностных и грунтовых вод. Полностью или частично обойтись без затрат ресурсов на эти подготовительные работы при устройстве подземных многоэтажных конструкций каркаса и его ограждений позволяет прогрессивный метод строительства «сверху – вниз».

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Технология возведения надземной части многоэтажных каркасных зданий по методу «лифт форм» в южных европейских странах известна уже давно и впервые в СССР была представлена в журнале «Жилищное строительство» ректором бывшего ДИСИ и моим, покойным, заведующим кафедрой технологии строительного производства ДИСИ, профессором Резниченко П.Т. [1]. Эта и другая доступная информация стала основой для применения подобного, запатентованного в Украине, принципа при проектировании

реконструкции гражданских зданий с не нагружающей многоэтажной надстройкой по типу «Фламинго», обобщенного затем уже в моей монографии 2002г. издания [2]. Позже аналогичный метод строительства в направлении «сверху – вниз» распространился и на возведение подземных многоэтажных строительных объектов сначала в Европе [3, 4], а затем и России, в Санкт Петербурге и Москве, а технологию теперь иногда называют уже и «московской» [5, 6]. Литературный обзор, а также некоторые усовершенствования этой технологии, направленные на улучшение конструкции железобетонных свай-колонн подземной части многоэтажного каркаса, показаны в нашей предыдущей статье [7]. Но там не детализируются принципиальные усовершенствования, касающиеся технологии и организации работ по устройству монолитных междуэтажных перекрытий подземной части гражданских объектов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования и разработки – совершенствование принципиальной организационно-технологической схемы возведения монолитных железобетонных перекрытий многоэтажной подземной части гражданских объектов по методу «сверху – вниз». Совершенствование заключается в постановке и решении **задачи** устройства нескольких перекрытий в один раз собранной разборно-переставной опалубке путём её последовательного

перемещения с верхнего на следующий, ниже запроектированный уровень, без разборки, при помощи известных отработанных домкратных систем, использовавшихся ранее, в том числе, и в г. Симферополь при строительстве надземной части многоэтажного жилого дома на Московской площади методом подъема перекрытий [8, с.359-360].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для решения поставленных задач произведен сбор, анализ и обобщение информации из литературных и патентных источников, выбор технологии-прототипа, его критика с определением «узких мест», путей их ликвидации и, наконец, синтез и патентование принципиальной организационно-конструктивно-технологической системы, ее детальная разработка и оценка экономической эффективности по сравнению с известными аналогами путем проведения вычислительных экспериментов и сопоставительного анализа их результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Реализованная при строительстве многоуровневой подземной парковки комплекса "Царев сад" в Москве технология предусматривала бетонирование «стен в грунте», как одновременное предварительное ограждение подземной части объекта. Одновременно велись работы по устройству железобетонных свай-колонн, как будущих вертикальных несущих конструкций каркаса подземной и надземной частей комплекса. После чего приступали к поэтажному, сверху вниз, бетонированию конструкций междуэтажных перекрытий. В основе представленной технологии-прототипа – патент РФ на изобретение №2220258 С1 [9], один из двух одновременно запатентованных ее вариантов. В этом варианте, распорная конструкция из вертикальных стальных ферм между колоннами создавалась по мере отрывки внутреннего подземного пространства, под каждым забетонированным его перекрытием.

В другом, также запатентованном варианте одного изобретения, предлагалось пространственную распорную конструкцию из стальных ферм предварительно разместить над будущим подвалом и к ней подвешивать конструкции перекрытий, по мере отрывки подземного пространства. В этом случае, пространственная распорная система из стальных ферм задумана как временная, необходимая только на период производства работ по устройству междуэтажных перекрытий. Однако ее масса и габариты должны быть внушительными, так как ее назначение – воспринимать весь распор грунта, а также удерживать в подвешенном состоянии междуэтажное железобетонное перекрытие до набора его прочности и устройства,

предусмотренных проектом, промежуточных вертикальных опор. Определенные трудности представляет также устройство непосредственно на спланированном грунтовом основании монолитных железобетонных перекрытий с усиливающими поясами надлежащего качества. Нам представляется, что добиться необходимого качества возможно только при бетонировании перекрытия в предварительно собранной опалубке, особенно в том случае, когда такие перекрытия следует выполнять с несущими ребрами.

В связи с чем, технической задачей нашей полезной модели является усовершенствование конструкции устройства возведения многоэтажного подземного сооружения, а техническим результатом - облегчение сквозной инвентарной пространственной несущей конструкции из раскосных ферм с одновременным повышением качества устройства междуэтажных перекрытий с усиливающими поясами. Этот технический результат достигается тем, что в устройстве возведения многоэтажного подземного сооружения, включающем расположенные по контуру сооружения «стены в грунте», капитальные колонны внутри между стенами сооружения, междуэтажные перекрытия, имеющие по крайней мере один проем, с усиливающими поясами и распорным креплением к возведённым стенам посредством сквозной инвентарной пространственной несущей конструкции из раскосных ферм, наращиваемые подвески междуэтажных перекрытий, согласно нашим предложениям, оформленным как заявка на выдачу патента на полезную модель №2018, сквозная инвентарная пространственная несущая конструкция из раскосных ферм содержит опалубку и выполнена с возможностью вертикального перемещения при помощи подъёмных механизмов, установленных на капитальных колонах.

Признаками прототипа, совпадающими с существенными признаками нашей полезной модели, является наличие в устройстве возведения многоэтажного подземного сооружения расположенных по контуру сооружения стен в грунте, капитальных колонн внутри между стенами сооружения, междуэтажных перекрытий, имеющих по крайней мере один проем, с усиливающими поясами и распорным креплением к возведённым стенам посредством сквозной инвентарной пространственной несущей конструкции из раскосных ферм, наращиваемых подвесок междуэтажных перекрытий. Отличительными же признаками является то, что сквозная инвентарная пространственная несущая конструкция из раскосных ферм содержит опалубку и выполнена с возможностью вертикального перемещения при помощи подъёмных механизмов, установленных на капитальных колонах.

Между совокупностью существенных признаков полезной модели и достигаемым техническим результатом существует следующая

причинно-следственная связь. Бетонирование междуэтажных перекрытий в предварительно собранной опалубке способствует повышению их качества потому, что только в опалубке можно с требуемой точностью обеспечить проектные размеры бетонизируемых конструкций, что практически невозможно при бетонировании конструкции перекрытия, как в прототипе, на грунте, особенно, когда конструкция имеет так необходимые нам ребра усиления. В этом - обеспечении размеров с минимально допустимыми отклонениями и выражается технически наше требования качества возводимой конструкции перекрытия. Выполнение инвентарной пространственной несущей конструкции из раскосных ферм с возможностью вертикального перемещения при помощи подъемных механизмов, установленных на капитальных колоннах, дает возможность в разы уменьшить пролеты инвентарной несущей конструкции, что и позволяет запроектировать её более легкой, причем воспринимающей только собственный вес с опалубкой, а также меньшую часть распорных усилий грунтового массива.

Сущность организационно-конструктивно-технологической схемы, реализующей заложенные в полезной модели принципы, поясняется

иллюстрационными материалами, где на Рис. 1 схематически показан этап возведения многоэтажного подземного сооружения в момент бетонирования междуэтажного перекрытия подземной части здания, на Рис. 2 – та же технология на стадии разработки грунта под этим перекрытием, на Рис. 3 – процесс бетонирования промежуточного междуэтажного перекрытия подземной части объекта, а на Фиг. 4 представлен завершающий этап возведения многоэтажного подземного сооружения, когда демонтированы все инвентарные элементы с механизмами опускания и производится бетонирование фундаментной плиты-ростверка на дне разработанного котлована. Схема намеренно, по причинам ограничения объема статьи, представляет графически далеко не все этапы производства работ. Например, первый рисунок показывает промежуточный этап строительства. Ему предшествовали устройство подземных вертикальных конструкций, наращивание колонн в надземной их части, устройство подвесной опалубки перекрытий на подвесных системах, устройство перекрытия первого этажа и только затем – опускание его опалубки на уровень, изображенный на Рис.1.

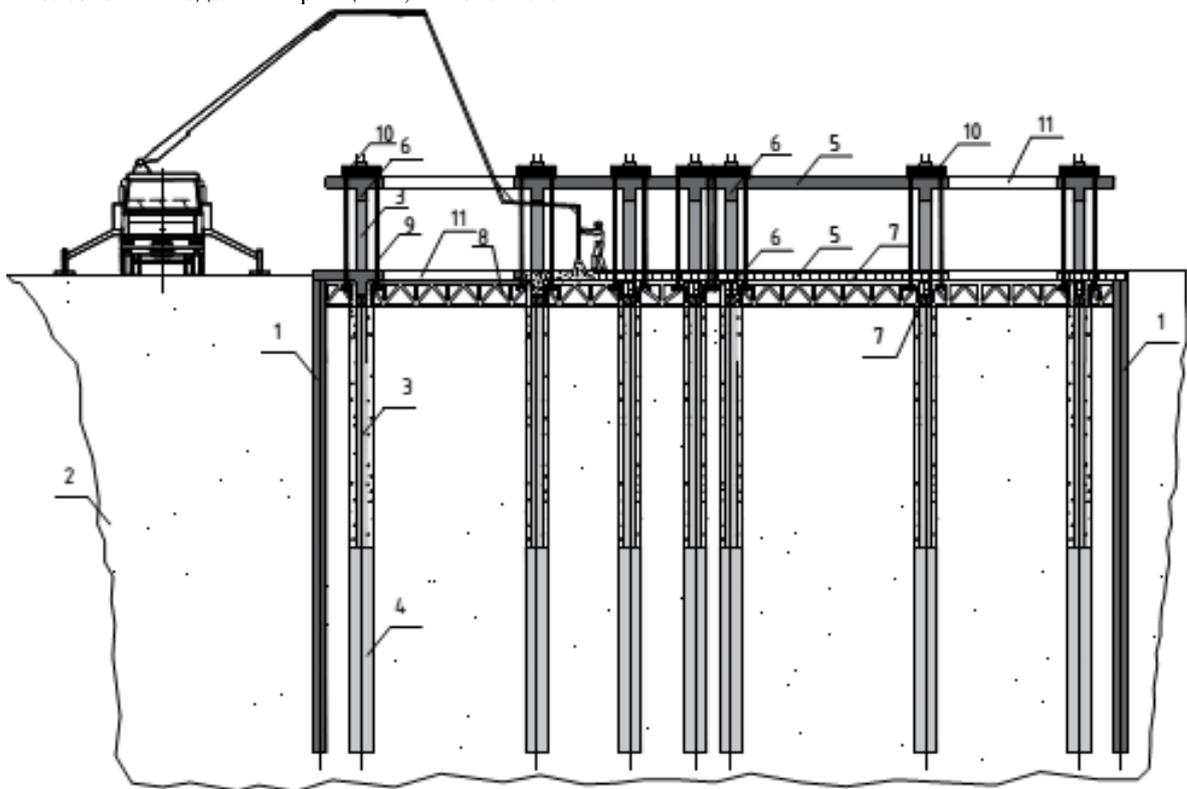


Рис. 1. Технологический процесс бетонирования перекрытия будущей подземной части многоэтажного железобетонного каркаса на нулевой отметке

Fig. 1. Technological process of concreting the slab future high-rise reinforced concrete skeleton of an underground part zero

Технология возведения многоэтажного подземного сооружения принципиально заключается в устройстве преимущественно по контуру сооружения стен 1 в грунте 2 и капитальных колонн 3 в скважинах 4 внутри между

упомянутыми стенами 1 сооружения. Горизонтальную постоянную распорно-несущую часть системы будет составлять междуэтажные перекрытия 5 с усиливающими поясами 6, выполненными, например, в виде ребер на нижней

поверхности плит междуэтажных перекрытий 5, забетонированными в опалубке 7. В свою очередь, опалубка 7 будет размещена на сквозной инвентарной пространственной несущей конструкции из раскосных ферм 8. Эта конструкция 8 будет смонтирована враспор между стенами 1 и подвешена на наращиваемых подвесках 9 подъемных механизмов 10. Подъемные механизмы 10, обеспечивающие возможность вертикального перемещения сквозной инвентарной пространственной несущей конструкции из

раскосных ферм 8 выполнены, например, в виде гидравлических или реечных домкратов, смонтированы и опираются на верхние части капитальных колонн 3. Междуэтажные перекрытия 5 имеют, по крайней мере, один проем 11 для выемки грунта 2 под ранее устроенным междуэтажным перекрытием 5, а также подачи материалов (железобетона) для бетонирования нижележащего перекрытия 5 или фундаментной плиты 12.

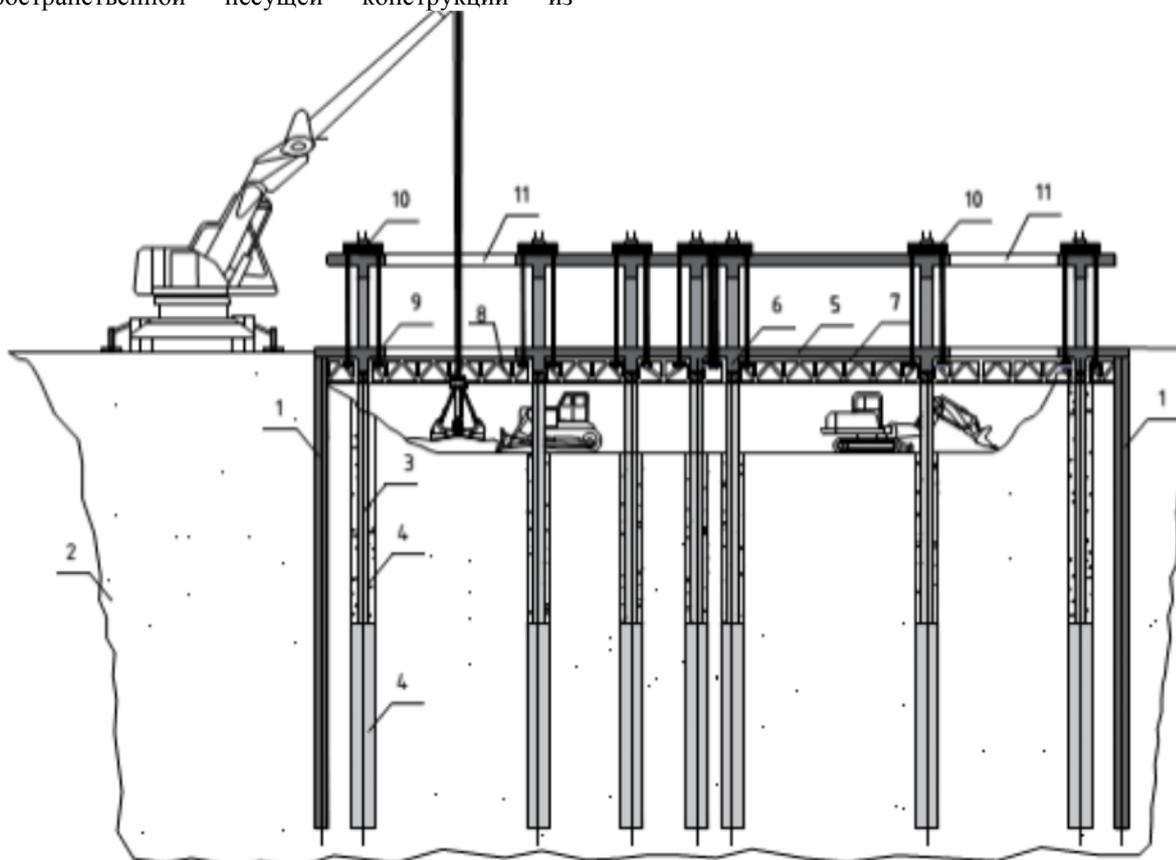


Рис. 2. Технологическая схема разработки и выемки грунта в пространстве будущего верхнего этажа подземной части здания

Fig. 2. Technological scheme design and excavation in the space future of the upper deck of the underground part of the building

Технологический процесс возведения многоэтажного подземного сооружения осуществляется нижеследующим образом. Сначала по контуру будущего сооружения устраивают стены 1 в грунтовом массиве 2, а внутри этого контура возводят капитальные сваи-колонны 3 в скважинах 4. Затем, на спланированном грунтовом основании, между стенами 1 и капитальными колоннами 3, собирают сквозную инвентарную пространственную несущую конструкцию из раскосных ферм 8 с опалубкой 7. В неподвижном состоянии фермы 8 расклинивают между стенами 1 и капитальными колоннами 3 для восприятия распора грунта 2, расположенного снаружи стен 1. В верхней части колонн 3 монтируют подъемные механизмы 10 для будущих сначала подъема, а затем и опускания сквозной инвентарной пространственной несущей конструкции из

раскосных ферм 8 с опалубкой 7 при помощи наращиваемых подвесок 9. Далее производят бетонирование самого верхнего междуэтажного перекрытия 5 с усиливающими поясами 6 и проемами 11. После набора прочности бетоном верхнего междуэтажного перекрытия 5, производят его распалубку путём опускания опалубки 7 на нижележащий уровень, как показано на Фиг. 1. Там же изображён процесс бетонирования междуэтажного перекрытия 5 будущей подземной части сооружения. После чего производят разработку и выемку грунта 2 под забетонированным междуэтажным перекрытием 5, как показано на Фиг. 2. После набора необходимой прочности железобетона, междуэтажное перекрытие 5 с усиливающими поясами 6 может полностью воспринимать распорные усилия от грунта 2, в связи с чем, сквозную инвентарную

пространственную несущую конструкцию из раскосных ферм 8 с опалубкой 7, можно освободить от этих функций и, при помощи подъемных механизмов 10 и наращиваемых

подвесок 9, опускать на подготовленный нижерасположенный уровень для бетонирования следующего междуэтажного перекрытия 5, как показано на Рис. 3.

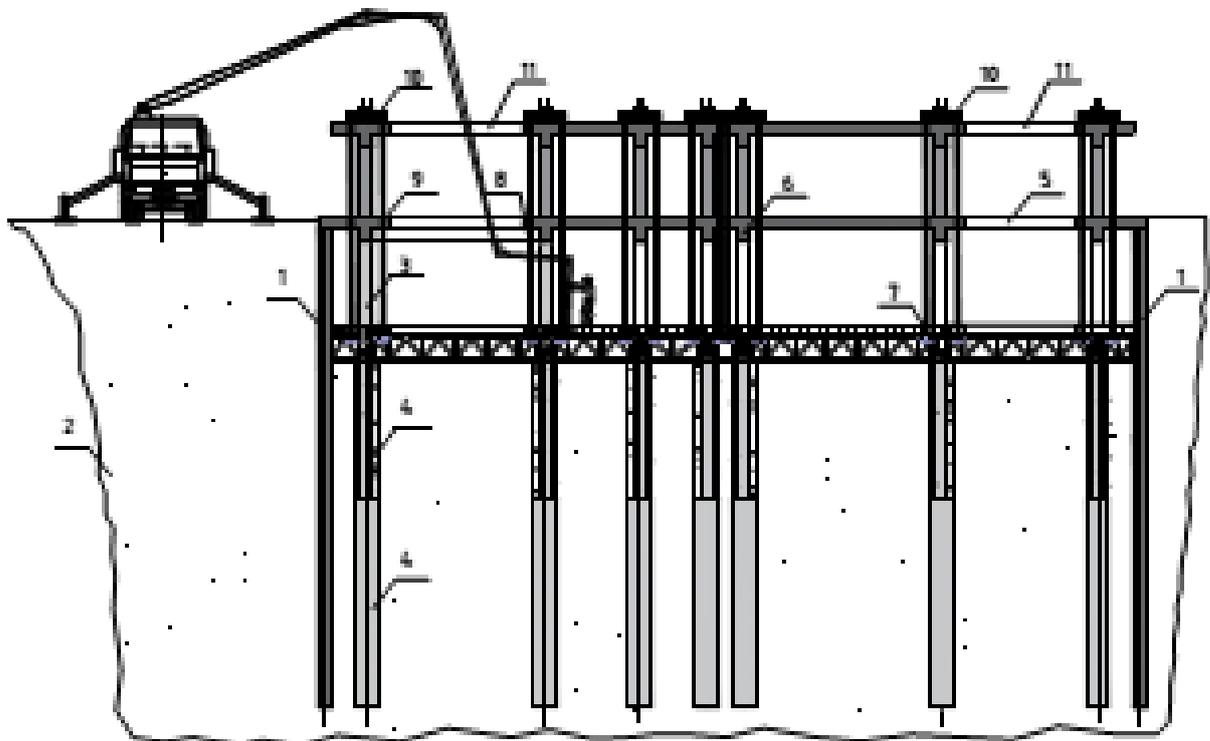


Рис. 3. Технологический процесс бетонирования промежуточного междуэтажного перекрытия подземной части паркинга

Fig. 3. Technological process of concreting intermediate underfloor overlapping the underground part of the parking lot

Далее процесс повторяется при бетонировании всех предусмотренных проектом междуэтажных перекрытий 5. После разработки и выемки грунта под последним из них, инвентарную пространственную несущую конструкцию из раскосных ферм 8 с опалубкой 7 и подъемными механизмами 10 демонтируют, производят планировку грунта основания, устраивают гидроизоляцию и бетонуют фундаментную плиту-ростерк 12, как показано на Рис. 4.

Следовательно, предложенная технология устройства многоэтажного подземного сооружения позволяет получить предусмотренный разработкой технический результат – облегчение сквозной инвентарной пространственной несущей конструкции из раскосных ферм с одновременным повышением качества устройства междуэтажных перекрытий с усиливающими поясами. Кроме того, не однократное использование одной и той же опалубки без ее разборки для увеличения количества подземных этажей ведёт не к удорожанию, а к сокращению удельных расходов на создание таким образом многоэтажного подземного пространства крупных городов.

Для обоснования эффективности предложенного варианта технологии подземного

многоэтажного каркасного строительства по методу «сверху-вниз» со сталебетонными сваями-колоннами усовершенствованной конструкции магистром С.Ю. Рамазановым были запроектированы две технологические схемы с определением технико-экономических показателей для предложенной и базовой «московской» технологии при строительстве трехэтажного подземного паркинга в г. Ялта. В результате выяснилось, что при одном и том же объеме, стоимость производства работ при подземном многоэтажном каркасном строительстве по методу «сверху-вниз» по усовершенствованной нами технологии, ниже на 3,4%. Общая трудоёмкость также ниже на 1,6%, а общая продолжительность производства работ меньше на 3,6%. Это связано с тем, что предложенные решения позволяют снизить трудоёмкость выполнения работ, а также в предложенной технологии производства работ, объединяются технологические процессы, что ведёт к уменьшению общей продолжительности производства работ (таблица). Причём указанный экономический эффект определен без учёта экономии затрат на материалы и сокращения сроков строительства подземной части.

Выполнив таким образом полностью или в пределах захватки, запроектированную часть свайного поля, можно приступать к отрывке котлована вокруг верхней опорной части железобетонной сваи-колонны. В процессе этой работы дополнительный слой материала, обладающий низким сцеплением с бетоном при его твердении, расположенный на верхней колонной части, удаляют и получают готовую

чистовую поверхность трубы-опалубки. К ней до, по мере разработки грунта, или после выемки всего проектного объема грунта, пристраивают горизонтальные конструкции перекрытий. Технология устройства междуэтажных преимущественно монолитных железобетонных перекрытий в данной работе не представлена.

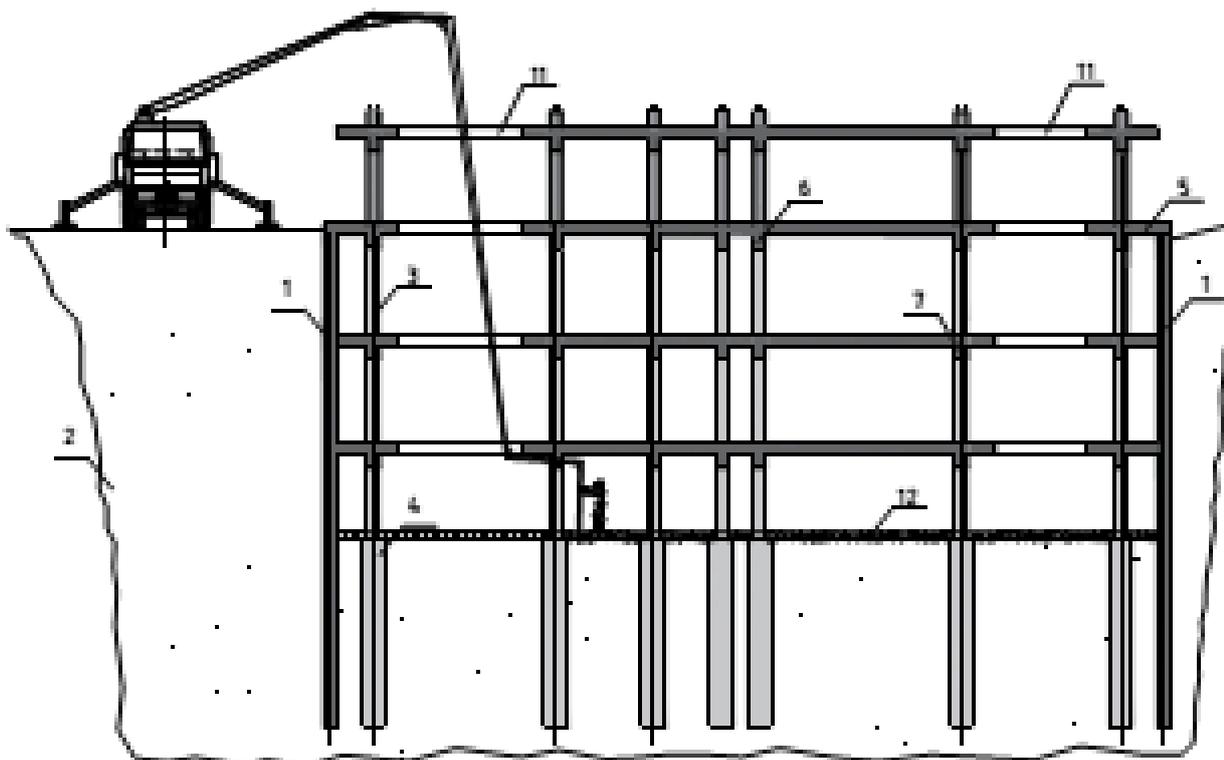


Рис. 4. Технологический процесс бетонирования фундаментной плиты-ростверка на спланированном грунтовом основании подземной части объекта. Опалубка и её подъемно-опускные механизмы предварительно демонтированы

Fig. 4. Technological process of concreting the Foundation slab-on ground under planned grillage underground part of the object. Formwork and its lifting mechanisms can previously dismantled

Таблица 1. Результаты технико-экономического сравнения рассмотренных вариантов возведения трехэтажного подземного паркинга методом «сверху-вниз»

Table 1. Results of the techno-economic comparison of the considered variants of the erection of the three-storey underground parking method of "top-down"

Наименование показателей	Единицы измерения	базовая «московская» технология	усовершенствованная авторская технология
1. Объем железобетонных работ	м ³	2809	2809
2. Себестоимость механизированного процесса (без материалов)	тыс. руб.	11 460	11 097
3. Стоимость единицы продукции	руб./м ³	4090	3951
4. Среднее количество рабочих	чел.	11,5	21,5
5. Трудоемкость на весь объем работ	чел.-дней	1370	1349
6. Трудоемкость единицы продукции	чел.-ч./м ³	1,14	1,11
7. Выработка	м ³ /чел.	244,26	130,6
8. Продолжительность работ	рабочих дней	142	137
9. Приведенные затраты	тыс. руб.	11 808	11 407

ВЫВОДЫ

В данной работе предложено и произведено сравнение базовой «московской» технологии подземного многоэтажного каркасного строительства с усовершенствованной. Несмотря на то, что различия в технико-экономических показателях невелики, можно сделать вывод о целесообразности дальнейших изысканий с целью возможности практического применения предложенных решений. Ведь если сравнивать предложенную технологию с другими технологиями многоэтажного подземного строительства, эффект будет значительно больше за счет возможности разработки котлована без крепления, а также проведения работ в стесненных условиях, кроме этого не учитывался эффект, связанный с безусловным сокращением сроков возведения объекта за счет возможности начала возведения каркаса надземной части параллельно с производством работ нулевого цикла. Такие исследования намечено продолжить в магистерской квалификационной работе обучающегося Ткаченко Андрея (гр. ТПОТР-141о).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Резниченко, П.Т. Строительный метод "Лифт-Форм" //Жилищное строительство. - 1990. - №2. - С.28-29.
2. Шаленный, В.Т. Организационно-технологические аспекты энергосбережения при модернизации производства конструкций и зданий из бетона. Днепропетровск: Наука и образование, 2002. - 200с.
3. Р. Катиценбах, Р.А., Дунаевский, Д.Л. Муляр, К.О. Дьяченко. Строительство высотных зданий методом «сверху-вниз» («top-down») //Новые технологии в строительстве. 2010. - №2(20). – С.23-28.
4. Заяць, Є.І. Особливості застосування методу будівництва «вверх-вниз» під час зведення висотних будівель //Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпро: ПДАБА, 2017. – № 1. – С. 64-69.
5. Afanasiyev Aleksandr. Deck method of erecting buildings and embedded structures in the space-limited urban environment //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 062044 doi:10.1088/1757-899X/365/6/062044.
6. Чернышова, А.М. Технология возведения подземной части здания или сооружения «московским методом» //Строительство - формирование среды жизнедеятельности: XXI междунар. научн. конф. [Электронный ресурс]: сборник материалов семинара «Молодежные инновации» (г. Москва, 25–27 апреля 2018 г.) /М-во образования и науки Росс. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. — Электрон. дан. и прогр. (6 Мб). — М.: Издательство МИСИ–МГСУ, 2018. - С.370-372.

7. Шаленный, В.Т. Развитие технологии подземного многоэтажного каркасного строительства по методу «сверху – вниз» со сталежелезобетонными сваями-колоннами усовершенствованной конструкции //Строительство и техногенная безопасность. – 2018. - №12(64). – С.57-62.

8. Строительное производство. В 3 т. Т.2. Организация и технология работ /Л.П. Аблязов, В.А. Ангизитов, К.И. Башлай и др. Под ред. И.А. Онуфриева. - М.: Стройиздат, 1989. - 527с.

9. Пат. №2220258 С1, Российская Федерация, МПК E02D29/00 (2000.01). Способ возведения многоэтажного подземного сооружения (варианты) / С.О. Зеге, И.А. Зеге, Н.С. Зеге. — заявка №2003109468/03. – Заявл. 04.04.2003; опубл. 27.12.2003, Бюл. №36.

REFERENCES

1. Reznichenko, P.T. Construction method "Elevator-Forms"//Housing. -1990. -No. 2. - P. 28-29.
2. Shalenny, V.T. Organizational and technological aspects of energy saving in modernization of production structures and buildings made of concrete. Dnepropetrovsk: Science and education, 2002. -200 c.
3. R. Katicenbah, R.A., Dunaevsky, D.I. Mulyar, C.o. Dyachenko. Construction of high-rise buildings by the "top-down" ("top-down")//New technologies in construction. 2010.-No. 2 (20). -P. 23-28.
4. Zayats, Y.I., And features of the application of the method of construction of "up-down" during the erection of tall buildings//Bulletin of the Prydniprovsk State Academy of civil engineering and architecture. – Dnipro: PDABA, 2017. No. 1. – P. 64-69.
5. Afanasiyev Aleksandr. Deck method of erecting buildings and embedded structures in the space-limited urban environment //IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 365 (2018) 062044 doi:10.1088/1757-899X/365/6/062044.
6. Chernyshova, A.M. Technology of constructing the underground part of the building or structure "Moscow method/construction-formation Wednesday of vital functions: XXI annu. scientific. conf. [Electronic resource]: proceedings of the seminar "Youth innovation» (Moscow, 25-27 April 2018 g.)/m in education and science. Federation, Nac. Rese. Mosk. GOS. builds. UN-t. Is the electron. Dan. and progr. (6 Mb). — М.: Publishing House of the IILS-MGSU, 2018. - P. 370-372.
7. Shalenny, V.T. Technology underground multi-story frame construction by the method of "top-down" stalezhelezobetonnyimi piles-columns/improved design /Construction and technological safety. -2018. - No. 12 (64). -P. 57-62.
8. Construction production. In 3 t. T.2. Organization and technology of work / L.P. Ablyazov, V.A. Angizitov, K.I. Bashlay et al. Ed. I.A. Onufriev. - М.: stroiizdat, 1989. - 527s.
9. Pat. No. 2220258 C1, the Russian Federation, MPK E02D29/0000 (2000.01). Method of erection of multi-storey underground structures (options) /S.O.

Zege, I.A. Zege, N.S. Zege. - application No.
2003109468/03. -Appl. 04.04.2003; in English.
27.12.2003, Director. No. 36.

THE CONCEPT OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SCHEME OF CONCRETING FERRO-CONCRETE OVERLAPPINGS MULTI-STOREY UNDERGROUND PARTS OF BUILDINGS BY "TOP-DOWN"

Shalennyy *V.T.*

Summary. Presented an improved organizational and technological scheme of floor concreting ribbed reinforced concrete floors of a multi-storey underground frame, built on an innovative method of "top-down" approach. A distinctive feature of the proposed improvement believe preliminary device lifting form work movable mounted on racks rack maudlin Jack system. These lifting jacks system placed in the upper part of the pipe-concrete reinforced concrete columns bearing frame. In addition, the columns get build-up of underground part of reinforced concrete piles-columns, advanced, patented and provided by us previously, constructive system. Advantages of proposed innovations are possible concreting Ferro-concrete overlapping is with thickened spatial ribs, capable, after curing, perceive, and together with previously established "walls in the ground" spacer, pressure. Thus, it is possible to do without stationary steel spacer systems from farms so far usually present in such constructive-technological systems that gives a certain economic effect. His score compared to sold in Moscow the Russian system is also presented in prototype work and amounted to nearly half a million rubles (for example, project graduate erection of a three-storey underground parking in Yalta, but excluding savings material costs and shorten the construction of an underground part).

Key words: concreting of Ferro-concrete overlapped, «top-down method», the skeleton of the underground part.

Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 621.311.25

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Бекиров Э.А., Асанов М.М., Алькаата А.

*Физико-технический институт ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
Адрес: г. Симферополь, ул. Киевская, 181*

E-mail: kaf_energo@cfuv.ru

Аннотация. Добиться уменьшения потерь в электроэнергетических системах невозможно без оптимизации их работы. В работе проанализированы существующие методики оптимизации работы энергоустановок, в том числе на основе методов математического моделирования. Рассмотрен метод оптимизации режимов работы солнечной электростанции. Метод подразумевает непрерывный мониторинг за выработкой мощности фотоэлектрическими элементами с целью управления переключением выходных инверторов. Описанная методика позволит увеличить эффективность работы солнечной электростанции и будет способствовать продлению срока эксплуатации инверторов.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, оптимизация работы, повышение надежности

ВВЕДЕНИЕ

В целом ряде стран наблюдается тенденция к формированию более жестких требований, касающихся экологической безопасности, стремлению уменьшить экологические риски и вероятность катастроф при использовании углеводородов и других видов сырья для традиционной энергетики АЭС, ТЭС. Все это способствует широкому распространению агрегатов возобновляемой энергетики, проектированию, исследованию и вводу в эксплуатацию солнечных и ветровых электростанций (СЭС и ВЭС).

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При разработке солнечных и ветровых электростанций проектирование и расчет энергоагрегатов для СЭС и ВЭС можно разделить на несколько задач.

Прямая задача заключается в том, что первоначально производится расчет мощности и потребления электроэнергии, необходимой для автономного электроснабжения здания, предприятия, фабрики, района. По полученным расчетным данным производится расчет и выбор элементов энергоагрегатов:

а) Для СЭС расчет и выбор типа солнечных батарей, инверторов, трансформаторов, коммутирующей аппаратуры и соответствующих устройств защиты, автоматики, сигнализации. В зависимости от требуемых значений токов и напряжений солнечные батареи (СБ) соединяются параллельно или последовательно и количество СБ должно быть таким, чтобы обеспечивать требуемую мощность с коэффициентом 1,2. Размещение СБ

должно осуществляться на крышах предприятий, зданий;

б) Для ВЭС необходимое число и мощности ветроагрегатов выбирается исходя из требований обеспечения необходимой мощности системы электроснабжения проектируемых объектов, районов.

Эти СЭС и ВЭС могут обеспечивать электроэнергией удаленные труднодоступные районы.

Обратная задача состоит в том, что при дефиците электроэнергии в том или ином районе при достаточном количестве солнечных дней и необходимом напоре ветра на неиспользуемых непригодных для сельского хозяйства землях, склонах гор проектируются СЭС и ВЭС с подключением генерируемой ими электроэнергии в общую энергосистему.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Задачи расчета и проектирования системы автономного электроснабжения с использованием СБ приводятся в [1 – 3]. При работе систем электроснабжения как в традиционных системах генерации и потребления электроэнергии, так с использованием энергоагрегатов возобновляемой энергетики происходят потери электроэнергии в генерирующих системах, линиях электропередачи и трансформаторах. Задачам оптимизации работы генерирующих энергоустановок посвящен целый ряд работ [4 – 7], в том числе с использованием методов математического моделирования [8, 9].

Оптимизация режимов совместной работы солнечной и тепловой электростанций представлена в [4]. Для вывода уравнения оптимизации используются множители Лагранжа.

Применение нормативного подхода к деятельности генерирующих компаний предложено в [5] как способ системной оптимизации режимов работы электроэнергетических систем.

Преимущества оригинального программно-вычислительного комплекса «КАТРАН 7.0», используемого для оптимизации режимов промышленных систем электроснабжения с собственными источниками электрической энергии показаны в [6]. Он позволяет определять оптимальные загрузки генераторов собственных электростанций промышленных энергоузлов с учетом потерь мощности в распределительных сетях.

Различные методы оптимизации режимов работы электроэнергетических систем и сетей рассмотрены в [7]. Отмечено, что среди традиционных задач оптимизации режимов электроэнергетических систем и систем электроснабжения промышленных объектов выделяют выбор наилучших конфигураций электрических сетей; распределение нагрузок между источниками электроэнергии как действующих, так и проектируемых систем электроснабжения; рационализация использования энергетических ресурсов. Проанализированы примеры применения существующих методов оптимизации.

Авторами [8] описана методика определения общих эксплуатационных затрат с учетом износа оборудования газотурбинной электростанции при различных режимах работы. На ее основе построена методология оптимизации режимов загрузки этого оборудования. Учет ресурсной составляющей дает возможность изменить оптимальные режимы и в некоторых случаях отказаться от кратковременных остановов газотурбинных установок, что позволяет повысить эффективность их эксплуатации.

Описание и внешний вид программного комплекса для оптимизации режимов работы тепловой электростанции приведен в [9]. Разработанная программа написана на языке C++, база данных сформирована на Microsoft SQL. Пользователь программного комплекса может выбирать из двух типов оптимизации: динамический или среди заданного состава оборудования. При выборе оптимизации первого типа происходит оптимизация, как состава оборудования, так и режимов и величин нагрузок. В случае выбора оптимизации второго типа – оптимизируются только режимы работы и величины нагрузок.

Использование имитационной модели тепловой электростанции, построенной с применением сплайн-аппроксимации нормативных энергетических характеристик для формирования оптимального состава оборудования и расчета её оптимальных эквивалентных характеристик для любых режимов работы предложено в [10]. Приведена схема экранной формы имитационной модели ТЭС и блок-схема алгоритма ее работы. Представлены результаты моделирования.

Рассмотрим пути оптимизации системы электроснабжения с целью уменьшения потерь в них.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Решение снижения потерь в электрических сетях может быть осуществлено согласно следующим принципам:

- снижение потерь электроэнергии путем оптимизации существующих схем и режимов работы электрических сетей, совершенствования их технического обслуживания;

- строительство и реконструкция электрических сетей, установка дополнительного и замена существующего электрооборудования.

Рассмотрим СЭС с использованием солнечных батарей (СБ). Внутренняя схема СЭС должна содержать цепи преобразования напряжения постоянного тока СБ в трехфазное напряжение для сетей линий электропередачи объединенной энергетической системы по числу фаз, частоте тока и величине напряжения. С этой целью в блоке преобразователя энергоустановки применяется трехфазный мостовой инвертор (И) с выходным разделительным трансформатором (ТВ), вторичное (выходное для сети) напряжение которого $U_{\Delta 2}$ должно соответствовать стандартным величинам линейных напряжений сетей (0,69 кВ; 10 кВ и т.д.).

Традиционная схема преобразования энергии постоянного тока в энергию переменного тока в трехфазных цепях содержит один инвертор и один трансформатор (И+ТВ). В случае работы СЭС при значительном изменении мощности цепей постоянного тока по месяцам, в такой схеме инвертор будет работать со значительной нагрузкой, что ухудшает его параметры. Поэтому для СЭС предлагается схема преобразования (2И+ТВ), в которой при уменьшении мощности цепей постоянного тока, производится переключение всех цепей на вход одного инвертора. Второй инвертор является при этом резервным и для него могут выполняться регламентные работы. На рисунке 1 приведена схема одного блока СЭС с двумя инверторами $[2(N_{\Sigma СБ} + И) + ТВ]$ при общей мощности блока 1МВА, $U_{\Delta 2} = 10 \text{ кВ}$. Напряжение цепей постоянного тока $U \approx 1 \text{ кВ}$. За счет включения автоматических выключателей A_1, \dots, A_3 возможно включение СБ как к каждому инвертору, так и только к одному.

В таблице 1 приведен порядок включения автоматических выключателей A_1, \dots, A_3 при различном значении интенсивности суммарного солнечного излучения $\bar{E}_{\Sigma j}$. Переключение A_1, \dots, A_3 производится автоматически по величине входного тока И.

Согласно типовым вольт-амперным характеристикам (ВАХ) солнечных фотоэлементов

(ФЭ) при значениях \bar{E}_i , составляющих 20% и выше от интенсивности суммарного солнечного излучения $E_{io} = 1000 \text{ Вт/м}^2$ или 800 Вт/м^2 , мощность СБ меняется практически линейно с изменением \bar{E}_i [3]. Поскольку величины \bar{E}_{hj} различаются по месяцам более чем в два раза, схема преобразовательной части блока для СЭС во многих случаях предусматривает возможность подключения цепей всех СБ ($N_{СБ}$) к одному И. Если

интенсивность солнечного излучения низкая, то энергия цепи постоянного тока подается не на два И, а на один. Это увеличивает его коэффициент полезного действия, а, следовательно, генерируемую блоком мощность. Расчет мощности всех элементов блока преобразования выполняется при нормированных параметрах СБ ($\varphi_{io} = 1000 \text{ Вт/м}^2$).

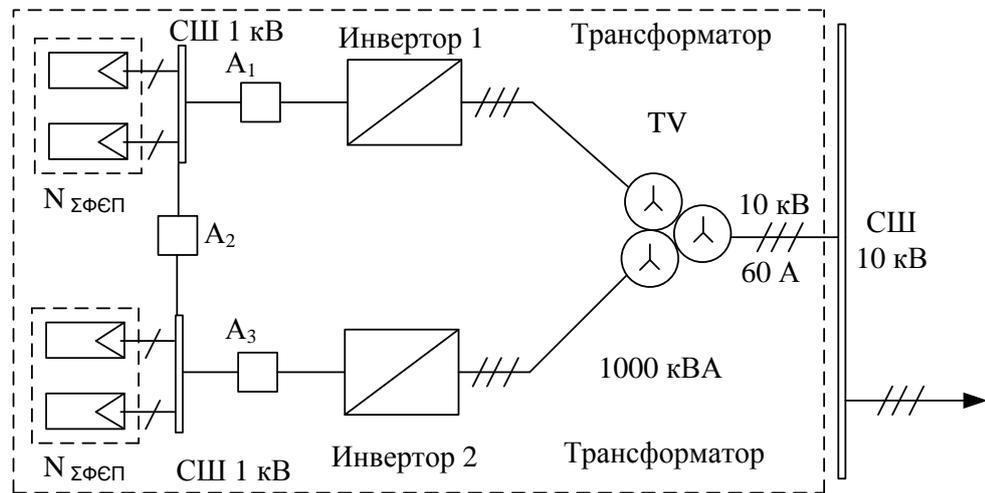


Рис. 1. Схема одного блока СЭС [2]

Fig. 1. Diagram of one SES unit [2]

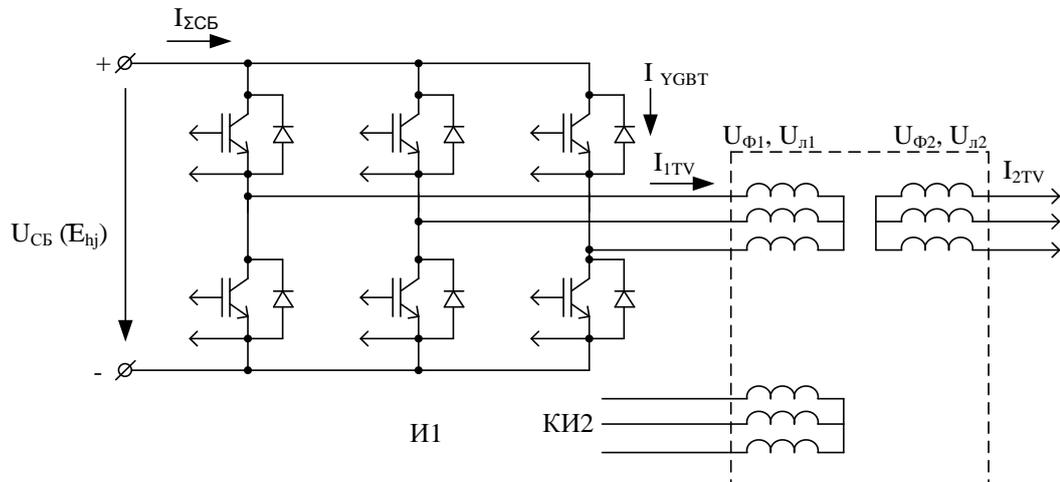


Рис. 2. Электрическая схема преобразовательной части блока СЭС: И1, И2 – инверторы, TV – выходной трехфазный трехобмоточный трансформатор [2]

Fig. 2. Electrical circuit of the converter part of the SES block: И1, И2 - inverters, TV - three-phase three-winding output transformer [2]

Таблица 1. Состояние автоматических выключателей в зависимости от величины \bar{E}_{hj} .

Table 1. The state of the circuit breakers depending on the size \bar{E}_{hj}

Величин а \bar{E}_{hj}	Состояние автоматических выключателей			Включен ный инвертор
	A1	A2	A3	
$\bar{E}_{hj} \geq 0,5 E_0$	Включ ен	Выключ чен	Включ ен	И1, И2

$\bar{E}_{hj} \leq 0,4 E_0$	Включ ен	Включ ен	Выключ чен	И1
	Выключ чен	Включ ен	Включ ен	И2

Первичное (входное от инвертора) напряжение этого $TV - U_{Л1}$ должно быть согласовано с параметрами инвертора и может отличаться от стандартной величины напряжения сетей.

На рисунке 2 показана схема преобразовательной части БЛ в составе (2И+TV). Дроссели и коммутирующие элементы не показаны.

Для рисунка 2 соотношение между средним значением входного напряжения постоянного тока U_{CB} от группы СБ и действующим значением выходного фазного напряжения инвертора $U_{\Phi 1}$ определяется выражением:

$$U_{CB}(\bar{E}_{nj}) = \frac{6\sqrt{3}}{\pi} \sqrt{2} U_{\Phi 1} \sin \frac{\pi}{6} \cdot \cos \beta' + \Delta U_{\gamma}(I_{н}) + \Delta U_{IGBT},$$

где β' - угол включения IGBT-модулей в составе инвертора;

γ - угол коммутации IGBT-модулей;

$I_{н}$ - среднее значение тока инвертора;

ΔU_{IGBT} - падение напряжения на IGBT-модулях за счет процесса коммутации.

При коммутации тока значения угла γ невелики из-за малой индуктивности цепи коммутации, поэтому $\Delta U_{\gamma}(I_{н}) = 0$. Величиной ΔU_{IGBT} можно пренебречь ($\Delta U_{IGBT} = 0$), так как его величина составляет $\Delta U_{IGBT} < 4B$ при номинальном токе. Режим работы И регулируется изменением угла β , что усложняет схему управления инвертора, а увеличение β приводит к росту составляющих высших гармоник в напряжении $U_{\Phi 1}$. С учетом вышеизложенного, выходное фазное напряжение $U_{\Phi 1}$ можно определять согласно формуле:

$$U_{\Phi 1} = \frac{U_{CB}(\bar{E}_{nj})}{\frac{6\sqrt{3}}{\pi} \cdot \sqrt{2} \sin \frac{\pi}{6} \cdot (0,9 \div 0,95)} \approx 0,67 U_{CB}(\bar{E}_{nj})$$

При $U_{CB}(\bar{E}_{nj}) \approx 889 B$; $U_{\Phi 1} = 400 B$

Среднее значение тока $I_{\Sigma CB}$ определим по формуле $I_{\Sigma CB} = \frac{P_{н}}{U_{CB}(\bar{E}_{nj})}$

Принимая $U_{CB}(\bar{E}_{nj}) = 900 B$; $I_{\Sigma CB} = 555 A$

Среднее значение тока IGBT-модулей:

$$I_{IGBT} = \frac{I_{\Sigma CB}}{m} = 185 A,$$

где $m=3$ - число фаз.

Эти величины напряжения и тока дают возможность оценить потери мощности в инверторе.

Применение вместо двух недогруженных инверторов одного инвертора при снижении интенсивности солнечного излучения до $\bar{E}_{nj} = 0,5 \bar{E}_{нmax}$ позволит снизить потери мощности в нем. Аналогичное мероприятие можно рассмотреть и по использованию вместо одного трансформатора TV двух трансформаторов с суммарной мощностью эквивалентной одному выбранному. Мощность потерь в трансформаторе ΔP_2 определяется по формуле:

$$\Delta P_2 = \Delta P_{xx} + \Delta P_{кз},$$

где ΔP_{xx} - потери на гистерезис, перемагничивание и вихревые токи в магнитопроводе;

$\Delta P_{кз}$ - потери на активных сопротивлениях обмоток трансформатора.

Эти потери могут для мощных трансформаторов достигать значительных величин (до сотни киловатт). В этом случае для СЭС возможно применение 2 трансформаторов и аналогично как и с инверторами включение при необходимости одного трансформатора с целью уменьшения потерь в самих генерирующих и преобразовательных устройствах.

ВЫВОДЫ

Вопрос оптимизации работы энергоустановок остро стоит перед их эксплуатантами и исследователями в этой области. Решение этой проблемы позволит не только сократить расходы в ходе эксплуатации энергосистем, но и повысить их надежность и долговечность.

Рассмотренная в работе методика оптимизации режимов работы солнечной электростанции позволяет увеличить эффективность ее работы при снижении, падающего на поверхность фотоэлементов, солнечного излучения. Это достигается путем контроля величины вырабатываемой фотоэлементами мощности и выработки сигнала для управления переключением инверторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Велькин В.И. Методология расчета комплексных систем ВИЭ для использования на автономных объектах. Екатеринбург, УрФУ, 2015.
2. Бекиров Э.А. Возобновляемая энергетика. Симферополь, ИТ «Ариал», 2016.
3. Учебное пособие по выполнению квалификационной работы по направлению 13.03.02 электроэнергетика и электротехника. Под ред. Бекирова Э.А., Воскресенской С.Н. Симферополь, ИТ «Ариал», 2017.
4. Бекиров Э.А., Стрижаков К. Оптимизация режимов распределения нагрузки в совмещенной системе с возобновляемыми источниками энергии // Motrol. - 2012. - № 1. - С. 146 - 150.
5. Ефремов И.А., Таран А.С., Филиппов Т.А. Принципы повышения эффективности управления режимами работы электроэнергетических систем // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. - 2012. - № 1. - С. 199 - 203.
6. Кочкина А.В., Малафеев А.В., Варганов Д.Е., Курилова Н.А., Дубина И.А. Методика оптимизации эксплуатационных режимов промышленных систем электроснабжения // Электротехнические системы и комплексы. - 2014. - № 3. - С. 49 - 53.
7. Варганова А.В. О методах оптимизации режимов работы электроэнергетических систем и сетей // Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: энергетика. - 2017. - Т. 17. - № 3. - С. 76 - 85.
8. Аминов Р.З., Кожевников А.И. Оптимизация режимов работы газотурбинной электростанции с учетом

влияния износа оборудования // Теплоэнергетика. – 2017. - № 10. – С. 17 – 24.

9. Иванов Н.С., Беспалов В.И., Лопатин Н.С. Программный комплекс для оптимизации режимов работы тепловых электростанций и эффективность его применения // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. - № 4. – С. 40 – 44.

10. Питолин В.Е. Применение имитационной модели для оптимизации параметров тепловой электростанции в составе энергосистемы // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С: Фундаментальные науки. – 2013. - № 4. – С. 40 – 45.

operating modes of electric power systems // Reports of Tomsk State University of Control Systems and Radio Electronics. - 2012. - № 1. - p. 199 - 203.

[6] Kochkina A.V., Malafeev A.V., Varganov D.E., Kurilova N.A., Dubina I.A. Methods of optimization of operating modes of industrial power supply systems // Electrotechnical systems and complexes. - 2014. - № 3. - p. 49 - 53.

[7] Varganova A.V. On the methods of optimization of operating modes of electric power systems and networks // Bulletin of the South Ural State University. Series: energy. - 2017. - Т. 17. - № 3. - p. 76 - 85.

[8] Aminov R.Z., Kozhevnikov A.I. Optimization of operating modes of a gas turbine power plant taking into account the effect of equipment wear. Thermal Engineering. - 2017. - № 10. - p. 17 - 24.

[9] Ivanov N.S., Bepalov V.I., Lopatin N.S. A software package for optimizing the operating modes of thermal power plants and the efficiency of its use // News of Tomsk Polytechnic University. - 2008. - Т. 313. - № 4. - P. 40 - 44.

[10] Pitolin V.E. The use of a simulation model to optimize the parameters of a thermal power plant as part of the power system // Vestnik of Polotsk State University. Series C: Fundamental Sciences. - 2013. - № 4. - p. 40 - 45.

REFERENCES

[1] Velkin V.I. The methodology for calculating the complex systems of renewable energy for use on autonomous objects. Ekaterinburg, UrFU, 2015.

[2] Bekirov E.A. Renewable energy. Simferopol, IT "Arial", 2016.

[3] The manual on the implementation of qualification work in the direction of 13.03.02 electricity and electrical engineering. Ed. Bekirova E.A., Voskresenskaya S.N. Simferopol, IT "Arial", 2017.

[4] Bekirov EA, Strizhakov K. Optimization of load distribution modes in a combined system with renewable energy sources // Motrol. - 2012. - № 1. - С. 146 - 150.

[5] Efremov I.A., Taran A.S., Filippov T.A. Principles of improving the efficiency of control of

SOPTIMIZATION OF OPERATING MODES OF ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS WITH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Bekirov, EA, Asanov, MM, Alkaata, A.

Summary. It is impossible to reduce losses in electric power systems without optimizing their work. The paper analyzes the existing methods for optimizing the operation of power plants, including those based on mathematical modeling methods. The method of optimization of operating modes of a solar power station is considered. The method involves continuous monitoring of the power generation of photovoltaic cells in order to control the switching of output inverters. The described method will increase the efficiency of the solar power station and will contribute to the extension of the life of inverters.

Key words: renewable energy sources, optimization of work, increase of reliability

УДК 622.691.4 (470.53)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЫТОВОГО ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Романова Т.Н.

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет**г.Пермь, Комсомольский пр-т, 29, e-mail: botinkin@yandex.ru*

Аннотация. Природные газы в России широко применяются для газоснабжения промышленных предприятий и снабжения газом населения. Но в последнее время участились случаи аварийных ситуаций, связанных с эксплуатацией внутридомового и внутриквартирного газового оборудования. Свидетельством тому служат статистические данные по авариям. Поэтому в настоящее время актуальной задачей является решение вопросов безопасности и надежности эксплуатации газового оборудования жилых зданий. В статье приведены основные факторы, объясняющие низкий уровень безопасности при эксплуатации внутридомового и внутриквартирного газового оборудования. В статье проведен анализ возможности использования внутридомового газового оборудования многоквартирного жилого дома по истечении нормативного срока эксплуатации.

Предмет исследования: возможность использования внутридомового газового оборудования многоквартирного жилого дома по истечении нормативного срока эксплуатации

Результаты: проведено технико-экономическое обоснование возможности продления использования элементов внутридомового газового оборудования на основе проведенного технического диагностирования и расчета на прочность в соответствие с требованиями нормативно-технической документации.

Выводы: полная замена газопровода по истечении его срока эксплуатации несет за собой внушительные затраты, на которые не всегда готовы пойти управляющие компании и собственники оборудования. Несмотря на немалые затраты на проведение работ по техническому диагностированию и устранение замечаний, эти работы экономичнее в несколько раз полной замены газопровода.

Ключевые слова: газораспределительная система, внутридомовое газовое оборудование, внутриквартирное газовое оборудование, многоквартирный жилой дом, нормативный срок эксплуатации, техническое диагностирование

ВВЕДЕНИЕ

Газовая промышленность является одной из составных частей топливно-энергетического комплекса страны. В середине 1990-х гг. потребление природного газа для внутренних нужд впервые превысило потребление нефти. Основным поставщиком газа является ОАО «Газпром», для которого российский рынок является приоритетным, так как на нем реализуется более 60% добываемого обществом газа [1].

Природный газ, являясь высокоэффективным энергоносителем и ценным химическим сырьем, имеет также недостатки и отрицательные свойства – это его взрыво- и пожароопасность. Пределы воспламенения природного газа в смеси с воздухом при стандартных условиях (20°C, 760 мм рт. ст.) составляют от 5 % до 15 %. При повышении температуры газозвушной смеси пределы воспламенения расширяются: нижний предел уменьшается, а верхний растет.

Природные газы широко применяются для газоснабжения промышленных предприятий и

снабжения газом населения. Но в последнее время в России участились случаи аварийных ситуаций. Свидетельством тому служат статистические данные по авариям. Если в 1988–2001 гг. из-за аварий, связанных с эксплуатацией бытового газового оборудования, в среднем за год в России погибли от 50 до 80 человек, то в 2005 году произошло 154 несчастных случая со смертельным исходом, а в 2006-м – уже 208 [2].

Количество несчастных случаев при эксплуатации внутридомового (ВДГО) и внутриквартирного (ВКГО) газового оборудования в 2007 году составило 278, в 2008 г. – 270, в 2009 г. – 270, в 2010 г. – 247, из них 98% сопровождалось причинением вреда здоровью граждан, в том числе со смертельным исходом, значительными разрушениями строительных конструкций жилых зданий [3].

В 2011 году в России зарегистрировано 389 несчастных случаев, в которых пострадало 665 и погибло 296 человек, в 2012 г. – 538 несчастных случаев, 975 пострадавших и 322 погибших [4].

В 2013 году произошло 429 несчастных случаев, в которых пострадало 801 и погибло 290 человек, в 2014 г. – 341 несчастный случай, 640 пострадавших и 243 погибших, в 2015 г. – 496 несчастных случаев, 972 пострадавших и 333 погибших [5].

Согласно данным из средств массовой информации, в 2017 году в РФ произошло 86 резонансных происшествий с гибелью 67 человек. По данным газораспределительной организации группы Газпром зафиксировано 380 происшествий, в которых пострадало 690 человек.

Количество взрывов, произошедших в результате утечек бытового газа, за 2017 год было зарегистрировано на 8,3 % больше, чем в 2016 году [6].

С начала 2018 года количество таких происшествий составило уже несколько десятков.

Поэтому в настоящее время актуальной задачей является обеспечение безопасности и надежности эксплуатации газового оборудования жилых зданий.

ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОБЪЯСНЯЮЩИЕ НИЗКИЙ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЫТОВОГО ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. Неудовлетворительное техническое состояние, а именно значительный износ ВДГО и ВДГО.

Существенным фактором, объясняющим низкий уровень безопасности эксплуатации ВДГО, является то, что массовая газификация в нашей стране пришла на 70-е гг. XX века, а значит, в ближайшие два десятилетия ожидается сплошной выход газопроводов из эксплуатации за счет сверхнормативного возраста (износа) [3].

2. Работа газового оборудования в нештатных режимах.

Газовое оборудование жилых многоквартирных зданий (МКД) периодически эксплуатируется в нештатных режимах, что приводит к нарушению требований безопасности работы газогорелочных устройств (отрыв и проскок пламени), а также к увеличению расхода газа, что объясняется существенным снижением коэффициента полезного действия приборов. Результаты исследований показывают, что концентрация вредных веществ может увеличиваться с повышением давления газа перед горелкой (по СО – в 2,5–3 раза, по NO_x – на 30%). Постоянство соответствующего прибору давления необходимо также для обеспечения наибольшего срока службы приборов, так как при повышении давления газа сверх номинального в отдельных конструктивных элементах приборов, особенно у газовых водонагревателей и двухконтурных теплогенераторов, возникают опасные тепловые

напряжения, что приводит к прогоранию теплообменных поверхностей [7].

3. Воздействие электрического тока.

МКД могут быть оборудованы одновременно системами электро- и газоснабжения. Количество пожаров от электротехнических изделий и взрывов газа остается примерно на одном и том же весьма неблагоприятном уровне. Часто это связано с взаимовлиянием этих систем друг на друга, при одновременном появлении неисправностей в обеих системах. Кроме того, сами газовые плиты иногда оснащаются лампами подсветки духовки, системами электроподжига, электрогрилем.

В качестве материала для изготовления газопроводов применяются стальные или медные трубы [8], а в качестве гибких рукавов для подключения газовых приборов применяются сильфонные металлорукава; резинотканевые рукава, не проводящие электричество; резиновые рукав в металлической оплетке. В последних, по оплетке шланга могут выравниваться электрические потенциалы неисправного электрооборудования или газового стояка с неисправной диэлектрической вставкой. Под воздействием электрического тока под оплеткой возможно прогорание газового шланга, что приведет к пожару или взрыву.

В работе [9] предложена новая система обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов, имеющих электрическое и газовое энергоснабжение, рассмотрены особенности ее эксплуатации.

4. Многолетние пробелы в законодательстве, отсутствие полноценного государственного контроля за безопасностью эксплуатации ВДГО/ВКГО.

До 90-х гг. прошлого века внутридомовые газопроводы и оборудование находились на балансе газораспределительных организаций (ГРО); тогда в тариф входила плата не только за сам газ, но и за техобслуживание ВДГО.

С начала приватизации в России в 1992 г. ВДГО перешло в муниципальную собственность, но надбавка за обслуживание ВДГО все равно была заложена в тарифе.

В 1994 г. вышел указ о создании жилищных инспекций, которые должны были контролировать безопасность предоставления коммунальных услуг, однако в реальности безопасностью ВДГО эти органы не занимались.

В 1997 г. был принят Федеральный закон №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», исключивший ВДГО жилых зданий из списка опасных производственных объектов; таким образом оно было выведено из поля зрения Ростехнадзора.

В 2003 г. вступили в силу «Правила безопасности систем газораспределения и газопотребления» (ПБ 12-529-03), действие

которых не распространяется на ВДГО жилых зданий.

В 2005 г. вступил в силу новый ЖК РФ, в соответствии с которым ответственность за содержание и ремонт ВДГО возложена на управляющие организации (в случае выбора жильцами этой формы управления многоквартирным домом), а не на специализированную организацию, которая имеет соответствующую лицензию. Внутридомовые сети стали, по сути, бесхозными и потенциально опасными [10].

Согласно Федерального закона от 08.08.2001 №128-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности», лицензирование деятельности по техобслуживанию и ремонту (ТОиР) ВДГО было отменено.

Начиная с 2006 г. решением Федеральной службы по тарифам (ФСТ) затраты на обслуживание ВДГО были исключены из розничной цены на газ, а ТОиР начали осуществляться только по заявкам жильцов за отдельную плату.

Проблемы безопасности ВДГО инициировали принятие в 2008 г. Постановления Правительства РФ №549 «О порядке поставки газа для обеспечения коммунально-бытовых нужд граждан». В этом постановлении определено, что техническое обслуживание (ТО) ВДГО может осуществлять газораспределительная организация, допущенная и имеющая аварийно-диспетчерскую службу (АДС) либо заключившая договор об оказании услуг АДС. Заключение договора поставки газа между ГРО и абонентом (потребителем) стало возможно только при наличии договора ТО ВДГО со специализированной организацией (СО).

Кроме того, в 2009г. вышел приказ Министерства регионального развития «Об утверждении порядка содержания и ремонта внутридомового газового оборудования в РФ». Он детализировал многие моменты, связанные с обслуживанием ВДГО, и установил срок обязательного планового обслуживания ВДГО не реже 1 раза в 3 года. Эта норма сохранялась до сентября 2017 года.

Согласно новому Федеральному закону № 99-ФЗ от 04.05.2011 г. «О лицензировании отдельных видов деятельности», взамен отмененному №128-ФЗ, работы по диагностике ВДГО/ВКГО могут проводить организации, имеющие в штате аттестованных специалистов по обслуживанию и ремонту газового оборудования, а также аттестованную лабораторию неразрушающего контроля.

14.05.2013 г. Постановлением Правительства РФ № 410 от «О порядке поставки газа для обеспечения коммунально-бытовых нужд граждан» к ВКГО было отнесено не только само бытовое газоиспользующее оборудование, но и отключающие устройства, расположенные на

ответвлениях (опусках). Работы по ТОиР ВДГО/ВКГО может проводить ГРО.

Верховный Суд РФ счел незаконным, что вести подобную деятельность вправе только определенная организация и Решением №АКПИ13-826 от 10.12.2013 г. в целях создания конкуренции на рынке услуг по ТОиР ВДГО/ВКГО был возобновлен открытый доступ для различных организаций без установления четких требований к ним.

В соответствии со ст.4 Федерального закона от 05.12.2016г. № 412-ФЗ «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях и в отдельные законодательные акты Российской Федерации» Правительство РФ устанавливает требования к лицам, осуществляющим деятельность по ТОиР и техническому диагностированию ВДГО/ВКГО, или определяет федеральный орган исполнительной власти, уполномоченный на установление указанных требований.

Для повышения безопасности эксплуатации ВДГО/ВКГО Постановлением Правительства РФ от 09.09.2017 №1091 были внесены изменения к ПП № 410 от 14.05.2013 г. По новым правилам управляющая компания (УК) отвечает за надлежащую эксплуатацию ВДГО от места подключения к сети распределения газа до запорной арматуры включительно, находящейся на ответвлениях к ВКГО, кроме того, ТО ВДГО/ВКГО должно осуществляться не реже 1 в год.

5. Человеческий фактор и финансовый вопрос.

Очевидно, что без повышения технической грамотности и ответственности самих граждан невозможно обеспечить безопасность пользования газом в быту. Статистика показывает, что частой причиной взрывов бытового газа является человеческий фактор. Аварийные ситуации - часто это результат самовольного вмешательства граждан в конструкцию ВКГО, грубого нарушения правил его использования, предусмотренных эксплуатационной, нормативно-правовой и технической документацией (плотно закрытые окна, отсутствие приточных устройств и др.), а также ненадлежащего содержания дымовых и вентиляционных каналов в многоквартирных и жилых домах. При этом сами дымовые и вентиляционные каналы не входят в состав ВДГО/ВКГО [6].

Срок эксплуатации более 30% бытовых газовых плит и колонок в России превышает 40 лет, при этом малообеспеченные слои населения не ставят в ряд первоочередных задач замену ВКГО.

Значительные препятствия возникают при заключении договоров на ТОиР ВКГО. Заказчики (собственники, наниматели) самостоятельно договор на ТОиР ВКГО не заключают, а полномочия для заключения договора управляющим организациям (УО), товариществам собственников жилья (ТСЖ) и кооперативу не делегируют. Отсутствие договора на ТОиР ВКГО

не дает специалистам ГРО или СО реализовывать право доступа к ВКГО для технического обслуживания и ремонта ВКГО [5].

В связи с изменением периодичности ТО ВДГО/ВКГО, общая стоимость услуг по заключенному договору может увеличиться пропорционально изменению периодичности технического обслуживания.

Жалобы лиц, обращающихся с заявлениями в антимонопольный орган, состоят, в основном, в несогласии управляющих компаний, ТСЖ и ЖСК с условиями договоров в части стоимости, предлагаемых ГРО к подписанию.

Неадекватный рост тарифов влечет нарушение прав потребителей жилищно-коммунальных услуг (отметим, вопреки смыслу социальной направленности механизма установления тарифов) [11].

Население обеспокоено продолжающимся ростом тарифов ЖКХ, который за последние 5 лет составил 117 %, в то время как инфляция выросла на 43,7 %. Более того, темпы роста тарифов значительно превысили темпы роста доходов населения (54 %). К примеру, по итогам 2012 г. на услуги ЖКХ приходилось более 9 % всех трат, в 2013 г. – уже 11,5 % [12].

В настоящее время Пермским УФАС России проводится оценка расчётов АО «Газпром газораспределение Пермь» стоимости выполнения отдельных работ, выполняемых в рамках ТО ВДГО для установления возможных признаков монополично высоких цен на отдельные работы, выполняемые АО в рамках ТО ВДГО.

Потребление услуг газоснабжения характеризуется невозможностью для потребителя отказаться от их получения. Таким образом, организации-производители услуг имеют гарантированный рынок сбыта и гарантированную оплату (95% - средний показатель собираемости платежей населения по России) от всех потребителей газа, проживающих в МКД [1].

Повышение внутренних цен на газ до уровня мировых цен будет иметь тяжелейшие последствия для населения (учитывая холодный климат и бедность потребителей) [13].

НОРМАТИВНЫЙ СРОК ЭКСПЛУАТАЦИИ ВДГО

Нормативный срок эксплуатации ВДГО определен рядом нормативно-технической, проектной документацией и паспортами заводов-изготовителей на оборудование.

Минимальная продолжительность эффективной эксплуатации внутридомовых газопроводов составляет 20 лет (ВСН 58-88 (р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения», Приложение 3). Первичная диагностика внутреннего газопровода производится по истечении

нормативного срока службы – 30 лет со дня ввода газопровода в эксплуатацию (МДС 42-1.2000 п. 3.4. и п. 7.8. «Положение о диагностировании технического состояния внутренних газопроводов жилых и общественных зданий»). Нормативный усредненный срок службы сетей газопотребления многоквартирных жилых домов составляет 20 лет («Методика определения физического износа зданий», Приложение №3).

Анализируя источники прошлых лет по данной теме было установлено, что в отмененных ПБ 12-368-00 «Правила безопасности в газовом хозяйстве» нормативный срок эксплуатации внутренних газопроводов составлял 30 лет.

Помимо существующих нормативных документов также срок эксплуатации оборудования регламентируют паспорта заводов-изготовителей, которые зачастую отсутствуют, и проектная документация, сроки эксплуатации в которой не указаны, в связи с отсутствием требований в нормативных документах, действующих на период времени, когда проектировалось газоснабжение жилых домов, находящихся в эксплуатации 20 лет и более.

Исходя из выше изложенного можно сделать вывод о том, что крайний срок эксплуатации ВДГО составляет 30 лет.

По истечении нормативного срока службы необходимо проводить техническое диагностирование состояния ВДГО с целью определения возможности дальнейшего использования с разработкой мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию на весь срок продления, или обоснования необходимости замены.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВДГО ЖИЛОГО ФОНДА (НА ПРИМЕРЕ Г.ПЕРМИ)

Основными потребителями газа в г.Перми являются промышленные предприятия (93,7 %), на долю населения приходится 3,9 %, а коммунально-бытовое потребление составляет 2,4 %.

Потребление природного газа в г.Перми имеет ярко выраженный сезонный характер. По данным на 2017 г. в общем годовом объеме потребления доля газа, идущего на нужды отопления, составляет около 50 % и около 10 % расходуется на нужды горячего водоснабжения (ГВС).

Количество газифицированных жилых квартир в г.Перми составляет 330 195 шт. Из них газифицировано природным газом –330 171 шт.; сжиженным углеводородным газом –24 шт. За 2017 год количество газифицированных квартир природным газом увеличилось на 789 шт.

В газифицированных квартирах установлено:
- 330 742 бытовых газовых плит;
- 19 519 газовых проточных водонагревателей;
- 17 819 газовых водонагревательных и отопительных аппаратов.

С целью газоснабжения такого количества квартир в целом введено в эксплуатацию 2174,42

км внутридомовых газопроводов. Из них на начало 2018 года находятся в эксплуатации более 30 лет 1233,50 км, а это более 50% от общего количества внутридомовых газопроводов. Количество «стареющего» ВДГО с каждым годом увеличивается.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ВДГО ТИПОВОГО ЖИЛОГО ДОМА

По достижению максимального срока эксплуатации ВДГО необходимо проведение капитального ремонта (замены) (ВСН 58-88 (р) «Положение об организации и проведении реконструкции, ремонта и технического обслуживания зданий, объектов коммунального и социально-культурного назначения», Приложение 3)

Правилами пользования газом в части обеспечения безопасности при использовании и содержании ВДГО при предоставлении коммунальной услуги по газоснабжению, утвержденными ПП РФ от 14.05.2013 г. №410, предусматривается возможность продления срока эксплуатации ВДГО путем проведения технического диагностирования.

В качестве объекта технического диагностирования принят многоквартирный жилой дом, расположенный в г.Перми, выполненный по типовому проекту серии 1-468А-6, 1979 года ввода в эксплуатацию. В помещениях установлены бытовые газовые плиты: 3-х конфорочные – 40 шт., 4-х конфорочные – 50 шт.

На объекте проведены работы по определению параметров технического состояния газопроводов с применением методов неразрушающего контроля, такие как визуальный и измерительный контроль, ультразвуковая толщинометрия и дефектоскопия, измерение твердости основного металла, электрический контроль с составлением протоколов и актов.

Выявлено, что геометрические размеры газопроводов соответствуют требованиям нормативно-технической документации (НТД). Состояние защитных футляров газопровода в местах входа и выхода удовлетворительное. Все переходы выполнены футлярами. Отклонение от прямолинейности для каждого участка трубных элементов удовлетворительное. Овальность по результатам наибольших и наименьших наружных диаметров труб удовлетворительная.

Состояние опорно-подвесной системы не удовлетворительное. Обнаружено отсутствие креплений вводного, проходящего по фасаду здания. Количество опор не соответствует проектным данным: часть опор отсутствует, часть опор отклонилась от первоначального положения. В связи с этим газопровод держится за счет футляров в переходах через строительные конструкции, что может привести к провисанию газопровода и дополнительной нагрузке на сварные соединения.

В помещениях с газоиспользующим оборудованием произведены осмотр и замеры размеров решеток вентиляционных каналов, замеры скорости потока воздуха. Дымоходов в обследуемом жилом доме нет. Обследование типового жилого дома серии 1-648А-6 показало, что не во всех помещениях с газоиспользующим оборудованием соблюдены нормы воздухообмена.

Наружное и внутреннее состояние газоиспользующего оборудования удовлетворительное. Гибкие рукава для присоединения бытового газоиспользующего оборудования без повреждений.

При проверке на герметичность вводного газопровода утечки газа, связанные с качеством сварных, резьбовых и фланцевых соединений, не выявлены. Обнаружена утечка газа, связанная со сквозными коррозионными повреждениями на вводном газопроводе, проходящем по фасаду здания.

При проверке на герметичность внутреннего газопровода утечки газа, связанные с качеством сварных, резьбовых и фланцевых соединений и сквозными коррозионными повреждениями не выявлены. Проверка герметичности газопровода проводилась газоанализаторами течеискателем-сигнализатором. Загазованность помещений отсутствует.

Участки внутренних газопроводов от отключающего устройства, расположенного после входа в здание, до отключающего устройства, расположенного перед газоиспользующим оборудованием, опрессованы воздухом давлением 5 кПа в течение 5 минут. За период испытаний видимое падение давления по манометру более 200 Па не наблюдается. Внутренний газопровод выдержал испытание на герметичность.

Технического состояния трубопроводной арматуры удовлетворительное. При проверке на герметичность сварных, резьбовых соединений и сальниковых уплотнений прибором или пенообразующим раствором утечки газа не выявлены.

При техническом диагностировании типового жилого дома осуществлена проверка наличия свидетельства о поверке и соблюдение сроков поверки приборов учета газа, отклонение от нормальных режимов работы, наличие шума, вибрации, трещин и механических повреждений, наличие опломбировки. Приборы учета газа, установленные в квартирах, находятся в удовлетворительном состоянии, срок поверки не истек, пломбы присутствуют.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Техническое диагностирование показало, что часть ВДГО/ВКГО находится в неудовлетворительном состоянии, часть – не в полной мере соответствует требованиям НТД.

Результаты технического диагностирования ВДГО/ВКГО, а также рекомендации по устранению выявленных нарушений, сведены в

дефектную ведомость, с учетом которой был проведен расчет остаточного ресурса на участках с наибольшими коррозионными повреждениями по результатам измерений толщинометрии.

Результаты расчета приведены в сводной таблице 1.

Таблица 1. Сводная таблица расчетов

Table 1. Calculation summary table

Параметры	Номер контролируемого участка газопровода						
	вводной газопровод						внутренний газопровод
	1	2	3	4	5	6	7
Толщина стенки газопровода, мм	2,1	2,5	1,5	3,5	3,9	3,8	2,1
Расчетный срок эксплуатации, лет	1,2	1,4	0,8	2,9	6,5	6,3	5,25

Остаточный ресурс округляется в наименьшую сторону до целого числа в годах.

По результатам полученных данных видно, что основная часть вводного газопровода подвержена коррозионным повреждениям, остаточный срок эксплуатации составляет менее трех лет. Учитывая то, что периодичность технического диагностирования составляет 1 раз в пять лет, существует опасность возникновения сквозных коррозионных поражений на газопроводе в этот период, что создаст угрозу жизни и здоровья населения.

Затраты на полную замену ВДГО типового жилого дома серии 1-468А-6, рассчитанные с применением федеральных единых расценок, государственных элементных сметных норм, прејскуранта ГРО составят 1 138 860,50 руб.

Затраты на проведение технического диагностирования ВДГО типового жилого дома серии № 1-648А-6 составят 54 008,02 руб.

Учитывая, что максимальный срок эксплуатации вновь смонтированного газопровода составляет 20 лет, а диагностирование в этот период состоится 4 раза, соответственно общая стоимость технического диагностирования за рассматриваемый период составит 216 032,08 руб.

Помимо затрат на техническое диагностирование ВДГО необходимо учесть затраты на устранение обнаруженных дефектов. Максимальные затраты на ремонтные работы по устранению выявленных нарушений в ходе проведения технического диагностирования составят 139 712,70 руб. (12,2% от стоимости полной замены). В среднем, затраты на ремонтные работы составляют от 3 до 5 % от стоимости полной замены.

Например, авторами [14] предложено две стратегии реализации технической политики по ремонту ВДГО, даны рекомендации по проведению анализа состояния внутренних инженерных систем согласно разработанной типологии МКД, методика

их дефектовки и перечень необходимых работ при проведении капитального ремонта.

ВЫВОДЫ

К одной из проблем газовой отрасли в РФ относится изношенность существующих ВДГО/ВКГО. С учетом срока службы стальных газопроводов и ВДГО/ВКГО в настоящее время необходимо принимать решения по их реконструкции и замене.

Исходя из полученных данных обследования МКД серии 1-648А-6 можно сделать вывод о том, что проведение технического диагностирования ВДГО/ВКГО и последующие ремонтные работы по результатам этого диагностирования позволяет значительно сократить затраты на капитальный ремонт сетей газопотребления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синявский Р. Рынок услуг газоснабжения: характеристика, субъектный состав и особенности функционирования//РИСК: Ресурсы, информация, снабжение, конкуренция. 2012. №3. С. 144-149.
2. Мишина И. Газовая атака. Режим доступа: <https://versia.ru/ot-vzryvov-bytovogo-gazopogibaet-bolshe-lyudej-chem-ot-bomb-terroristov> (дата обращения 01.12.2018).
3. Зубаилов Г.И., Бирюков А.В., Кузьева А.И. Новые материалы для внутридомовых газопроводов// Газ России. 2012. № 2. С. 84-88.
4. Новые правила газовой безопасности. Режим доступа: <http://www.severinform.ru/prof-sovet/gazprom-vlasov/565.htm> (дата обращения 01.12.2018).
5. Мачулин А.Б., Качелин А.С. Научно-практический анализ организации и результатов эксплуатации внутридомового и внутриквартирного газового оборудования в многоквартирных и жилых домах// Научный

журнал Российского газового общества. 2016. № 2. С. 42-47.

6. Эксплуатация внутридомового газового оборудования (ВДГО/ВКГО): как обеспечить безопасность. Режим

доступа: <https://www.gkh.ru/article/101814-ekspluatatsiya-vnutridomovogo-gazovogo-oborudovaniya> (дата обращения 01.12.2018).

7. Прошутинский А.О. Влияние величины давления газа на энергоэкологические показатели работы газового оборудования жилых зданий // Региональная архитектура и строительство. 2016. № 2 (27). С. 133-136.

8. Вихарева Е.П., Белоглазова Т.Н. Применение медных трубопроводов для внутридомового газоснабжения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. 2016. Т. 7. № 4. С. 73-79.

9. Ершов М.С., Солёная О.Я. Система обеспечения пожаровзрывобезопасности газифицированных помещений // Труды Российского государственного университета нефти и газа им.И.М.Губкина. 2013. № 3 (272). С. 99-107.

10. Мещерякова О.К. Проблемы формирования системного подхода к реформированию ЖКХ // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 1 (19). С. 176-182.

11. Баранова Д.Н. Правовые гарантии осуществления гражданских прав и обязанностей субъектами жилищных правоотношений в сфере предоставления жилищно-коммунальных услуг // Адвокат, 2010, № 5, С. 34-48.

12. Умрихин М.В., Хусьянова С.Г. Надзор за исполнением законов в сфере газоснабжения объектов жилищно-коммунального хозяйства // Законность. 2015. № 5 (967). С. 7-10.

13. Патрушев Д.Н. Проблемы ценообразования в газовом комплексе России // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. 2007. № 4 (52). С. 44-53.

14. Методология капитального ремонта конструктивных элементов многоквартирных домов в рамках технической политики / А.Н. Алешин, А.В. Козлов, С.С. Мордовский, Е.М. Заславский // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С. 94.

REFERENCES

1. Sinyavsky R. The market of gas supply services: characteristics, subject structure and features of functioning//RISK: Resursy, informatsiya, snabzhenie, konkurenciya. 2012. N 3. pp. 144-149. (In Russian)

2. Mishina I. Gas attack. Available at: <https://versia.ru/ot-vzryvov-bytovogo-gaza-pogibaet-bolshe-lyudej-chem-ot-bomb-terroristov> (accessed 20.04.2012).

3. Zubairov G.I., Biryukov A.V., Kuziaev's A.I. New materials for the intrahouse gas pipelines// Gaz Rossii. 2012. N 2. pp. 84-88. (In Russian)

4. New gas safety regulations. Available at: <http://www.severinform.ru/prof-sovet/gazprom-vlasov/565.htm> (accessed 20.04.2012).

5. Machulin A.B., Kachelin A.S. Scientific and practical analysis of the organization and results of operation of in-house and in-house gas equipment in apartment and residential buildings// Nauchnyj zhurnal Rossijskogo gazovogo obshchestva. 2016. N 2. pp.42-47. (In Russian)

6. Operation of the intrahouse gas equipment: how to ensure safety. Available at: <https://www.gkh.ru/article/101814-ekspluatatsiya-vnutridomovogo-gazovogo-oborudovaniya> (accessed 20.04.2012).

7. Proshutinsky A.O. Influence of gas pressure on the energy and environmental performance of gas equipment of residential buildings //Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo. 2016. N 2 (27). pp. 133-136. (In Russian)

8. Vikhareva E.P., Beloglazova T.N. Application of copper pipelines for in-house gas supply //Vestnik Permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. 2016. Vol. 7. N4. pp.73-79. (In Russian)

9. Ershov M.S., Salty O.Ya. System of fire and explosion safety of gasified premises // Trudy Rossijskogo gosudarstvennogo universiteta nefi i gaza im.I.M. Gubkina. 2013. N 3 (272). pp. 99-107. (In Russian)

10. Meshcheryakova O.K. Problems of formation of system approach to reforming of housing and communal services// Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2012. N1 (19). pp.176-182. (In Russian)

11. Baranova D.N. Legal guarantees of civil rights and obligations of subjects of housing relations in the provision of housing and communal services //Advokat. 2010. N 5. pp. 34-48. (In Russian)

12. Umrikhin M.V., Khusainova S.G. Supervision of execution of laws in the sphere of gas supply of objects of housing and communal services// Zakonnost'. 2015. N 5 (967). pp.7-10. (In Russian)

13. Patrushev D.N. Problems of pricing in the gas complex of Russia // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo universiteta ehkonomiki i finansov. 2007. N 4 (52). pp. 44-53. (In Russian)

14. Methodology of overhaul of constructive elements of apartment houses in the framework of the technical policy/ A.N. Alechin, AV. Kozlov, S.S. Mordovskoy, E.M. Zaslavsky // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. N 2-2. pp. 94. (In Russian)

SECURITY AT OPERATION OF HOUSEHOLD GAS EQUIPMENT

T.N. Romanova

Perm National Research Polytechnic University, 29, Komsomolsky prospect, Perm

e-mail: botinkin@yandex.ru

Abstract. Natural gases in Russia are widely used for gas supply to industrial enterprises and gas supply to the population. But recently, cases of emergency situations related to the operation of in-house and in-house gas equipment have become more frequent. This is evidenced by the statistics on accidents. Therefore, at present, the urgent task is to address the issues of safety and reliability of operation of gas equipment of residential buildings. The article presents the main factors that explain the low level of safety in the operation of in-house and in-house gas equipment. In article the analysis of possibility of use of the intra house gas equipment of the apartment house after normative term of operation is carried out.

Subject: The possibility of using in-house gas equipment of an apartment building after the normative period of operation

Results: A feasibility study of the possibility of extending the use of elements of in-house gas equipment on the basis of technical diagnosis and strength calculation in accordance with the requirements of regulatory and technical documentation.

Conclusions: Complete replacement of the gas pipeline at the end of its service life carries an impressive cost, which is not always ready to go to the management companies and owners of the equipment. Despite the considerable costs of carrying out works on technical diagnosis and elimination of comments, these works are more economical in several times complete replacement of the gas pipeline.

Key words: engineering systems, inside apartment-house and gas equipment, residential apartment house, normative term of operation, technical diagnostics

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ МЕЖДУ ПРИОРИТЕТНЫМИ НАПРАВЛЕНИЯМИ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ КРЫМА

Погребницкая А.М., Черкас М.В.

*Академия строительства и архитектуры,
Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, г. Симферополь
pogrebiskaya.13@mail.ru, maiya.cherkas@mail.ru*

Аннотация. В работе рассмотрены приоритетные направления нетрадиционных возобновляемых источников энергии Крыма (НВИЭ). Изучена модель, описывающая управление распределением инвестиций между приоритетными альтернативными источниками энергии. Методами математического программирования проведена оптимизация распределения инвестиций, а также проведена оптимизация с учетом критерия справедливой уступки Чебышева. Расчеты проведены симплекс-методом и с помощью табличного процессора **MS Excel**. Полученные результаты отличаются высоким приближением к заявкам с учетом приоритетности направлений НВИЭ Крыма.

Ключевые слова: нетрадиционные источники энергии, математическая модель, линейное программирование

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к использованию нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Этот интерес обусловлен тем, что энергетическая сфера оказывает огромное влияние на жизнедеятельность населения и национальную безопасность каждой страны.

К наиболее известным и используемым в мире относятся следующие направления:

1. **Волновая энергетика** основывается на использовании потенциальной энергии волн переносимую на поверхности океана.

2. **Ветровая энергетика** специализируется на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в атмосфере в электрическую, тепловую и любую другую форму энергии для использования в народном хозяйстве.

3. **Электростанции геотермального** типа представляют собой теплоэлектростанции, использующие в качестве теплоносителя воду из горячих геотермальных источников.

4. **Солнечная энергетика** основывается на преобразовании электромагнитного солнечного излучения в электрическую или тепловую энергию.

Также к популярным и востребованным в мире относятся, гидроэнергетика, малая гидроэнергетика (энергия малых рек), бионергия и др. [1, 2].

Крым располагает значительными ресурсами НВИЭ для получения тепла различной мощности и с различными КПД.

Задача исследования: необходимо правильно спланировать распределение средств между направлениями НВИЭ Крыма. Для этого используется инструментарий математического

моделирования, в частности, математического программирования.

Задачи линейного программирования (раздела математического программирования) имеют достаточно широкий спектр применения при оптимизации распределения финансовых средств для природоохранных целей, для развития альтернативных источников энергии, а также при оптимизации размеров строительных конструкций и т.д. [3-6]

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В рамках административной единицы, обладающей бюджетными средствами, направленными на развитие НВИЭ в регионе, необходимо решить вопрос о распределении средств в размере F между направлениями альтернативных источников энергии. В результате исследований по каждому направлению i , ($i = 1, 2, \dots, n$) составляется заявка на необходимый объем финансирования комплекса мероприятий B (табл. 1).

Обычно имеем ситуацию нехватки средств для удовлетворения всех заявок в полном объеме

$$\sum_{i=1}^n X_i \leq F.$$

Решающую роль в распределении средств играет приоритетность объектов α_i , которая следует из эффективности направления

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = const.$$

Таблица 1. Приоритетность и потребность для n направлений

Table 1. Priority and need for n directions

Направления НВИЭ	Приоритет α_i	Потребность в средствах B_i
1	α_1	B_1
2	α_2	B_2
...
i	α_i	B_i
...
n	α_n	B_n
Итого	$\sum \alpha_i$	$\sum B_i$

Формулировка математической модели

Для данной постановки задачи в общем виде можно построить следующую модель линейного программирования: найти максимальное значение целевой функции

$$L(\bar{X}) = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i}{B_i} X_i \rightarrow \max,$$

на неизвестные которой наложены следующие ограничения

$$X_i \leq B_i, \sum_{i=1}^n X_i \leq F, X_i \geq 0, i = \overline{1, n}.$$

Целевая функция в приведенной модели отражает максимизацию удовлетворения потребности направлений в финансовых средствах с учётом их приоритетности. Чем ближе соотношение X_i/B_i к единице, тем полнее удовлетворяется потребность направления в финансовых средствах. Коэффициент α_i в целевой функции позволяет дифференцировать распределение финансовых средств при их недостаточности между направлениями.

Первая система ограничений имеет смысл: выделяемый объем средств X_i не должен быть выше потребности $B_i, i = \overline{1, n}$.

Ограничение, лимитирующее суммарную потребность в финансовых средствах $\sum_{i=1}^n X_i$

объёмом выделенных средств $F: \sum_{i=1}^n X_i \leq F$.

Следующие n ограничений задают естественные пределы изменения искомым переменных X_i – искомый объём выделяемых i -му направлению средств не должен быть отрицательным: $X_i \geq 0, i = \overline{1, n}$.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ

В качестве примера рассмотрим четыре приоритетных направления НВИЭ, являющиеся

перспективными и наиболее эффективными для Крымского региона. Известна оценка приоритетности развития рассматриваемых направлений.

В рамках программы поддержки развития возобновляемых источников энергии России выделено 405 млрд руб [7]. Возьмем в качестве размера инвестиций в Крымский регион среднее значение инвестиций по стране от вышеуказанной суммы ($F=4,5$ млрд руб). А также, пусть для развития ветряной энергетики ($i=2$) Крыма необходимо 2 млрд руб, и данное направление является приоритетным ($\alpha_2=4$) в списке НВИЭ исследуемого региона. Исходная информация приведена в таблице 2.

Таблица 2. Исходные данные

Table 2. Baseline Data

Направления НВИЭ, i	Приоритет, α_i	Потребность в средствах B_i , млрд руб.
Волновое, 1	2	1
Ветровое, 2	4	2
Геотермальное, 3	1	2
Солнечное, 4	3	1
Итого	10	6

Тогда математическая модель ЗЛП имеет вид

$$L(\bar{X}) = \frac{2}{1} X_1 + \frac{4}{2} X_2 + \frac{1}{2} X_3 + \frac{3}{1} X_4 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{cases} X_1 \leq 1 \\ X_2 \leq 2 \\ X_3 \leq 2 \\ X_4 \leq 1 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 4,5 \\ X_i \geq 0, i = \overline{1, 4}. \end{cases}$$

Приведем задачу к каноническому виду

$$L(\bar{X}) = 2X_1 + 2X_2 + 0,5X_3 + 3X_4 \rightarrow \max$$

при ограничениях

$$\begin{cases} X_1 + X_5 = 1 \\ X_2 + X_6 = 2 \\ X_3 + X_7 = 2 \\ X_4 + X_8 = 1 \\ X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_9 = 4,5 \\ X_i \geq 0, i = \overline{1, 9}. \end{cases}$$

В систему ограничений введены дополнительные неотрицательные переменные $X_j, j = \overline{5, 9}$, которые называются балансовыми переменными (БП).

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Решение сформулированной задачи найдено симплексным методом на множестве опорных планов, приведенных в таблице 3.

Таблица 3. Симплекс-таблица решения задачи

Table 3. Simplex table of the problem solution

Б П	C_b	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	$\frac{b_i}{a_{ij}}$
			2	2	0,5	3	0	0	0	0	0	
X_5	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-
X_6	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-
X_7	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	-
X_8	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1
X_9	0	4,5	1	1	1	1	0	0	0	0	1	4,5
Δ_j		0	-2	-2	-0,5	-3	0	0	0	0	0	
X_5	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
X_6	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-
X_7	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	-
X_4	3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	-
X_9	0	3,5	1	1	1	0	0	0	0	-1	1	3,5
Δ_j		3	-2	-2	-0,5	0	0	0	0	3	0	
X_1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-
X_6	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2
X_7	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	-
X_4	3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	-
X_9	0	2,5	0	1	1	0	-1	0	0	-1	1	2,5
Δ_j		5	0	-2	-0,5	0	2	0	0	3	0	
X_1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	-
X_2	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	-
X_7	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
X_4	3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
X_9	0	0,5	0	0	1	0	-1	-1	0	-1	1	0,5
Δ_j		9	0	0	-0,5	0	2	2	0	3	0	
X_1	2	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
X_2	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	
X_7	0	1,5	0	0	0	0	1	1	1	1	-1	
X_4	3	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
X_5	0,5	0,5	0	0	1	0	-1	-1	0	-1	1	
Δ_j		9,25	0	0	0	0	1,5	1,5	0	2,5	0,5	

Данная задача была решена в среде табличного процессора MS Excel. Решение, полученное с помощью инструмента Поиск решений, совпадает с аналитическим и представлено на рис. 3.

14							
15	Начальное приближение						
16	x1	x2	x3	x4			
17	1	2	0,5	1			
18							
19	Система ограничений						
20	1	0	0	0	1	≤	1
21	0	1	0	0	2	≤	2
22	0	0	1	0	0,5	≤	2
23	0	0	0	1	1	≤	1
24	1	1	1	1	4,5	≤	4,5
25							
26	Отношение приоритета к потребностям отдельного направления НВИЭ						
27						Целевая ячейка	
28	2	2	1	3		9,25	
29							

Рис. 3. Решение задачи с помощью MS Excel

Fig. 3. Problem Solving with MS Excel

В результате решения задачи получены следующие оптимальные значения финансовых средств, выделяемых для развития НВИЭ по рассматриваемым направлениям: $X_1=1$; $X_2=2$; $X_3=0,5$; $X_4=1$ млрд руб. Таким образом, финансирование было сокращено по направлению, имеющему минимальный приоритет.

Более справедливое распределение может быть получено, если воспользоваться максиминным критерием (критерием справедливой уступки Чебышева) [8]:

$$\min \left\{ \beta_i \frac{X_i}{B_i} \right\} \rightarrow \max ,$$

$$X_i \leq B_i, \sum_{i=1}^n X_i \leq F, X_i \geq 0, i = \overline{1, n}.$$

Согласно критерия Чебышева

$$\beta_i = \alpha_i / \sum_{i=1}^n \alpha_i, \text{ т.е. необходимо нормировать}$$

коэффициенты приоритетов. Для нахождения решения задачи симплекс-методом вводится

переменная $Z = \min \left\{ \beta_i \frac{X_i}{B_i} \right\}$. С учетом новой переменной модель задачи имеет следующий вид:

$$Z \rightarrow \max$$

$$Z \leq \left\{ \beta_i \frac{X_i}{B_i} \right\}, X_i \leq B_i, \sum_{i=1}^n X_i \leq F, X_i \geq 0,$$

$$i = \overline{1, n}.$$

Первое неравенство в системе ограничений можно представить в виде

$$B_i Z - \beta_i X_i \leq 0, i = \overline{1, n}.$$

Увеличение количества неравенств повлекло за собой увеличение количества переменных, что вызвало громоздкость вычислений. Поэтому решение задачи с использованием критерия справедливой уступки проведено в среде пакета MS Excel. Ответ приведен в таблице 4.

Таблица 4. Результаты распределения по критерию справедливой уступки Чебышева

Table 4. The distribution results by the criterion of a fair assignment of Chebyshev

Направления НВИЭ	Приоритет α_i	Потребность в средствах B_i , млрд руб.	Оптимальное распределение X_i , млрд руб.	Процент удовлетворения
1	2	1	0,875	87,5
2	4	2	0,1847	92,35
3	1	2	0,778	38,9
4	3	1	1,00	100,0

ВЫВОДЫ

Изучены основные приоритетные направления НВИЭ Крымского региона. Предложена модель по распределению инвестиций между альтернативными источниками энергии Крыма.

Продемонстрировано расширение области применения методов математического программирования. Найдено максимальное удовлетворение потребности направлений НВИЭ в финансовых средствах с учётом их приоритетности. Дополнительно задача решена с использованием критерия справедливой уступки Чебышева.

Как видно из таблицы 4, полученные результаты отличаются высоким приближением к заявкам с учетом приоритетности направлений НВИЭ Крыма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Городов Р.В.* Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / *Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев*; Томский политехнический университет. — Томск : Изд-во ТПУ, 2009. — 294 с.
2. *Скибин Ю.Д.* Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / *Ю.Д. Скибин, Д.Н. Скибин*. — КноРус, 2012. — 340 с.
3. *Новоселов А.Л.* Модели и методы принятия решений в природопользовании / *А.Л. Новоселов, И.Ю. Новоселова*. — Москва : ЮНИТИ, 2015. — 383 с.
4. *Рыжаков А.Н.* Математическое программирование / *А.Н. Рыжаков, О.А. Щербина, В.Г. Никольский*. — Симферополь : КИБ, 2005. — 264 с.
5. *Погребницкая А.М.* Постановка экстремальных задач в строительстве и их решение методами компьютерной математики / *А.М. Погребницкая, А.Н. Рыжаков*. — Симферополь : ИТ «АРИАЛ», 2017. — 132 с.
6. *Мустафа К.А.* Решение задачи об оптимизации массы строительных конструкций // *К.А. Мустафа, А.М. Погребницкая*. II научная конференция профессорско-преподавательского

состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского» (Симферополь, 2016), сборник тезисов участников. Симферополь, 2016. Т.2. — С. 19-20.

7. <https://ru.investing.com/news/economy-news/article-540631>

8. *Балдин К.В.* Эконометрика / *К.В. Балдин, О.Ф. Быстров, М.М.Соколов*. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2014. — 372 с.

REFERENCES

1. *Gorodov R.V.* Netradicionnye i vobnovlyaemye istochniki ehnergii: uchebnoe posobie / *R.V. Gorodov, V.E. Gubin, A.S. Matveev*; Tomskij politekhnicheskij universitet. — Tomsk : Izd-vo TPU, 2009. — 294 s.
2. *Skibin YU.D.* Netradicionnye i vobnovlyaemye istochniki ehnergii: uchebnoe posobie / *YU.D. Ski-bin, D.N. Skibin*. — KnoRus, 2012. — 340 s.
3. *Novoselov A.L.* Modeli i metody prinyatiya reshenij v prirodopol'zovanii / *A.L. Novoselov, I.YU. Novoselova*. — Moskva : YUNITI, 2015. — 383 s.
4. *Ryzhakov A.N.* Matematicheskoe programmirovaniye / *A.N. Ryzhakov, O.A. SHCHerbina, V.G. Nikol'skij*. — Simferopol' : KIB, 2005. — 264 s.
5. *Pogrebickaya A.M.* Postanovka ehkstremaal'nyh zadach v stroitel'stve i ih reshenie metodami komp'yuternoj matematiki/ *A.M. Pogrebickaya, A.N. Ryzhakov*. — Simferopol' : IT «ARIAL», 2017. — 132 s.
6. *Mustafa K.A.* Reshenie zadachi ob optimizacii massy stroitel'nyh konstrukcij // *K.A. Musta-fa, A.M. Pogrebickaya*. II nauchnaya konferenciya professorsko-prepodavatel'skogo sostava, aspirantov, studentov i molodyh uchenyh «Dni nauki KFU im. V.I. Vernadskogo» (Simferopol', 2016), sbornik tezisov uchastnikov. Simferopol', 2016. T.2. — S. 19-20.
7. <https://ru.investing.com/news/economy-news/article-540631>
8. *Baldin K.V.* EHknometrka / *K.V. Baldin, O.F. Bystrov, M.M.Sokolov*. — M. : YUNITI-DANA, 2014. — 372 s.

OPTIMIZATION OF THE INVESTMENTS DISTRIBUTION BETWEEN THE PRIORITY DEVELOPMENT TRENDS OF NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES IN CRIMEA

Pogrebiskaya A.M., Cherkas M.B

Summary In the work, the priorities of non-traditional renewable energy sources of Crimea (NTRES) are considered. A model that describes the management by distribution of investments between priority alternative energy sources has been studied. The optimization of the investments distribution has been carried out by the mathematical programming methods. In addition, the optimization with account of Chebyshev fair assignment criterion has been fulfilled. The calculations by the simplex method and using the MS Excel spreadsheet processor were provided. The obtained results have a good approximation to the request with account of the priority of the development directions of the NTRES in Crimea.

Key words: renewable energy sources, mathematical model, linear programming

УДК 621.31: 628.16

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ДАТЧИКОВ

Важдаев К.В., Иванова О.В., Халиков Р.М., Короткова Л.Н.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»
450062, Россия, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул. Космонавтов, 1
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32
e-mail: olgachemist@mail.ru

Аннотация. Основой управления качеством в соответствии с ISO 9000 является тщательный контроль производства с использованием систем автоматизированного измерения значений технологических величин. Согласованное функционирование звеньев водоснабжения: насосных станций, трубопроводов, фильтрационного оборудования и т.п. увеличивает эффективность и надежность гидросистемы, снижает расход энергоресурсов и улучшает органолептические характеристики воды. Для координации работы отдельных блоков технологической линии водоснабжения необходимы автоматизированные системы управления качеством. В качестве необходимой аппаратуры инновационные технологии водоподготовки предусматривают использование электротехнических датчиков. Современные гидросистемы водоснабжения имеют разветвленную сетевую структуру, которая расположена на обширной территории. Для наблюдения за параметрами работы технологической аппаратуры предназначаются разнообразные датчики, которые преобразуют контролируемую величину в электрический сигнал, поступающий в исполнительное устройство. Рассмотрены эффективные подходы управления функционированием электродвигателей центробежных насосов, обеспечивающих перекачку требуемых объемов воды. В работе проанализированы алгоритмы регулирования подачи требуемых объемов воды и давления насосными станциями городского водоснабжения с применением инновационных датчиков.

Ключевые слова: водоснабжение, управление качеством, водяные насосы, электроприводы, датчик уровня и давления, энергосбережение.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день актуальной остается задача разработки управляемых, надежных гидросистем в водоснабжении населенных пунктов и городов, которые позволяют более рационально использовать водные ресурсы и электрическую энергию. Визуальный контроль за состоянием технологического оборудования и ручное управление агрегатами в системе водоснабжения не могут обеспечить достаточной надежности функциональной работы насосных станций (НС). Устойчивое водоснабжение мегаполисов, имеющих разветвленную сеть, например, в системе МУП «Уфаводоканал» более 2700 км водопроводных и канализационных сетей, требует расширения использования электротехнических датчиков.

Цель данной статьи – анализ инновационных подходов управления гидросистемой в технологической линии водоподготовки посредством использования инновационных датчиков.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Основным механизмом насосных станций является асинхронный электропривод, являющимся

одним из главных потребителей (до 25 %) всей расходуемой электроэнергии [1]. Автоматическое управление процессами водоснабжения осуществляется с помощью датчиков для измерения показателей и расхода воды; блоков ввода данных и вывода; исполнительных механизмов; контроллера и т.п. [2]. Датчики в технологической гидросхеме водоснабжения определяют характеристики, регулируют и сигнализируют о неполадках. Гидротехнические скважины водоисточника оснащаются блоками ввода и вывода, датчиками для контроля над напряжением и давлением, механизмом плавного запуска электропривода. НС водозабора, например, «Уфаводоканал» общей мощностью 611 тыс.м³/сут. снабжены датчиками тока и давления, а блок защиты электродвигателя устанавливается на каждый насос.

Автоматизация водяных насосов и НС на сегодняшний день, как правило, сводится к управлению погружным электронасосом по уровню воды в накопительных емкостях или давлению в напорном трубопроводе. На НС гидротехническое оборудование достаточно эффективно управляется электротехническими датчиками: пуск и остановка водяных насосов и вспомогательных насосных установок; контроль и поддержание заданных параметров (например,

уровня воды, подачи, напора и т.д.); прием контролируемых параметров и передача сигналов в диспетчерскую. Для наблюдения за параметрами работы НС служат различные датчики, которые преобразуют контролируемые величины в электроимпульсы, поступающие в исполнительные механизмы [3].

В настоящее время в технологии водоснабжения внедряется микропроцессорное управление работой НС. В работе [4] рассмотрены алгоритмы и методы управления электродвигателем, позволяющие снизить неэффективные затраты при его использовании в качестве электроприводов водяных насосов.

По принципу работы можно выделить следующие виды датчиков уровня воды: поплавковые датчики; гидростатические датчики; емкостные датчики; радарные датчики; ультразвуковые датчики и др. [5]. Существуют несколько способов измерения уровня воды, например, при контактном методе датчик устанавливается на стенке в резервуаре на определенном уровне. На этом методе обоснованы функционирование гидростатических и поплавковых моделей электротехнических датчиков, а к бесконтактным способам управления относятся ультразвуковые и емкостные датчики.

В работе [6] конструирован блок управления датчиками уровня воды, которые собраны с использованием элементов платформы Arduino и разработаны печатные платы на отдельные блоки устройства. Скоординированная работа взаимосвязанных звеньев водоснабжения повышает результативность управления технологической линией и уменьшает затраты электроэнергии [7-10]. Управление качеством сервисного обслуживания при водоснабжении рациональнее проанализировать в рамках фрактальной концепции.

Оценка экономичности разнообразных типов центробежных насосов приведена в работе [11]. Показано, что использование конфузорных колес в насосах позволяет повысить коэффициент полезного действия и напора. В работе [12] приведена методика оптимизации режимов работы силовых агрегатов при ступенчатом способе их регулирования. Проведена процедура оптимизации режима подачи воды насосной станцией с накопительным баком с использованием методов исследования операций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

МУП «Уфаводоканал» постоянно работает над повышением качества питьевой воды для населения. Это предприятие всегда было одним из лидеров по внедрению инновационных устройств и технологий. Например, «Уфаводоканал», внедрил систему «Галактика ERP», которая используется совместно с другими специализированными информационными системами для решения задач

автоматизации задач управления снабжения и сбыта, деятельности персонала и др. Следует отметить, что использование системы Галактика ERP позволило повысить эффективность управления, качество работы, что улучшило общее экономическое положение предприятия.

В эксплуатации предприятия «Уфаводоканал» находятся:

- 7 водозаборов общей мощностью 611 тыс.м³/сут.;
- станция водоподготовки производительностью 200 тыс.м³/сут.;
- 15 насосных станций 2-го и 3-го подъемов;
- 2 станции полной биологической очистки сточных вод общей производительностью 542,5 тыс.м³/сут.;
- 34 насосные станции канализации;
- более 2700 км водопроводных и канализационных сетей.

На предприятии МУП «Уфаводоканал» с 2003 года применяются насосы погружные центробежные с гидроприводом (изготовленные в г. Озерске) для откачки жидкостей при проведении аварийно-ремонтных работ на водопроводно-канализационных сетях. Навесное оборудование, на котором установлены двигатели Д-120, гидронасосы НШ-32 и гидравлические бачки, оперативно используется при устранении неполадок водоснабжения. Производительность таких насосов составляет 50-60 м³/час при 15 м напора и за время эксплуатации насосы проявили себя как надежные средства откачки в различных погодных условиях.

Основными преимуществами гидроприводных насосов являются:

1. Небольшой вес (16 кг) гидропривода насоса в сочетании с большой производительностью (при $Q=50$ м³/час), что значительно увеличивает диапазон и удобство применения данных насосов.
2. Принцип действия и малый вес позволяют производить откачку воды в местах, находящихся труднодоступных для подъезда техники, на значительном удалении от источника питания (20–30 м) передвижного механизма с гидроприводом.
3. Применение погружных насосов с гидроприводом в качестве напорных выбросных шлангов пожарных рукавов позволяет производить откачку на значительные расстояния (до 60 м).
4. Использование напряжения 380 вольт, которые используются у погружных насосов, работающих от электропривода, повышает безопасность работы людей во влажных и опасных условиях при откачке жидкостей из котлованов, колодцев и т.д.
5. Возможность регулирования работы гидропривода позволяет в целом регулировать производительность насоса, т.е. при необходимости в определенных пределах изменять ее. Таким образом, подводя итог тех положений,

которые были упомянуты ранее, можно сказать, что в течение 15 лет эксплуатации насосы погружные с гидроприводом являются надежными средствами откачки и имеют ряд преимуществ по сравнению с погружными насосами от электропривода.

Основными методами исследований являются диагностический и фрактальный анализы управления качеством функционирования линий водоснабжения. Диагностический анализ позволяет установить лимитирующие стадии в водоподготовительной технологии и нахождение оптимальных управленческих решений. Фрактальный анализ разветвленных сетей водоснабжения также дает возможность предложить эффективные подходы модернизации сервиса и обеспечивает максимальную устойчивость гидротехническим системам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В автоматизированных гидросистемах управления НС применяют следующие типы датчиков:

- ♦ уровня – для подачи импульсов на включение и остановку водяных насосов при изменении уровня воды в резервуарах;

- ♦ электроконтактные манометры – для управления цепями автоматики при изменении давления в трубопроводе и др.

Основными элементами электродного датчика уровня воды поплавкового типа (рис. 1) являются блок сигнализации и электроды, которые установлены на определенной высоте гидрорезервуара. Для контроля уровня выпускаются поплавковые датчики уровня (ПДУ) с цилиндрическим поплавком ПДУ-1, ПДУ-2; с шарообразным поплавком ПДУ-3. Датчик уровня имеет поплавок, передвигающийся по вертикальному штоку, а внутри поплавок находится постоянный магнит. В штоке ПДУ, представляющем собой полую трубку, находится электромеханическое коммутационное устройство геркон: герконовый контакт срабатывает при приближении магнита. При достижении уровнем воды того или иного электрода замыкаются соответствующие цепи в электрической схеме сигнализации и управления гидросистемы.

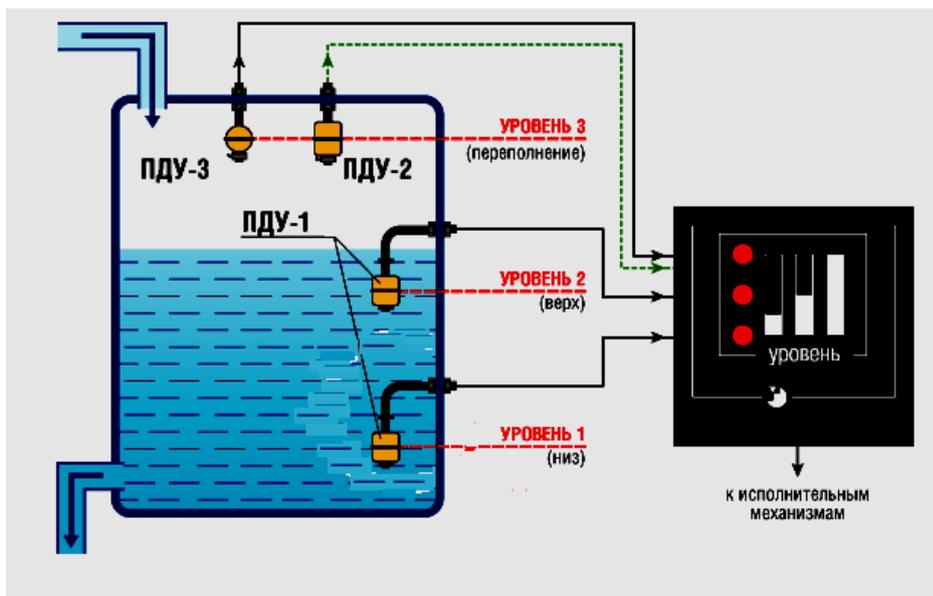


Рисунок 1. Датчики уровня воды в гидрорезервуаре (поплавковый датчик управления – ПДУ)

Figure 1. Water level sensors in the water tank (float control sensor-remote control)

Показатели уровня жидкости в гидрорезервуаре при помощи датчика уровня воды передаются на пульт управления, а экране монитора отображаются конкретные резервуары. Датчики воспринимают изменения объема воды и передает сигнал при повышении максимальной отметки на реле в резервуаре; включает реле сигнализации в корпусе управления (звуковая или световая). В некоторых случаях датчик применяется для создания замкнутой схемы системы автоматического контроля воды в резервуаре.

Контроль функционирования электротехнического оборудования (электродвигателей и т.п.) в процессе перекачки объема жидкости насосами по трубопроводу позволяет существенно повысить энергоэффективность на 18-21% в технологии подготовки питьевой воды. Диагностический и фрактальный анализы управления качеством функционирования звеньев водоснабжения: насосных станций, трубопроводов и др. дают возможность использования современных инновационных датчиков.

В настоящее время, автоматическая поддержка сети по водопередачи в онлайн-режиме невозможно без обратной связи. Миссия считывания меняющихся данных и передачи их на реле возлагается на измерители и анализаторы разных конструкций. Современные насосные станции подачи воды реагируют на перемены в скорости потока и давлении, а датчики сигнализируют систему управления о том, какие именно действия по стабилизации требуются.

Для контроля уровня воды привлекают механические, электронные или ультразвуковые датчики водоснабжения. В первом случае плавающий механизм на поверхности передвигается вместе с изменением высоты водного столба и при достижении конечных точек включаются одни или другие управляющие цепи.

Внизу гидроаккумулятора могут устанавливаться электронные устройства с высокой чувствительностью для фиксации моментального давления. Кроме того в схему стабилизации состояния водонапорной системы возможно установка **электродатчиков манометров**. Эти манометры вместе с диафрагменными переключателями принимают участие в автоматизации выключения/включения приводов гидронагнетателей. В этих устройствах смещение диафрагмы через прикреплённый к ней рычаг замыкает (либо размыкает) контакты в релейном механизме.

Информация о присутствии (отсутствии) водного потока управляющие системы водоснабжения получают от струйных реле. Внутри водоснабжающей магистрали располагают датчик-пластину, которая отклоняется при движении водной массы либо остаётся статичной, когда тока жидкости не наблюдается. Принцип действия любого манометрического аппарата состоит в деформации трубчатой камеры под неким воздействием и возврате её в первоначальную позицию, когда влияние ослабевает. Любые датчики водоснабжения имеют погрешность или предел измерительной точности.

В локальных водоподводящих комплексах наиболее актуальным и практичным считается определение двух показателей: давление в контуре и возникновение утечек. Измерение первой (и основной) характеристики осуществляется манометрами различных изготовителей. В случае если колебания давления существенны на протяжении суток, то требуется отладка локальной станции водоснабжения.

Датчики, которые отслеживают возможные протечки, имеют пару электродов. В случае если возникает протекание, то жидкость замыкает их в

цепь и возникший электроимпульс попадает в чип контроллера, который через релейную схему переводит арматуру водопровода в положение «закрыто». В итоге датчики водоснабжения купируют аварийное положение на этапе его зарождения, и блокирование подачи воды тут осуществляется практически мгновенно, а небольшое рабочее электрическое напряжение делает подобную защиту экономичной и безопасной.

Основным недостатком управления по уровню в условиях Башкортостана является подверженность обмерзанию электродов датчиков уровня в зимнее время, вследствие чего водяной насос не выключается и происходит переливание воды из гидроаккумулирующего резервуара. При управлении работой электронасоса по давлению электродатчик манометр можно смонтировать на напорном трубопроводе в помещении НС и это облегчает обслуживание гидротехнических датчиков и исключает воздействие низких температур.

Для насосных установок центробежного типа применяют следующие способы регулирования подачи жидкости и давления: дросселированием трубопровода; отключением или подключением насосов (ступенчатое регулирование); изменением частоты вращения насоса. Регулируемый электропривод применяют в тех случаях, когда производительность НС водоснабжения необходимо часто изменять в широких пределах. Основным требованием, предъявляемым к работе технологических линий водоснабжения и водоотведения, является необходимость бесперебойной подачи воды и отвод сточных вод при значительных колебаниях водопотребления в течение суток.

Наиболее эффективным управлением технологической гидросистемы является регулирование с помощью преобразователей частоты, которые позволяют плавно изменять частоту вращения электродвигателя насоса и модифицировать производительность. На рис. 2 приведена функциональная схема регулирования мощности электронасоса с использованием преобразователя частот:

На вход блока управления водоснабжения подаются сигнал задания и сигнал, получаемый с датчика уровня воды. Отклонение между действительным и заданным показателями уровня воды преобразуется в синхросигнал, под воздействием которого преобразователь меняет частоту вращения электродвигателя водяного насоса.

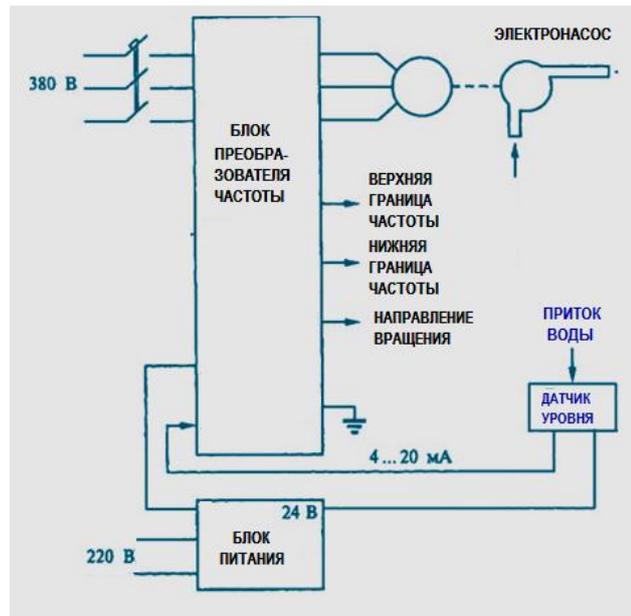


Рисунок 2. Функциональная схема регулирования электропривода водяного насоса с использованием преобразователя частоты

Figure 2. The functional diagram of regulation of the electric water pump using a frequency Converter

ВЫВОДЫ

Таким образом, в заключение можно сделать вывод, что использование датчиков частотно-регулируемого электропривода является экономичным и надёжным средством управления режимами работы насосных установок различного назначения. Управление качеством функционирования электротехнических датчиков обеспечивает: экономию 18-21% электроэнергии, уменьшение износа гидромеханического и электротехнического оборудования благодаря сокращению количества пусков и остановок водяных насосов; снижение вероятности возникновения аварий, вызванных гидравлическими ударами и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиволов Г.Е., Кармалов А.И., Ивансон П.Б. и др. Многоуровневая автоматизированная система управления технологическими процессами водоснабжения и водоотведения // Водоснабжение и санитарная техника. 2011. № 9-1. С.47-56.
2. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. – М.: Стройиздат. 1990. – 320 с.
3. Мулев Ю.В., Красовский Ю.К. Новые разработки НПО «ЮМАС». Манометры, показывающие // Датчики и системы. 2007. №6. С.55-58.
4. Иванова О.В., Халиков Р.М., Короткова Л.Н. Результативное управление электротехническим оборудованием в технологической схеме производства качественной

воды // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2018. Т.14. № 2. С. 21-27.

5. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. Справочник. / Под ред. Б.Н.Репина. – М.: Высшая школа, 1995. – 431 с.

6. Абдрахманов В.Х., Важаев К.В., Салихов Р.Б. Разработка средств автоматизации с использованием Wi-Fi модулей ESP8266 и LPWAN технологий // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. Т.13. № 4. С.98-108.

7. Иванова О.В. Словарь основных терминов управления качеством. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2014. – 68 с.

8. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. – М.: Изд. центр «Академия», 2006. – 272 с.

9. Иванова О.В., Халиков Р.М., Чудинов В.В. Технологичные механизмы формирования общепрофессиональных компетенций у бакалавров направления подготовки «Управление качеством» // Успехи современной науки и образования. 2016. № 9-1. С.73-76.

10. Лезнов Б.С., Воробьев С.В. Технологические основы использования регулируемого электропривода в насосных установках // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2012. №5. С.24-35.

11. Боровский Б.И., Дихтярь Т.В. Оценка экономичности одноступенчатых и многоступенчатых центробежных насосов // Строительство и техногенная безопасность. 2017. № 8(60). С.81-86.

12. Николенко И.В., Рыжаков А.Н. Метод оптимизации режимов работы силовых агрегатов насосной станции // Строительство и техногенная безопасность. 2016. № 5(57). С.77-82.

REFERENCES

1. Sivolov G.E., Karmalov A.I., Ivanson P.B. et al. Multilevel automated control system for technological processes of water supply and wastewater disposal // Water supply and sanitary engineering. 2011. No.9-1. P.47-56.

2. Lobachev P.V. Pumps and pump stations. – Moscow: Stroyizdat. 1990. – 320 p.

3. Mulev Yu.V., Krasovsky Yu.K. New developments of NPO "UMAS". Manometers showing // Sensors and systems. 2007. No.6. P. 55-58.

4. Ivanova O.V., Khalikov R.M., Korotkova L.N. Efficient management of electrotechnical equipment in the technological scheme for the production of high-quality water // Electrical and data processing facilities and systems. 2018. V.14. No.2. P.21-27.

5. Water supply and water disposal. External networks and facilities. Directory. Ed. B.N. Repin. – Moscow: Higher School, 1995. – 431 p.

6. Abdrakhmanov V.Kh., Vazhdaev K.V., Salikhov R.B. Development of automation tools using Wi-Fi modules ESP8266 and LPWAN technologies //

Electrical and data processing facilities and systems. 2018. V.13. No.4. P.98-108.

7. Ivanova O.V. Dictionary of the basic terms of quality management. – Ufa: BashSU, 2014. – 68 p.

8. Sokolovsky G.G. Alternating current electric drives with frequency control. – Moscow: Publishing center "Academy", 2006. – 272 p.

9. Ivanova O.V., Khalikov R.M., Chudinov V.V. Technological mechanisms for the formation of general professional competencies for bachelors in the direction of training "Quality Management" // Advances in modern science and education. 2016. No.9-1. P.73-76.

10. Leznov B.S., Vorobiev S.V. Technological fundamentals of using a regulated electric drive in pumping plants // Water purification. Water treatment. Water supply. 2012. No.5. P.24-35.

11. Borovskiy B.I., Dikhtyar T.V. The economic efficiency of single-stage and multistage centrifugal pumps // Construction and industrial safety. 2017. No.8(60). P.81-86.

12. Nikolenko I.V., Ryzhakov A.N. The method of optimization of operating modes of power units of the pump station // Construction and industrial safety. 2016. No.5(57). P.77-82.

QUALITY MANAGEMENT OF FUNCTIONING OF THE TECHNOLOGICAL LINE WATER SERVICE WITH USING MODERN SENSORS

Vazhdaev K.V., Ivanova O.V., Khalikov R.M., Korotkova L.N.

Summary. In accordance with ISO 9000 the basis of quality management is the total production control using the systems of automated measurement of process values. Coordinated functioning of the water production links: pumping stations, pipelines, filtration equipment, etc. increases the efficiency and reliability of the hydrosystem, reduces energy consumption and improves organoleptic water performance. To coordinate the work of individual units of the water supply line, automated quality management systems are required. As a necessary equipment, innovative technologies for water treatment require the use of electrical sensors. Modern water supply systems have a branched network structure, which is located on a vast territory. To monitor the parameters of the operation of technological equipment, a variety of sensors are intended, which convert the test value into an electrical signal entering the actuator. Effective approaches to controlling the functioning of electric motors of centrifugal pumps ensuring the transfer of required volumes of water are analyzed. In work algorithms of regulation of volume of water and pressure supply by pumping stations of city water service with application of innovative sensors are analyzed.

Key words: water service, management of quality, water pumps, electric drives, level and pressure sensors, energy saving.

УДК 621.311.24.001.24

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЭУ USW 56-100 С НОВЫМИ И ШТАТНЫМИ ЛОПАСТЯМИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ В СОСТАВЕ МИРНОВСКОЙ ВЭС

Даниленко А.И., Бекиров Э.А., Воскресенская С.Н., Алькаата А.

*Физико-технический институт ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
Симферополь, ул. Киевская, 181, E-mail: kaf_energo@cfuv.ru*

Аннотация. Представлен перечень недостатков штатных лопастей, используемых на ветроэлектростанциях USW56-100. Он обосновывает необходимость в разработке других лопастей. Приведена осциллограмма, показывающая генерацию электроэнергии ветроэлектростанцией, используемой при проведении экспериментальных исследований. Осуществлены измерения и расчеты минимальных, максимальных и средних значений электрической мощности, генерируемой при установке штатных лопастей с диаметром 18 метров и новых с диаметром 22 метра, а также средних квадратичных отклонений результатов. Проведен анализ кривых мощности и кривых коэффициентов мощности для двух указанных случаев.

Предмет исследования: исследование проводилось в области ветроэнергетики. Оно направлено на анализ работы ветроэлектростанций с двумя различными типами лопастей, так как штатные лопасти имеют ряд недостатков.

Ключевые слова: ветроэлектростанция, ветроэлектростанция, лопасть, мощность, кривая коэффициента мощности, скорость ветра.

ВВЕДЕНИЕ

На данный момент в Крыму функционируют Восточно-Крымская, Донузлавская, Судакская, Сакская (Мирновский и Воробьевский участки), Пресноводненская, Тарханкутская, Останинская ветроэлектростанции (ВЭС). На ВЭС расположены следующие ветроэлектростанции (ВЭУ): Т600-4 с номинальной мощностью 600 кВт, USW56-100 с номинальной мощностью 107,5 кВт, Bonus 600kW, UNISON мощностью 2 МВт, FL2500 мощностью 2,5 МВт. Наиболее старыми из них являются ВЭУ USW56-100. В результате многолетней эксплуатации неоднократно осуществлялась замена лопастей вследствие выхода их из строя. Целью данного исследования является сравнение выходных характеристик ВЭУ при применении лопастей двух типов.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Применение ветроэлектростанций признается крайне важным в регионах с высокими скоростями ветра и отсутствием других стабильных источников [1, 2]. К тому же они способствуют экономии традиционных видов топлива, а энергосбережение обеспечивает конкурентоспособность в различных сферах деятельности и требует формирования соответствующих механизмов [3, 4]. Для оценки ветрового потенциала используются различные способы мониторинга [5, 6]. Причем в их основе могут лежать как расчеты на основе известных

функциональных зависимостей [7], так и новейшие разработки в области экспериментального определения характеристик ветрового потока на высоте расположения ротора ветроэлектростанций [6]. Для каждой отдельно взятой местности процесс проектирования и сооружения ВЭС должен быть индивидуальным так же, как и параметры и характеристики ВЭС. Это обуславливается не только различными внешними условиями, но и разными применяемыми ВЭУ. Они могут отличаться по мощности, по конструкции (например, с горизонтальным и вертикальным расположением оси вращения) [8 – 10], по типу используемого генератора. В некоторых случаях предлагают использовать не стандартные схемы с типовыми генераторами постоянного тока, синхронными или асинхронными, а двухроторные генераторы [11]. Безусловно, можно обобщать основные сведения по проведению предварительных расчетов и составлению схем [12], но после реализации проекта реальные полученные результаты всегда с некоторой долей вероятности будут расходиться с теоретическими.

Эффективность ветроэлектростанций пытаются оценить в ряде работ [1, 13], причем с обобщением по площади использования и для стандартных диаметров ветроколес в широком диапазоне от 50 до 100 метров. При этом все же наиболее значимыми являются данные, полученные экспериментальным путем. Не всегда типовая комплектация ветроэлектростанций является оптимальной, не требует усовершенствований. Поэтому интерес представляют новые разработки, способные в

лучшую сторону изменить энергетические характеристики ветроэлектростанций. К тому же, для ВЭУ с небольшими диаметрами ветроколеса существует проблема частых поломок при усилении скоростей ветра и износе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на Мирновской ВЭС. При этом использовались методы наблюдения и тестирования, то есть, осуществлялись измерения мощности при различных скоростях ветра для двух типов лопастей. Для обработки данных применялись

методы графического анализа характеристик и расчетные методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В настоящее время в Крыму эксплуатируется 469 ветроэлектрических установок USW56-100 (единичной мощностью 107,5 кВт), установленных на шести ветроэлектрических станциях, которые были выпущены на машиностроительном заводе "Южмаш" г. Днепропетровск по лицензии фирмы "U.S. WindPower" (США). На этом типе ветротурбин установлены штатные лопасти с диаметром ротора 18 м (номер по конструкторской документации: 4-120632-01).



Рис. 1. Мирновская ВЭС из 155-ти ВЭУ USW56-100

Fig. 1. Mirnovsky wind power station from 155 wind turbines USW56-100

Опыт эксплуатации ветроэлектростанций, состоящих из ВЭУ USW56-100 свидетельствует о том, что существующие штатные лопасти 4-120632-01 имеют ряд недостатков:

- недостатки в конструкции и технологии изготовления лопастей из-за низкой прочности соединения стеклопластиковой части лопасти с металлической вставкой, приводящие к сползанию стеклопластиковой лопасти с металлической вставки и преждевременному выходу лопастей из строя;

- при аварийном обрыве шарнирного соединения происходит забой задней кромки лопасти (за счет не контролируемого вращения лопасти вокруг своей оси и соударения ее о технологическую площадку ВЭУ);

- имеющийся аэродинамический профиль лопасти позволяет начать работу ВЭУ только с 6-7 м/с, что снижает выработку электроэнергии ВЭУ, эксплуатируемых в районе размещения ВЭС;

- в ходе эксплуатации требуется частый ремонт или замена вышедших из строя лопастей, что отрицательно сказывается на экономических показателях ВЭС.

Эти недостатки подтверждаются в заключительном отчете Национальной лаборатории "Sandia" (США), которая испытывала новые улучшенные лопасти тип ERS-100, разработанные фирмой "TPI Composites, Inc." для ветротурбины USW56-100 [14].

Для исключения выявленных недостатков были разработаны и испытаны на Мирновской ВЭС новые лопасти (номер по конструкторской документации: 0000.1000.00.0) с диаметром ротора 22 м. Сложность их разработки заключалась в том, что они должны эксплуатироваться в составе серийной ветротурбины, основные элементы конструкции которой (ступица, трансмиссия, генератор, механизм разворота лопастей и др.) рассчитаны на нагрузки, создаваемые ротором ВЭУ с диаметром ротора 18 м (со штатными лопастями), а увеличение диаметра могло бы привести к увеличению нагрузок на составные элементы ветротурбины и преждевременному выходу их из строя. Поэтому с увеличением диаметра ротора, была уменьшена длина хорды профилей новой лопасти, при этом были изменены аэродинамические характеристики ротора ВЭУ

USW56-100. В соответствии с полученными расчетными аэродинамическими характеристиками увеличение выработки электроэнергии должно было составить 20-25%, без увеличения нагрузок на элементы ветротурбины. Также для уменьшения нагрузок, согласно расчетов, угол установки лопастей должен соответствовать “ -20° ” в положении лопастей «мощность».

Для исследования характеристик ВЭУ USW56-100 с новыми лопастями с диаметром ротора 22 м и со штатными лопастями с диаметром ротора 18 м на Мирновской ВЭС были проведены экспериментальные исследования энергетических характеристик в составе и при условиях работы действующей ветроэлектрической станции.

Экспериментальные исследования обоих типов лопастей были проведены на одной ветротурбине в полном соответствии с требованиями нормативного документа [15], а полный отчет об этих исследованиях представлен в [16].

Процесс генерирования электроэнергии с использованием энергии ветра представляет собой сложный стохастический процесс, обусловленный порывами ветра. Осциллограмма активной и реактивной мощностей в режиме генерирования электроэнергии ветротурбиной USW56-100, за период времени 10 мин., показана на рис. 2, где мощность представлена в условных единицах (за единицу принята номинальная мощность ВЭУ).

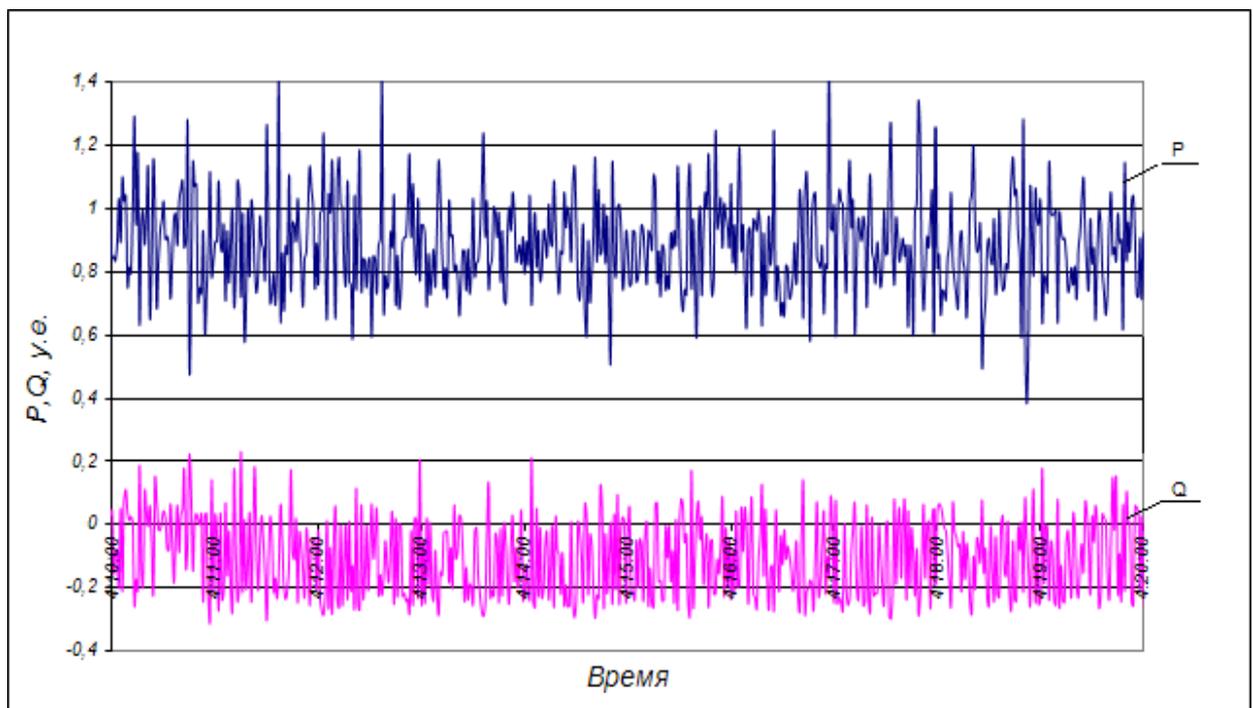


Рис.2. Осциллограмма активной и реактивной мощностей в режиме генерирования электроэнергии ветротурбиной USW56-100

Fig. 2. Oscillogram of active and reactive power in the mode of generating electricity by the wind turbine USW56-100

Для получения энергетических характеристик ВЭУ (график рассеивания, кривой мощности и коэффициента мощности, годовой выработки электроэнергии и др.), с учетом особенностей стохастического процесса генерирования, нормативным документом [15] определена методика проведения этих исследований.

В соответствии с этой методикой, данные собирались и постоянно сохранялись с частотой мгновенных значений 1 Гц. Полученные массивы метеорологических данных мгновенных измерений: скорости ветра, температуры,

атмосферного давления, влажности, а также электрических: активной мощности, тока и напряжения на клеммах генератора, были нормированы и приведены к эталонной атмосфере ISO (1,225 кг/м³), согласно требования п. 5.1. [15]. Наборы отобранных данных были отсортированы, используя процедуру "метода бинов" по вышеуказанной методике. Наборы отобранных данных охватывали диапазоны скорости ветра от 1 м/с ниже скорости включения ветротурбины (то есть, от 4 м/с) до 1,5 скорости ветра, которая соответствовала 85% номинальной мощности ВЭУ (то есть, до 15 м/с). Весь диапазон скоростей ветра

был разбит на соседние бины по 0,5 м/с и процентрирован по целому кратному 0,5 м/с.

Собранная база данных является полной и удовлетворяет следующим критериям в соответствии с [15]:

- каждый бин включает как минимум 30 минут собранных данных;
- общая продолжительность периода измерений включает как минимум 180 часов функционирования ветротурбины в пределах диапазона скорости ветра.

Для сортировки отобранной первичной базы данных по процедуре "метода бинов", сначала она была разбита на 10-ти минутные периоды в соответствии с общепринятой методикой [15]. По каждому 10-мин. периоду для всех измеренных параметров были получены статистические

характеристики (среднее значение, стандартное отклонение, максимальное и минимальное значения). Графики рассеивания полученных экспериментальных точек статистических, энергетических характеристик ВЭУ USW56-100 с диаметром ротора 18 м (штатные лопасти) представлен на рис. 3, а с диаметром ротора 22 м (новые, экспериментальные лопасти) – на рис. 4.

Для получения данных, по которым была построена кривая мощности испытуемой ветроэлектрической установки, были рассчитаны средние значения нормированной скорости ветра и средние значения выходной мощности, а также их стандартные отклонения для каждого бина по следующим формулам

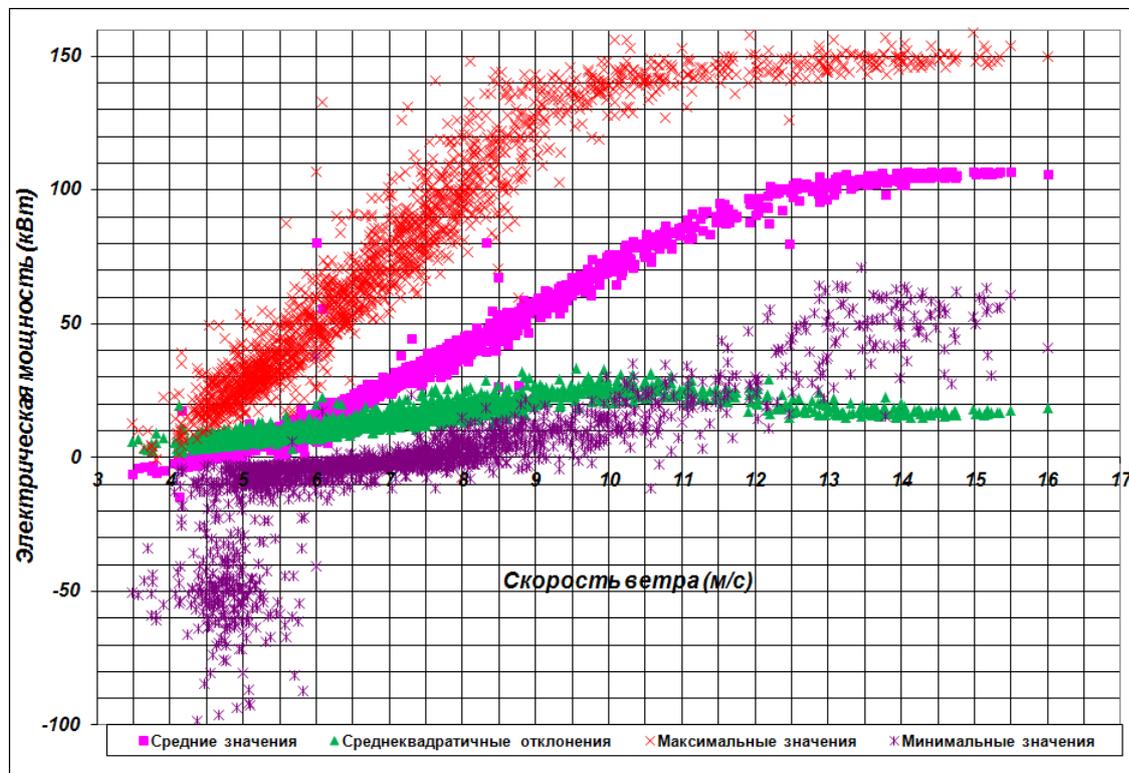


Рис.3. График рассеивания экспериментальных точек энергетических характеристик ВЭУ USW56-100 с диаметром ротора 18 м (штатные лопасти)

Fig. 3. The scatter plot of experimental points of the energy characteristics of wind turbines USW56-100 with a rotor diameter of 18 m (standard blades)

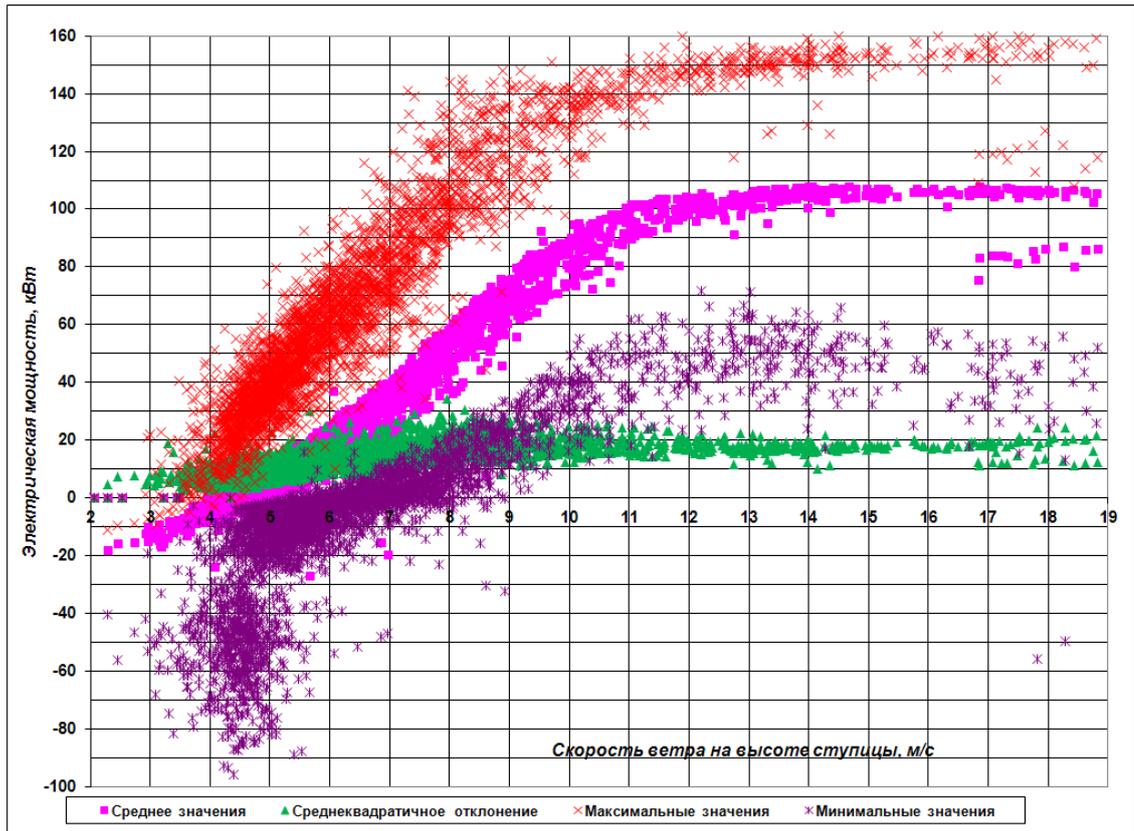


Рис.4. График рассеивания экспериментальных точек энергетических характеристик ВЭУ USW56-100 с диаметром ротора 22 м (новые лопасти)

Fig. 4. The scatter plot of experimental points of the energy characteristics of wind turbines USW56-100 with a rotor diameter of 22 m (new blades)

$$V_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} V_{n,i,j}, \quad (1)$$

$$P_i = \frac{1}{N_i} \sum_{j=1}^{N_i} P_{n,i,j}, \quad (2)$$

где: V_i , P_i – скорость ветра и активная мощность в i -том бине, который нормирован и усреднен; $V_{n,i,j}$, $P_{n,i,j}$ – нормированная скорость ветра и мощность j -того набора данных в i -том бине; N_i – количество 10-минутных наборов данных в i -м бине.

Также была определена кривая коэффициента мощности C_p в соответствии со следующим уравнением

$$C_{P,i} = \frac{P_i}{\frac{1}{2} \rho_0 A V_i^3}, \quad (3)$$

где $C_{P,i}$ – средний коэффициент мощности в i -ом бине;

V_i , P_i – нормированная скорость ветра и выходная мощность в i -ом бине, которые были усреднены;

A – ометаемая площадь ротора ветротурбины;

ρ_0 – относительная плотность воздуха (1,225 кг/м³).

Полученные кривые мощности и кривые коэффициентов мощности для двух типов лопастей (штатным и новым) по результатам экспериментальных исследований и рассчитанные по формулам (1)–(3) показаны на рис. 5 и 6.

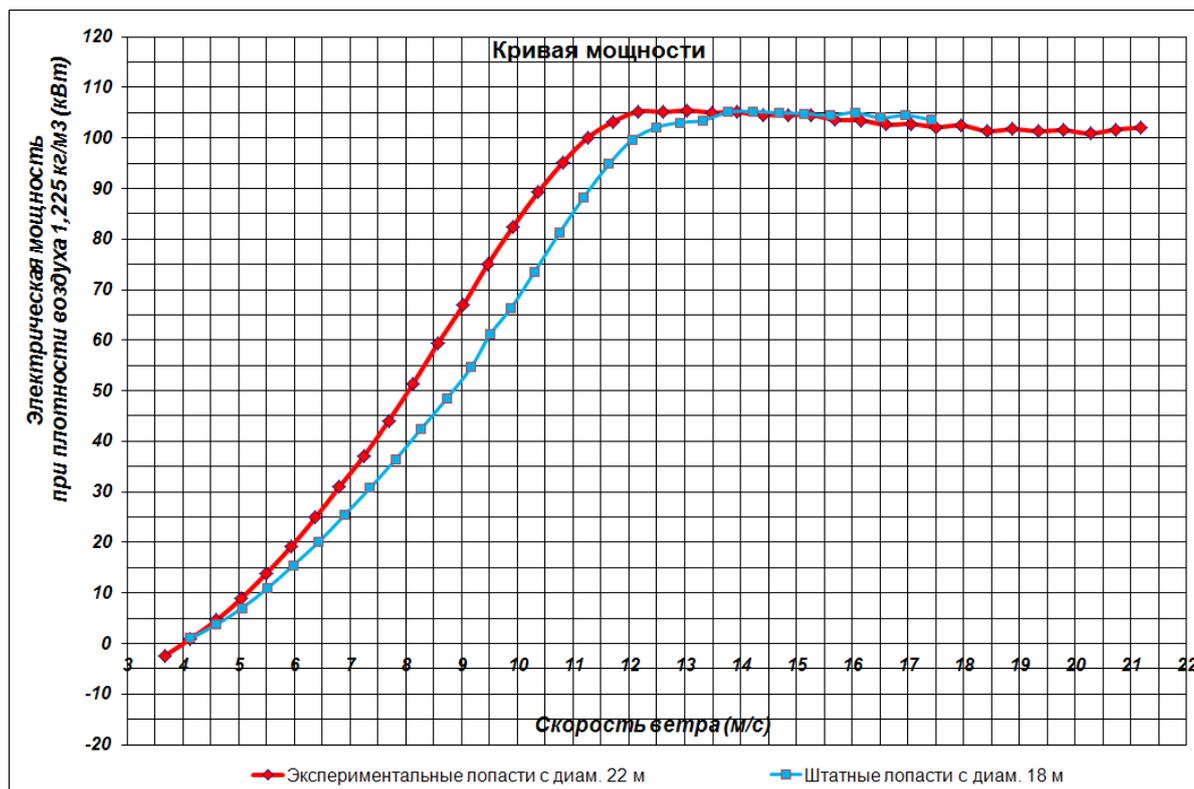


Рис.5. Кривые мощности ВЭУ USW56-100 с новыми лопастями с диаметром ротора 22 м и со штатными лопастями с диаметром ротора 18 м

Fig. 5. Power curves of USU56-100 wind turbines with new blades with a rotor diameter of 22 m and with standard blades with a rotor diameter of 18 m

Анализируя полученные экспериментальным путем кривые мощности для штатной лопасти 4-120632-01 с диаметром ротора 18 м и для новой лопасти 0000.1000.00.0 с диаметром ротора 22 м можно установить, что по данным оценки годовой выработки электроэнергии, энергетические характеристики у новой лопасти лучше по сравнению со штатной лопастью на 22–24%. В диапазоне средних скоростей ветра 7,5–11,5 м/с среднее увеличение выходной мощности составляет 10–14 кВт, при этом относительное среднее увеличение выходной мощности составляет примерно 25 % для ветров 5–8 м/с и

примерно 15 % для ветров 9–11 м/с. Таким образом, полученное экспериментальным путем увеличение прогнозной выработки электроэнергии на 22–24% ветротурбины USW56-100 с новыми лопастями 0000.1000.00.0 с диаметром ротора 22 м, подтверждает расчетную прогнозную выработку электроэнергии на величину 20-25%. Достоверность полученных данных энергетических характеристик как для штатных лопастей 4-120632-01, так и новых лопастей 0000.1000.00.0 базируется на большом и примерно одинаковом количестве измерений.

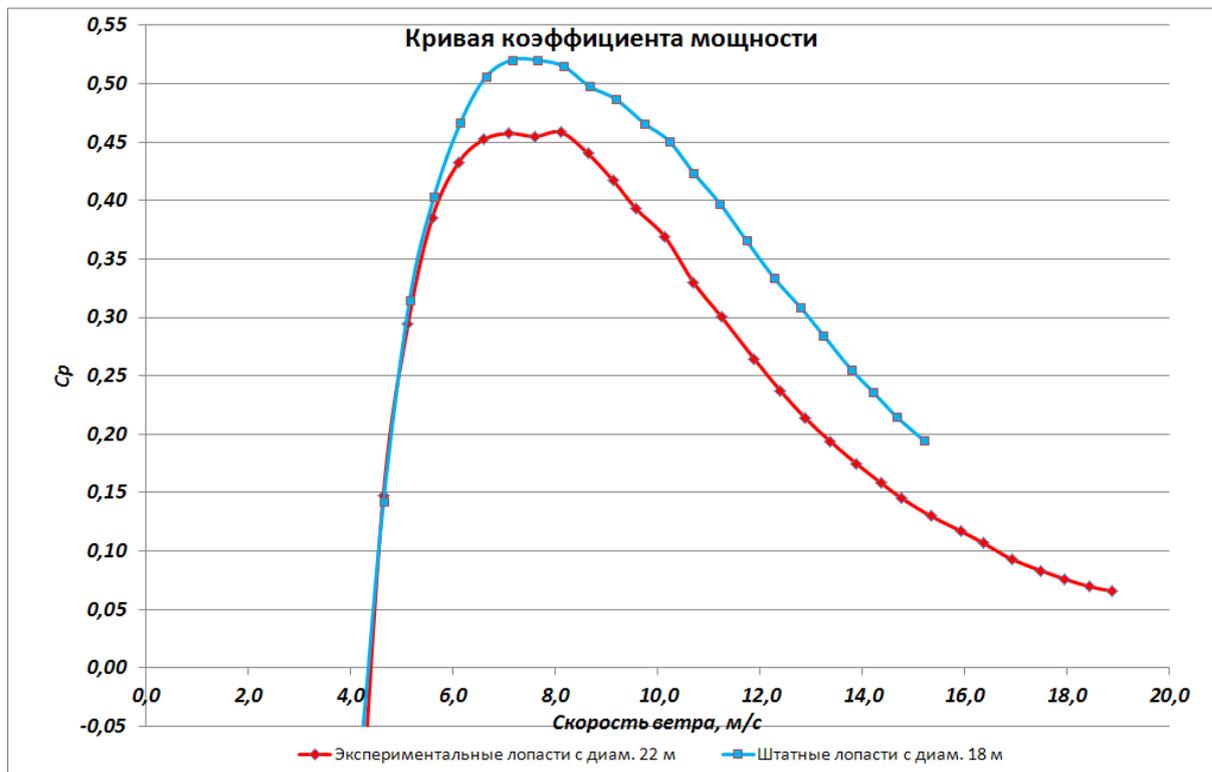


Рис.6. Кривые коэффициентов мощности ВЭУ USW56-100 с новыми лопастями с диаметром ротора 22 м и со штатными лопастями с диаметром ротора 18 м

Fig. 6. Power factor curves for USW56-100 wind turbines with new blades with a rotor diameter of 22 m and with standard blades with a rotor diameter of 18 m

Анализируя приведенные характеристики кривых коэффициентов мощности для штатной и для новой лопасти можно установить, что аэродинамические характеристики новой лопасти несколько хуже штатной лопасти, так как максимальное значение коэффициента лопасти у штатной лопасти составляет 0,52, тогда как у новой – 0,46. Однако ухудшение аэродинамических характеристик компенсируется увеличенным диаметром ротора, что подтверждается мощностными характеристиками, которые свидетельствуют о большей производительности новых лопастей. Ухудшение аэродинамических характеристик было заложено при их расчете путем уменьшения длины хорды профилей новой лопасти. Как отмечено выше, это было необходимо, для того чтобы не увеличивать механические и электрические нагрузки на элементы ветротурбины.

Приведенные характеристики на рис. 5 и 6 получены при угле установки лопастей $+2^{\circ}$, который был выбран как оптимальный при проведении экспериментальных исследований новых лопастей при различных углах установки.

На рис. 7 показаны мощностные характеристики новой лопасти с диаметром ротора

22 м: расчетная, и экспериментально полученные при различных углах установки: -2° , 0° , $+2^{\circ}$.

Сравнение полученных экспериментальным путем кривых мощностей для различных углов проведем с расчетной характеристикой при угле установки -2° , так как этот угол был принят за основной при работе ветротурбины USW56-100 из соображения безопасности ее работы, по причине, изложенной выше. Анализируя полученные графики кривых мощности на рис. 7 можно сделать следующие выводы:

1. Средние значения электрической мощности при угле установки -2° , полученные при проведении экспериментальных исследований при средней скорости ветра до 7,5 м/с, практически полностью соответствуют рассчитанным аэродинамическим характеристикам.

2. Расхождение экспериментальных данных от расчетных при угле установки -2° наблюдается на средних скоростях ветра начиная с 7,5 м/с и выше и составляет 18-22 % от номинальной мощности ветротурбины. Такое расхождение является очень большим и значительно превышает допустимые величины расхождений при проведении экспериментальных исследований. Оно также наблюдается при угле установки 0° на средних скоростях ветра начиная с 9 м/с и выше.

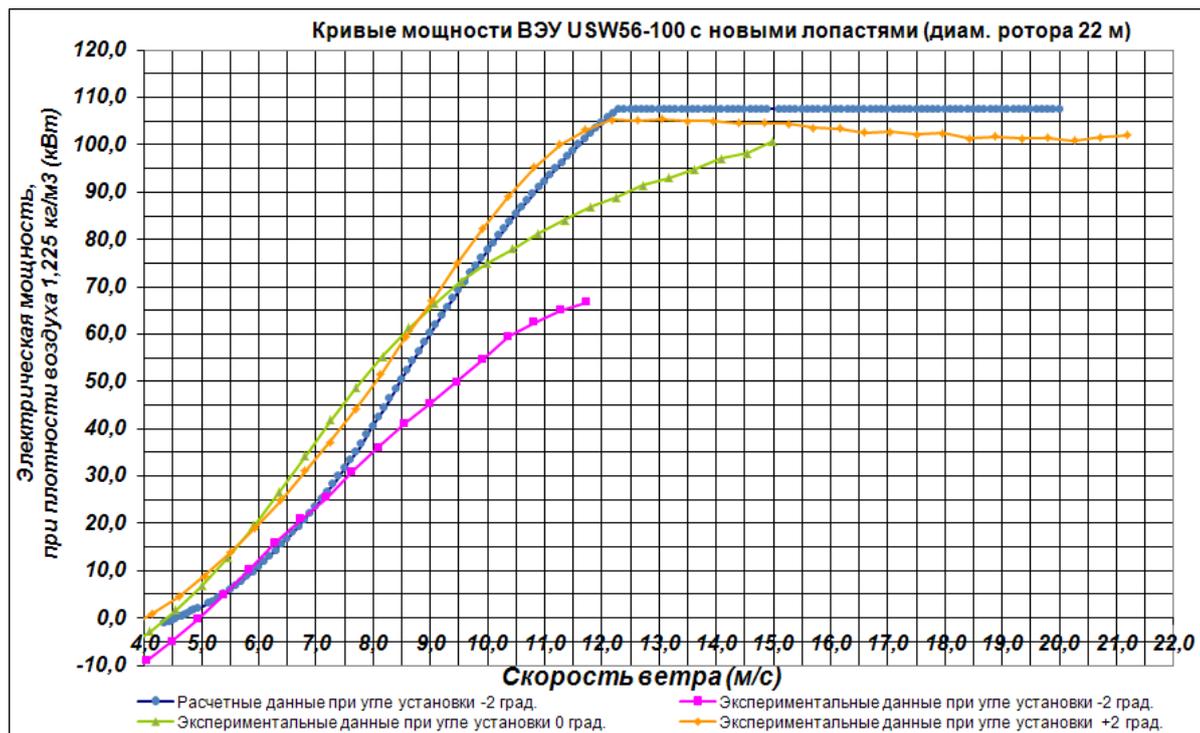


Рис.7. Кривые мощности ВЭУ USW56-100 с новыми лопастями с диаметром ротора 22 м при различных углах установки

Fig. 7. Power curves of wind turbines USW56-100 with new blades with a rotor diameter of 22 m at various installation angles

3. Учитывая, что отклонение экспериментальных данных от расчетных при углах установки -2° и 0° растет при уменьшении выходной мощности в зависимости от увеличения средней скорости ветра в диапазоне от 7,5 м/с и выше, можно предположить, что с увеличением скорости ветра и силы лобового давления увеличивается изгиб лопасти, который, по мнению авторов, приводит к ее незапланированному кручению в сторону отрицательных углов установки из-за недостаточной жесткости конструкции лопасти. Таким образом, при увеличении скорости ветра выше 7,5 м/с при угле установки -2° и скорости ветра выше 9 м/с при угле установки 0° возрастает угол установки лопастей в отрицательную сторону, и чем выше скорость ветра, тем больше отрицательный угол. При этом наблюдается режим автоограничения, который и приводит к снижению выходной мощности. Эффект влияния упругих деформаций на угол установки новых лопастей уменьшается при уменьшении скорости ветра, а также при увеличении угла установки лопастей в сторону положительных значений и практически исчезает при угле установки $+2^{\circ}$. Сам эффект изменения угла установки от упругих деформаций лопасти является положительным, так как позволяет ограничивать мощность ВЭУ даже без системы

поворота лопастей, однако при этом эффект автоограничения выходной мощности не должен проявляться на скоростях ветра меньших скорости ветра соответствующей выработки номинальной мощности.

4. Анализ энергетических характеристик ВЭУ USW56-100 с новыми лопастями при угле установки $+2^{\circ}$, полученных по общепринятому методу бинов и теоретически рассчитанных при угле установки -2° , по данным аэродинамических характеристик ротора ветротурбины, свидетельствует, что характеристики, полученные при проведении экспериментальных исследований при средних скоростях ветра до 10,5 м/с, несколько лучше, чем рассчитанные, что обусловлено различными углами установки. Однако эти расхождения вполне допустимы при выполнении подобного расчета и при проведении подобных экспериментов, так как их значение не превышает 10% от номинальной мощности.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что полученные кривые мощности для штатной лопасти 4-120632-01 с диаметром ротора 18 м и для новой лопасти 0000.1000.00.0 с

диаметром ротора 22 м при угле установки $+2^{\circ}$ свидетельствуют о том, что мощностная характеристика новой лопасти значительно лучше мощностной характеристики штатной лопасти. Так в диапазоне средних скоростей ветра 7,5–11,5 м/с, среднее увеличение выходной мощности составляет 10–14 кВт, при этом относительное среднее увеличение выходной мощности составляет примерно 25 % для ветров 5–8 м/с и примерно 15 % для ветров 9–11 м/с. Достоверность данных базируется на большом и примерно одинаковом количестве измерений.

Также в результате проведенных экспериментальных исследований были получены энергетические характеристики, которые свидетельствуют о том, что новые экспериментальные лопасти 0000.1000.00.0 с диаметром ротора 22 м при угле установки лопастей $+2^{\circ}$ дают увеличение прогнозной выработки электроэнергии на 22-24%, что подтверждает расчетные характеристики.

При испытаниях новых лопастей с диаметром ротора 22 м было выявлено значительное влияние упругих деформаций на угол установки лопастей. Деформация приводит к изменению угла установки лопастей в сторону отрицательных углов, при этом чем выше скорость ветра, тем больше меняется угол. Из приведенных данных видно, что для компенсации деформаций лопасти и обеспечения расчетного значения мощности в процессе работы ВЭУ, необходимо при изготовлении лопастей калибровать их на угол установки $+2^{\circ}$.

Перспектива проведения дальнейших исследований заключается в изучении и применении на практике методики разработки и изготовления новых лопастей, изучении эффекта упругих деформаций, который приводит к изменению угла установки лопастей в зависимости от нагрузок, воздействующих на них. Так как применение этого эффекта в изготавливаемых лопастях позволит отказаться от механизма изменения угла установки лопастей при конструировании ветротурбин, то это повысит надежность и эффективность работы ветротурбин, снизит их стоимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мингалеева Р.Д., Бессель В.В. Методика оценки суммарной мощности ветроэлектростанции // Территория нефтегаз. 2014. №9. С. 84 – 88.
2. Тарасов А.С., Калинин В.Ф. Ветроэнергетика как альтернативный источник энергии в мировом сообществе // Технические науки – от теории к практике. 2015. № 45. С. 60 – 65.
3. Цопа Н. Особенности управления энергосбережением в инвестиционно-строительном комплексе // Строительство и техногенная безопасность. 2016. № 2 (54). С. 54 – 59.
4. Башта А.И. Влияние роста уровня внедрения инновационных технологий в

рекреационной системе на увеличение производства возобновляемой энергии в общем энергетическом бюджете региона // Строительство и техногенная безопасность. 2011. № 40. С. 101 – 105.

5. Киселева С.В., Гридасов М.В., Голубева Е.И. Элементы мониторинга для оценки потенциала развития ветроэнергетики в России // Вестник РАЕН. 2012. Т. 12. № 6. С. 41 – 48.

6. Елистратов В.В., Дюльдин М.В., Столяров Н.В., Сливканич М.А. Измерение характеристик ветрового потока установкой СОДАР для определения ветроэнергетических ресурсов // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. 2014. № 11 (151). С. 21 – 28.

7. Фатеев Е.М. Ветро двигатели и ветроустановки. Москва: ОГИЗ – СЕЛЬХОЗГИЗ. 1948. 546 с.

8. Сафонов Ю.А. Анализ современных конструктивных решений и исследований в области разработок ВЭС // Известия Горского государственного аграрного университета. 2013. Т. 50. № 1. С. 183 – 188.

9. Гарипов М.Г. Ветроэнергетика // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Том 16. № 2. С. 64 – 66.

10. Хозяинов Б.П., Березин М.А. Ветроэнергетика. Аэродинамика установки с вертикальной осью ветротурбины: [монография]. Кемерово: КузГТУ. 2009. 283 с.

11. Степанчук Г.В., Моренко К.С. Двухроторные электрические генераторы для ветроустановок // Вестник аграрной науки Дона. 2011. Т. 2. № 14. С. 65 – 73.

12. Галушак В.С., Хавроничев С.В., Бахтияров К.Н. Типовая ветроэлектростанция для нижнего Поволжья (на примере Камышинской ВЭС) // Вестник аграрной науки Дона. 2015. Т. 1. № 29. С. 66 – 77.

13. Дементьев Ю.Н., Марагин К.А. Оценка эффективности применения ветроэлектростанции // Сборник научных трудов SWorld. 2013. Т. 7. № 4. С. 38 – 42.

14. Blade Manufacturing Improvements Development of the ERS-100 Blade. Final Project Report - prepared by TPI Composites, Inc., prepared for Sandia National Laboratories Contract – AX-2111A. 373 Market Street Warren, RI 02885. 2001. 53 p.

15. International Standard. Power performance measurements of electricity producing wind turbines: IEC 61400-12-1 [First edition 2005-12]. International Electrotechnical Commission. 2005. 90 p.

16. Проведение испытаний ветряной турбины USW56-100 для определения ее энергетических характеристик с новыми экспериментальными лопастями 0000.1000.00.0 с диаметром ротора 22 м на Мирновской ВЭС. Отчет о НИР / [А.И. Даниленко, В.В. Долюк, Д.А. Трусов, и др.]; ГП ЭТУ "Водэнергоремналадка" Госводхоза Украины. Киев. 2012. 133 с. Госуд. регистр. № 0111U009982.

REFERENCES

1. Mingaleeva R.D., Bessel' V.V. Method of estimating the total power of a wind power station. *Territoriya neftegaz*. 2014. No 9, pp. 84 – 88. (In Russian).
2. Tarasov A.S., Kalinin V.F. Wind energy as an alternative source of energy in the global community. *Tekhnicheskie nauki – ot teorii k praktike*. 2015. No. 45, pp. 60 – 65. (In Russian).
3. TSopa N. Features of energy management in the investment and construction complex. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. 2016. No. 2 (54), pp. 54 – 59. (In Russian).
4. Bashta A.I. The impact of the increase in the level of introduction of innovative technologies in the recreational system on the increase in the production of renewable energy in the overall energy budget of the region. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. 2011. No. 40, pp. 101 – 105. (In Russian).
5. Kiseleva S.V., Gridasov M.V., Golubeva E.I. Monitoring elements for assessing the potential for wind energy development in Russia. *Vestnik RAEN*. 2012. T. 12. No. 6, pp. 41 – 48. (In Russian).
6. Elistratov V.V., Dyul'din M.V., Stolyarov N.V., Slivkanich M.A. Measurement of wind flow characteristics by a SODAR installation for determining wind energy resources. *Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal Al'ternativnaya ehnergetika i ehkologiya*. 2014. No 11 (151), pp. 21 – 28. (In Russian).
7. Fateev E.M. *Vetrodvigateli i vetroustanovki* [Wind engines and wind turbines]. Moskva: OGIKZ – SEL'KHOZGIZ. 1948. 546 p.
8. Safonov YU.A. Analysis of modern design solutions and research in the field of wind turbines development. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2013. T. 50. No 1, pp. 183 – 188. (In Russian).
9. Garipov M.G. Wind power. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013. T. 16. No 2, pp. 64 – 66. (In Russian).
10. KHozyainov B.P., Berezin M.A. *Vetroehnergetika. Aehrodinamika ustanovki s vertikal'noj os'yu vetroturbiny* [Wind power. Aerodynamics of installation with a vertical axis of the wind turbine]. Kemerovo: KuzGTU. 2009. 283 p.
11. Stepanchuk G.V., Morenko K.S. Two-rotor electric generators for wind turbines. *Vestnik agrarnoj nauki Dona*. 2011. T. 2. No. 14, pp. 65 – 73. (In Russian).
12. Galushhak V.S., KHavronichev S.V., Bakhtiyarov K.N. Typical wind power station for the lower Volga region (on the example of Kamyshinsky wind power station). *Vestnik agrarnoj nauki Dona*. 2015. T. 1. No. 29, pp. 66 – 77. (In Russian).
13. Dement'ev YU.N., Maragin K.A. Evaluation of the effectiveness of the use of wind power station. *Sbornik nauchnykh trudov SWorld*. 2013. T. 7. No. 4, pp. 38 – 42. (In Russian).
14. Blade Manufacturing Improvements Development of the ERS-100 Blade. Final Project Report - prepared by TPI Composites, Inc., prepared for Sandia National Laboratories Contract – AX-2111A. 373 Market Street Warren, RI 02885. 2001. 53 p.
15. International Standard. Power performance measurements of electricity producing wind turbines: IEC 61400-12-1 [First edition 2005-12]. International Electrotechnical Commission. 2005. 90 p.
16. Testing USW56-100 wind turbine to determine its energy characteristics with new experimental blades 0000.1000.00.0 with a rotor diameter of 22 m at Mirnovskaya Wind power station. Research report / [A.I. Danilenko, V.V. Dolyuk, D.A. Trusov, i dr.]; GP EHTU "Vodehnergoremnaladka" Gosvodkhoza Ukrainy. Kiev. 2012. 133 p. Gosud. registr. № 0111U009982.

ANALYSIS OF ENERGY CHARACTERISTICS OF WIND TURBINES USW 56-100 WITH NEW AND STAFFED BLADES ON TEST RESULTS IN COMPOSITION OF MIRNOVSKY WIND POWER STATION

A.I. Danilenko, E.A. Bekirov, S.N. Voskresenskaya, A. Al'kaata

Abstract. A list of the flaws of the standard blades used on wind power turbines USW56-100 is presented. He justifies the need to develop other blades. An oscillogram is presented showing the generation of electricity by a wind turbine used in experimental studies. Measurements and calculations of the minimum, maximum and average values of electrical power generated when installing regular blades with a diameter of 18 meters and new ones with a diameter of 22 meters, as well as mean square deviations of the results, are carried out. The analysis of power curves and power factor curves for the two specified cases was carried out.

Subject: The study was conducted in the field of wind energy. It is aimed at analyzing the operation of wind turbines with two different types of blades, since the standard blades have several disadvantages.

Key words: wind power station, wind turbin, blade, power, power factor curve, wind speed.

УДК 004.457; 621.383; 620.91

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КРОВЕЛЬНОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ ЭНЕРГСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Панченко В.А.

*Российский университет транспорта (МИИТ), 127994, г. Москва, ул. Образцова, tu@miit.ru**Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 5, vim@vim.ru*

Аннотация. Солнечная кровельная панель выполняет как строительно-защитную функцию, так и электрогенерирующую. В состав подложки такого солнечного модуля входит вторичное сырьё, что положительно сказывается на экологии. Наряду с представленными функциями солнечная кровельная панель имеет приятный эстетичный внешний вид, что нельзя сказать о стандартных планарных солнечных модулях. Однако во время эксплуатации как стандартных солнечных модулей, так и кровельных солнечных панелей происходит перегрев солнечных элементов и выработка электричества снижается. Для увеличения электрической эффективности и получения также тепловой энергии в виде тёплой воды на выходе предложено создание теплофотоэлектрической кровельной панели. Для этой цели в представленной статье рассмотрена методика создания трёхмерных моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей в системе автоматизированного проектирования КОМПАС 3D. В качестве примера использования методики представлена разработанная солнечная кровельная теплофотоэлектрическая панель. Созданные трёхмерные модели сборок солнечных теплофотоэлектрических модулей в дальнейшем могут проходить различные испытания в системах конечно-элементного анализа (Ansys) с целью оптимизации конструкции и уточнения различных эксплуатационных параметров. В качестве примера реализации разработанной методики представлен процесс визуализации теплового режима работы водяного радиатора солнечного теплофотоэлектрического модуля, модель которого создана в системе автоматизированного проектирования. В результате расчётов в программном комплексе конечно-элементного анализа Ansys по разработанной методике можно делать выводы о целесообразности созданной конструкции с дальнейшим её редактированием, визуализировать тепловые поля и линии тока охлаждающего радиатора агента. Также в статье предложена методика изготовления прототипа корпуса солнечной кровельной панели, изготавливаемой с помощью аддитивных технологий, что позволит значительно снизить затраты на первоначальном этапе создания опытного образца ввиду возможности оперативных изменений трёхмерной модели с последующей печатью изменённой и оптимизированной модели.

Объект исследования: эффективность теплофотоэлектрического преобразования солнечного излучения с помощью кровельных солнечных панелей.

Предмет исследования: теплофотоэлектрическая кровельная панель, для создания которой разработаны методики проектирования конструкции и исследования тепловых режимов работы.

Материалы и методы: для создания методик применялись система автоматизированного проектирования КОМПАС 3D, система конечно-элементного анализа ANSYS и слайсер 3D принтера.

Результаты: результатом исследований является возможность создания, исследования тепловых процессов и изготовления подложки с помощью аддитивных технологий теплофотоэлектрической кровельной панели.

Выводы: при использовании разработанных теплофотоэлектрических кровельных панелей электрическая эффективность преобразования солнечной энергии увеличивается, общая эффективность модуля растёт за счёт добавления тепловой составляющей, срок номинальной мощности модуля увеличивается за счёт применения полисилоксанового компаунда, отрицательное воздействие на экологию уменьшается ввиду использования вторичного пластика, а привлекательность использования таких панелей увеличивается за счёт эстетичного внешнего вида и возможности их использования в качестве строительно-защитного материала.

Ключевые слова: кровельная солнечная панель, система автоматизированного проектирования, система конечно-элементного анализа, солнечный теплофотоэлектрический модуль, увеличенный срок службы, аддитивные технологии

ВВЕДЕНИЕ

Кровельная солнечная панель представляет собой черепицу стандартной формы, изготовленную из вторичного сырья (полиэтиленовые бутылки или стрейч-пленка и связующие компоненты), что удешевляет

изготовление и благоприятно сказывается на экологии. В состав солнечной черепицы [1 – 3] также входят солнечные элементы, находящиеся в полисилоксановом компаунде, который увеличивает срок их номинальной мощности [4, 5] и которые работают совместно с дополнительно установленным концентратором (в концентраторном исполнении).

Для реализации идеи солнечной кровельной панели разработаны двухмерные и трёхмерные модели подложек планарной и концентраторной

черепиц в системе автоматизированного проектирования (рисунок 1).

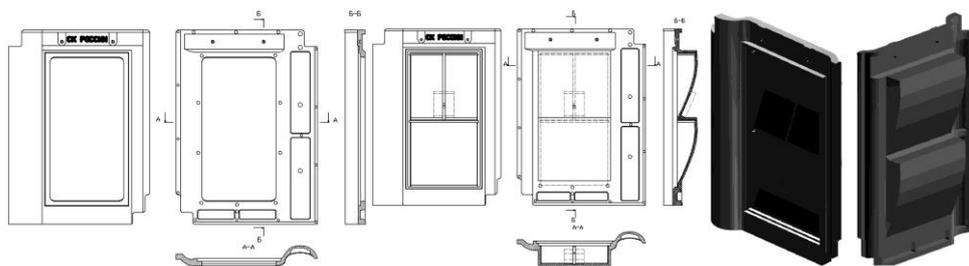


Рис. 1. Двумерные и трёхмерные модели подложек кровельных солнечных панелей в концентраторном (посередине и справа) и планарном (слева) исполнениях, реализованные в системе автоматизированного проектирования

Fig. 1. Two-dimensional and three-dimensional models of substrates of roof solar panels in the concentrator (middle and right) and planar (left) designs implemented in the CAD system

Использование концентраторов в кровельной солнечной панели позволяет снизить расход полупроводникового материала и уменьшить стоимость самого модуля [3, 6]. Корпус кровельной солнечной панели может быть выполнен как из ударопрочной пластмассы, так и из керамики или смеси песка и вторичной пластмассы. Внутренние полости корпуса отформованы для размещения защитного покрытия для полупараболоцилиндрических зеркальных отражателей, отклоняющей оптической системы и приёмников из скоммутированных солнечных элементов. Защитное покрытие также может быть выполнено в виде оптической отклоняющей системы, а зеркальные отражатели – из плоских зеркальных стеклянных facets, плоскости которых параллельны фокальной оси.

В концентраторном исполнении размеры приёмника обосновывались величиной концентрации солнечного излучения, которая по

тепловому состоянию работы приёмника не должна превышать 5 крат при воздушном охлаждении солнечных элементов. При размерах фотоэлектрического приёмника концентраторной солнечной панели 40 x 160 мм и размере единичного элемента 40 x 40 мм (4 солнечных элемента в секции приёмника, соединённые параллельно для увеличения силы электрического тока), теоретическая концентрация солнечного излучения на фотоэлектрическом приёмнике составила около 4 крат.

В результате совместной работы с ООО "Кровельное производство" г. Анапа по разработанным двумерным и трёхмерным моделям подложек солнечной кровельной панели изготовлена пресс-форма для изготовления подложек концентраторных солнечных панелей, а затем и опытная партия образцов этих подложек для последующей сборки с солнечными модулями для двух типов (рисунок 2).



Рис. 2. Кровельные солнечные панели в концентраторном и планарном исполнениях, изготовленные по трём разработанным технологиям

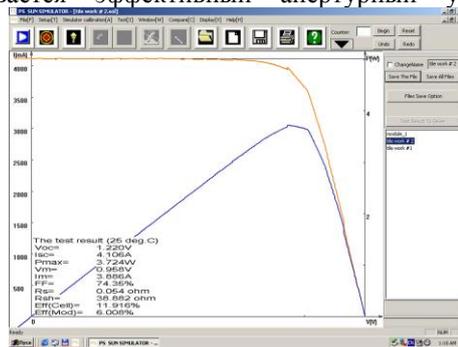
Fig. 2. Roofing solar panels in concentrator and planar versions, manufactured using three developed technologies

Коммутация солнечных кровельных панелей между собой производится последовательно для

получения большого напряжения на выходе, где напряжение каждой панели составляет 1 – 1,2 В. В

коммутационной коробке предусмотрен диод Шоттки, а на выходе установлена пара герметичных пластиковых штекеров МС 4. При монтаже панели крепятся на деревянную балку двумя саморезами каждая, покрывая часть последующей черепицы и образуя, таким образом, замок.

Кровельные концентраторные солнечные панели устанавливаются на южном скате крыши здания под двумя возможными углами – для максимальной выработки в летние месяцы или для максимальной выработки в зимние месяцы года [2]. При использовании дополнительной призматической оптической отклоняющей системы увеличивается эффективный апертурный угол



солнечного модуля с концентратором, продолжительность работы в стационарном режиме и уменьшаются косинусные потери. Кровельная концентраторная солнечная панель работает в стационарном режиме без слежения за Солнцем и собирает на приёмнике прямую и диффузную солнечную радиацию в пределах апертурного угла.

На рисунке 3 представлены вольтамперные характеристики разработанной и изготовленной солнечной кровельной панели в планарном исполнении, изготовленной по технологии капсулирования солнечных элементов полисилоксановым компаундом (рисунок 3).

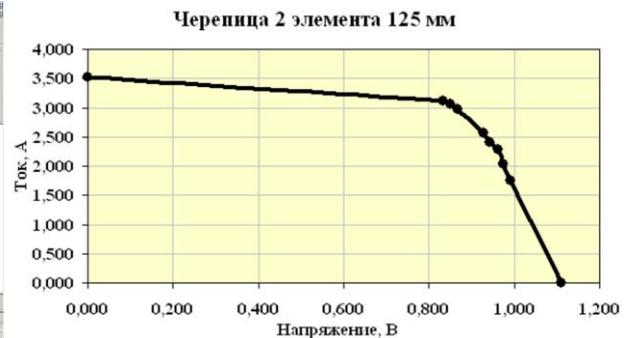


Рис. 3. Лабораторная вольтамперная характеристика (слева) разработанной солнечной кровельной панели в планарном исполнении, изготовленной по технологии капсулирования и при натуральных испытаниях (справа)

Fig. 3. Laboratory volt-ampere characteristic (on the left) of the developed solar roof panel in planar version, made by encapsulation technology and in full-scale tests (right)

При температуре окружающей среды около 15 °С температура лицевой поверхности планарной ламинированной кровельной солнечной панели в процессе натуральных испытаний составила 42 °С, тыльной – 34 °С. Температура лицевой поверхности планарной капсулированной кровельной солнечной панели в процессе натуральных испытаний составила 40 °С, тыльной – 32 °С, что

говорит о более благоприятном тепловом режиме работы солнечных элементов в капсулированном солнечном модуле.

В таблице 1 представлены физико-энергетические характеристики разработанных солнечных кровельных панелей двух типов после натуральных испытаний

Таблица 1. Физико-энергетические характеристики разработанных солнечных кровельных панелей в концентраторном и планарном исполнениях (капсулированный и ламинированный)

Table 1. Physical and energy characteristics of the developed solar roof panels in the concentrator and planar versions (encapsulated and laminated)

Показатель	Единица измерения	Величина (в концентраторном/ планарном (капс); (ламин.) исполнениях)
Напряжение холостого хода	В	1,12 / 1,11; 1,08
Рабочее напряжение	В	0,8 / 0,85; 0,83
Ток короткого замыкания	А	2,8 / 3,5; 3,32
Рабочий ток	А	2,53 / 3,06; 3,01

Продолжение таблицы 1
Continuation of table 1

Электрическая мощность	Вт	2 / 2,6; 2,5
Коэффициент заполнения ВАХ	-	0,64 / 0,67; 0,64
Коэффициент концентрации	крат	4 (теор.) 2 (практ.) / -
Температура лиц. и тыл. сторон	°С	- / 40 и 32; 42 и 34
Размеры модуля	мм	420 x 310 x 80 / 420 x 310 x 50
Срок номинальной мощности	лет	40 – 50 / 40 – 50; 20 – 25
Масса модуля	кг	3,5 / 2,3; 2,1

Основываясь на тепловом режиме работы солнечных кровельных панелей, можно сделать вывод о целесообразности применения охлаждения солнечных элементов в виду уменьшения их эффективности с ростом температуры и возможности отвода полезной тепловой энергии в виде тёплой воды. Для таких целей следует разработать теплофотоэлектрический тип солнечных кровельных панелей.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Приёмники солнечных теплофотоэлектрических (photovoltaic thermal - PVT) модулей планарных и концентраторных систем могут иметь различную конструкцию, однако следует отметить, что конструктивные компоненты, применяемые в таких модулях, имеют принципиально схожую структуру. Конструкции таких модулей отличаются сложностью, однако в большинстве вариантов сложность конструкции позволяет добиться максимальной эффективности модуля, которая суммируется из эффективностей электрической части и тепловой, вклад которых в общую эффективность можно варьировать в зависимости от необходимости, однако зачастую при увеличении электрической эффективности уменьшается тепловая и наоборот. Основной задачей современных исследований является поиск оптимального варианта конструкции, при котором общая эффективность модуля будет максимальной.

В работе [7] подробно рассмотрен PVT-модуль с трубчато-листовым теплообменником. Основным недостатком такого типа PVT-модуля является низкая эффективность преобразования солнечной энергии в тепло в связи с плохим тепловым контактом каналов теплообменника с солнечными элементами и большими тепловыми потерями. Основным недостатком PVT-системы, представленной в публикации [8] следует отметить малый срок службы модуля с использованием этиленвинилацетата в качестве заполнителя по сравнению с полисилоксановым двухкомпонентным гелем, разрабатываемым сотрудниками ВИЭСХ [4, 5]. Также следует отметить большие тепловые потери ввиду плохой

лицевой изоляции от внешней среды. Основной задачей оптимизации конструкции, представленной в публикации [9] является оптимизация размера зазоров с теплопроводящим слоем и охлаждающей жидкостью. При усовершенствовании конструкции теплофотоэлектрического модуля, описанного в публикации [10], где абсорбер изготовлен в виде прямоугольника в сечении, возможно изготовление абсорбера в виде V-образного треугольника, который представлен в публикации [11]. Благодаря такому изменению конструкции уменьшаются тепловые потери, а также возможно изготовление теплофотоэлектрического модуля, как с воздушным, так и жидкостным теплоносителями. Применяя все положительные аспекты конструкций, указанных выше, возможно увеличение общей эффективности PVT-модуля, однако в случаях, когда температура теплоносителя недостаточна по каким-либо причинам целесообразно применение концентраторных параболических систем малой концентрации [12, 13]. На сегодняшний день одной из самых совершенных конструкций с точки зрения коммерциализации, являются модули компании Solimpeks [14]. Однако даже серийно изготавливаемые модули отличаются большой материалоемкостью, массой и, соответственно, стоимостью. К тому же модули выполняются в двух вариантах для различного назначения – максимальной электрической эффективности и максимальной тепловой эффективности, что позволяет усомниться универсальностью данной разработки, так как в любом случае происходит уменьшение одной из составляющих энергоснабжения. Также интересны конструкции теплофотоэлектрических модулей компания Sunsystem [15], которая производит PVT-модули с трубчатым теплообменником.

В работе [16] студенты из Датского технического университета представили PVT-модуль с трубчатым теплообменником, где авторами проведено компьютерное моделирование установки, рассчитана оптимальная конфигурация абсорбера и проведены натурные испытания. В работе [17] рассмотрен плоский фотоэлектрический тепловой коллектор, в котором

приёмником излучения является светопоглощающая пластина с фотоэлементами, а под этой пластиной находятся трубки с циркулирующим теплоносителем. К недостаткам фотоэлектрических тепловых модулей с трубчатыми теплообменниками можно отнести низкую эффективность передачи тепловой энергии за счёт недостаточного теплового контакта абсорбера и подложки фотоэлементов. Для решения этой проблемы в работе [18] представлен фотоэлектрический тепловой модуль, в котором фотоприёмник механически прижат к теплового коллектору без помощи какого-либо монтажного клея.

Для теоретического исследования PVT-модулей широко используется математическое моделирование. Аналитический метод математического моделирования представляет собой некие функции, описывающие зависимость выходных характеристик, различных показателей моделируемого объекта от входных воздействий, внутренних параметров, независимых аргументов и прочего [19, 20]. В основе многих математических моделей PVT-модулей применяются математические модели плоских жидкостных солнечных коллекторов, созданных с учётом специфики фотоэлектрических преобразователей. Флорсчуетз [21], Санднес и Рекстад [22] в своих работах создали математические модели на основе плоского солнечного коллектора Хоттел-Виллера с учётом специфики фотоэлектрической тепловой технологии. В настоящее же время широкое распространение получили PVT-модули с трубчато-листовым теплообменником [23]. В работе [24] проведено экспериментальное исследование эксплуатационных характеристик двух типов PVT-модулей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для осуществления таковых поисковых задач необходимо создание методик, которые позволяли бы на первоначальном этапе создавать такие солнечные теплофотоэлектрические модули различной конструкции в виде трёхмерных моделей, после создания которых, такие модели подлежали бы детальному исследованию тепловых процессов, происходящих в них. Для этой задачи также необходимы методики расчёта, в которых описана последовательность таких тепловых расчётов и визуализаций тепловых процессов, происходящих в модуле при различных условиях.

Результатом моделирования является создание оптимизированной модели солнечного теплофотоэлектрического модуля, который рекомендуется к прототипированию. Однако само прототипирование первичного макета разработанного модуля также требует методики для своей реализации, на основании которой можно создавать различные модули в ускоренном режиме

и с экономией финансовых и материальных средств.

В настоящее время существует ряд программных комплексов, которые в качестве инструмента позволяют создавать как трёхмерные модели объектов, проводить различное моделирование теплового состояния модулей с одновременной визуализацией полученных результатов, так и создавать прототипы таких модулей с помощью аддитивных технологий, затрачивая относительно небольшие ресурсы, что очень важно на первоначальном этапе проектирования. В качестве инструмента создания двумерных и трёхмерных моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей стационарной и мобильной энергогенерации, можно применять системы автоматизированного проектирования, например, программный комплекс компании Аскон – КОМПАС 3D [25], который уже в течение нескольких десятилетий зарекомендовал себя как достойный отечественный инструмент трёхмерного проектирования с полным соответствием единому стандарту конструкторской документации Российской Федерации.

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

В рассматриваемой методике создания моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей разрабатываются конструкции модулей стационарной и мобильной энергогенерации, основными отличиями конструкций которых являются размеры солнечных элементов, количество освещаемых сторон солнечных элементов (одно- и двусторонние) и размеры элементов радиатора из-за различного солнечного потока на лучевоспринимающую поверхность (указанные размеры оптимизируются в программном комплексе Ansys [26]).

Основной же задачей разрабатываемой методики является создание моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей стационарной и мобильной энергогенерации, последовательность выполнения которой будет универсальна для создания широкого спектра таких модулей для различного назначения и различных требований. Разрабатываемая методика создаётся для двух типов солнечных теплофотоэлектрических модулей, которые используются в планарных и концентраторных системах.

Первым типом солнечного теплофотоэлектрического модуля для использования в концентраторной системе является солнечный модуль с двусторонней лучевоспринимающей поверхностью. Количество компонентов, применяемых в таком типе модулей, ограничено необходимостью обеспечения прозрачности обеих наружных лучевоспринимающих сторон модуля в спектре

солнечного излучения, в котором солнечный элемент генерирует электричество. Вторым типом солнечного теплофотоэлектрического модуля для использования в планарной системе является солнечный модуль с односторонней лучевоспринимающей стороной. В таком типе модуля количество применяемых компонентов может быть расширено и конструкции усложнены

(рисунок 4). Оба типа приёмников теплофотоэлектрического солнечного модуля также подразделяются по типу охлаждения лучевоспринимающей стороны приёмника (теплосъём) – лицевой, тыловой, двусторонний. В зависимости от лучевоспринимающих сторон и типа теплосъёма создание модуля происходит по одной из четырёх моделей.

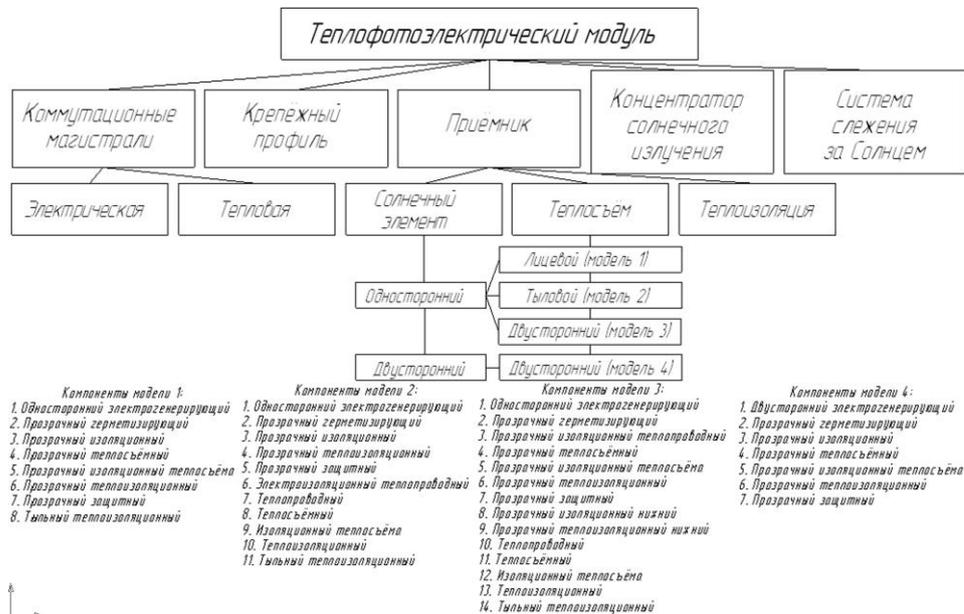


Рис. 4. Методика создания трёхмерной модели приёмника теплофотоэлектрического солнечного модуля с различными лучевоспринимающими сторонами и типами теплосъёма

Fig. 4. Method for creating a three-dimensional model of a receiver of a photovoltaic thermal solar module with different beam-receiving sides and types of heat removal

Разработанная методика создания моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей стационарной и мобильной энергогенерации, реализуемая в программном комплексе КОМПАС 3D, позволяет создавать модели приёмников солнечных теплофотоэлектрических модулей с различными параметрами планарного и концентраторного типов для стационарной и мобильной энергогенерации с:

- односторонними солнечными элементами и лицевым теплосъёмом (модель 1, рисунок 5 первая сверху) [27, 28];
- односторонними солнечными элементами и тыловым теплосъёмом (модель 2, рисунок 5 вторая сверху);
- односторонними солнечными элементами и двусторонним теплосъёмом (модель 3, рисунок 5 третья сверху);
- двусторонними солнечными элементами и двусторонним теплосъёмом (модель 4, рисунок 5 первая снизу) [29 - 31];

Наибольшее применение в качестве электрогенерирующего элемента находят кремниевые солнечные односторонние элементы с одно- и двусторонней контактной сеткой. Размеры таких солнечных элементов составляют 125 мм и 156 мм, изготавливаются они в форме квадрата и псевдоквадрата. Такие элементы взяты за основу солнечных теплофотоэлектрических модулей с односторонней засветкой (модель 1, 2 и 3). Стоит отметить, что в качестве герметизирующего компонента в сборочной единице солнечного теплофотоэлектрического модуля может применяться полисилоксановый компаунд, который увеличивает срок номинальной работы солнечных элементов, оптически прозрачен, что увеличивает эффективность солнечных элементов по сравнению с этиленвинилацетатной плёнкой и может использоваться в системах с концентраторами, причём эффективность работы солнечных элементов не снижается как при большой положительной, так и большой отрицательной температуре [4, 5]. Из-за тылового теплосъёма Модели 2 качество теплоизоляции можно улучшить, используя потенциально большее

количество компонентов вне зависимости от их прозрачности. Модель 3 сочетает в себе компоненты, используемые при создании Модели 1 и Модели 2, таким образом, конструкция

усложняется, но одновременно появляется возможность более тонкой оптимизации охлаждения двух сторон солнечного элемента.

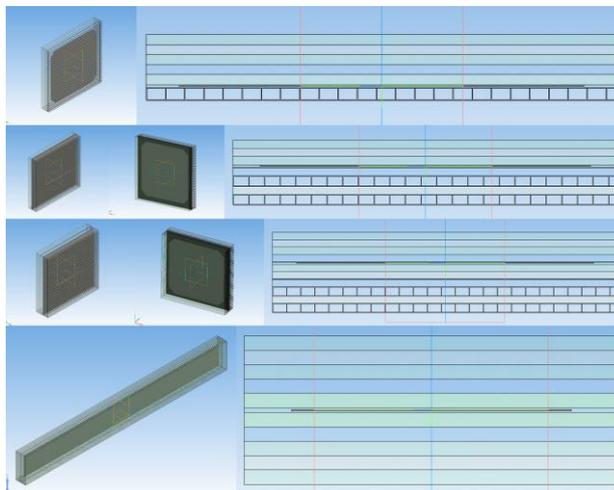


Рис. 5. Трёхмерные модели четырёх приёмников солнечных теплофотоэлектрических модулей

Fig. 5. Three-dimensional models of four receivers of solar photovoltaic thermal modules

Для реализации Модели 4 в качестве двустороннего солнечного элемента принимаются высоковольтные солнечные элементы с увеличенной электрической эффективностью по сравнению со стандартными планарными кремниевыми стандартными элементами, используемыми без концентраторов [29 - 31] (рисунок 6). Наряду с повышением эффективности до 28 % увеличивается и срок номинальной мощности солнечных элементов благодаря

применению двухкомпонентного полисилоксанового компаунда. Такой высокой эффективности удаётся добиться при использовании концентраторов солнечного излучения, при работе с которыми высоковольтные солнечные элементы не ухудшают своих характеристик, а количество кремния солнечного качества, используемого в таких установках, уменьшается.

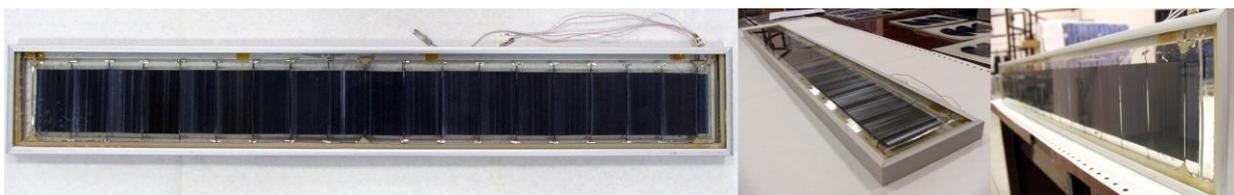


Рис. 6. Двусторонние солнечные высоковольтные элементы в полисилоксановом компаунде и с напряжением 1000 В

Fig. 6. Bilateral solar high-voltage elements in a polysiloxane compound and with a voltage of 1000 V

Такой солнечный теплофотоэлектрический модуль (Модель 4) целесообразно использовать в концентраторной системе с получением тёплой воды на выходе.

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ СОЗДАНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

С помощью полученных моделей приёмников солнечных теплофотоэлектрических модулей можно получить двумерные чертежи разрабатываемых модулей для последующего изготовления на производстве. В качестве применения разработанной методики создания трёхмерных моделей солнечных

теплофотоэлектрических модулей представлена сборочная единица кровельной теплофотоэлектрической панели (рисунок 7).

Для создания сборки в системе автоматизированного проектирования КОМПАС 3D созданы различные компоненты в виде отдельных деталей, входящих в состав разрабатываемого модуля. В состав сборочной единицы планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной панели входит 8 компонентов, выполняющих различные функции. Основным конструкционным элементом является корпус, к которому крепятся остальные компоненты. В качестве охлаждающего агента

принята вода, которая омывает алюминиевый радиатор чёрного цвета. Герметизация солнечных элементов производится с помощью полисилоксанового двухкомпонентного компаунда, лицевой тонкой, прозрачной плёнки и чёрной ленты по периметру. Теплоизолирующую область представляет собой воздушная прослойка, которая с лицевой поверхности модуля ограничена оптически прозрачным стеклом.

В результате последовательной сборки представленных компонентов образуется трёхмерная сборочная единица планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной панели (рисунок 7).

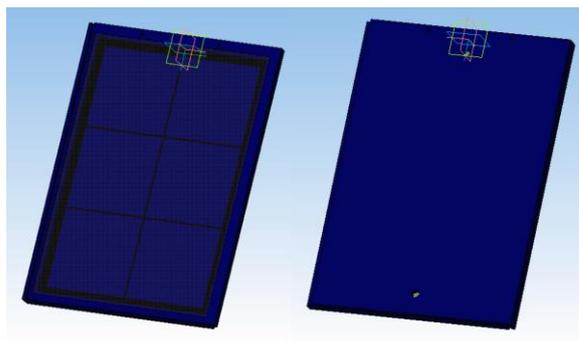


Рис. 7. Трёхмерная сборочная единица планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной панели

Fig. 7. Three-dimensional assembly unit of the planar photovoltaic thermal solar module in the form of a roof panel

Созданная трёхмерная модель планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной солнечной панели ассоциируется с двумерным чертежом для получения конструкторской документации и последующей отработки технологии изготовления

экспериментально модуля (рисунок 8 слева). Спецификация на сборочную единицу теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной панели, в состав которой входят 8 позиций, представлена на рисунке 8 справа.

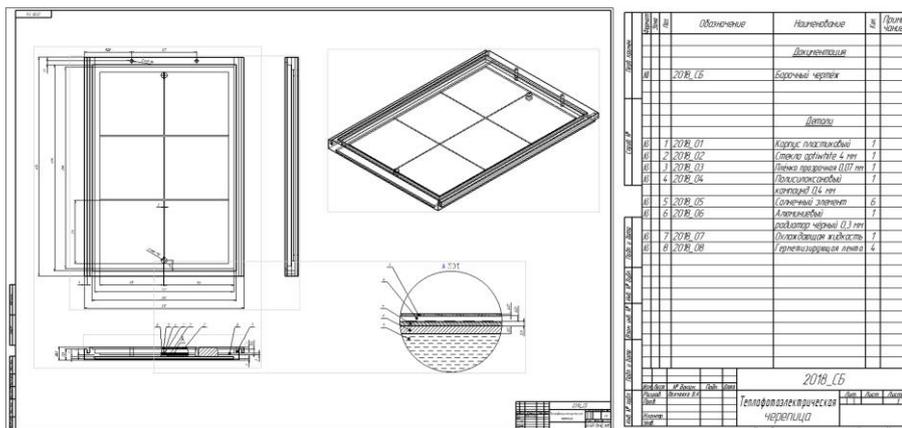


Рис. 8. Чертёж сборочной единицы планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной панели, полученный с созданной трёхмерной модели сборки (слева) и её спецификация (справа)

Fig. 8. Drawing of the assembly unit of a planar photovoltaic thermal solar module in the form of a roof panel, obtained from the created three-dimensional assembly model (left) and its specification (right)

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ РАДИАТОРА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ КОНЕЧНО - ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ANSYS

Разработанные с помощью созданной методики трёхмерные модели приёмников солнечных теплофотоэлектрических модулей с различными

параметрами планарного и концентраторного типов испытываются в программном комплексе конечно-элементного анализа Ansys для оптимизации конструкций приёмников, в виду чего и разработана методика теплового расчёта теплофотоэлектрических солнечных модулей планарного и концентраторного типов (рисунок 9).

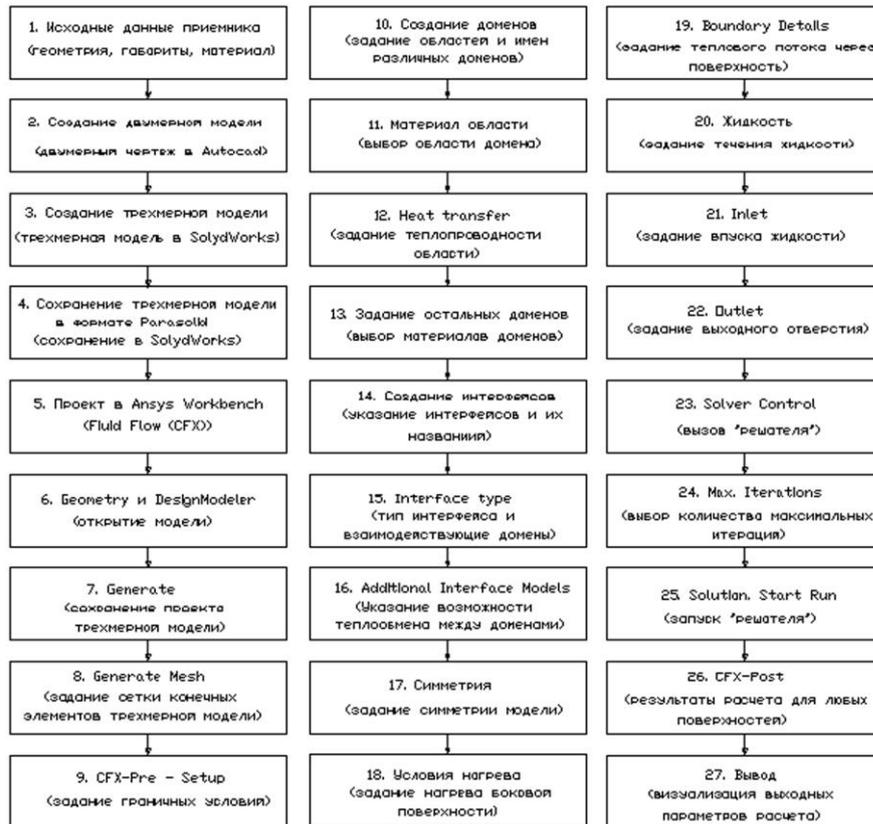


Рис. 9. Методика теплового расчёта теплофотоэлектрических солнечных модулей планарного и концентраторного типов с использованием моделирования процессов в программном комплексе Ansys

Fig. 9. Method of thermal calculation of photovoltaic thermal solar modules of planar and concentrator types using the modeling of processes in the software complex Ansys

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЁТА ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ РАДИАТОРА В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ КОНЕЧНО - ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ANSYS

Пример расчёта в программном комплексе Ansys по разработанной методике трёхмерной модели радиатора приёмника солнечного

теплофотоэлектрического модуля [32 - 34] представлен на рисунке 10, где представлен вывод тепловых режимов моделей и линий течений охлаждающего агента радиатора с визуализацией тепловых полей, скоростей теплоносителя и линии течений по разработанной методике.

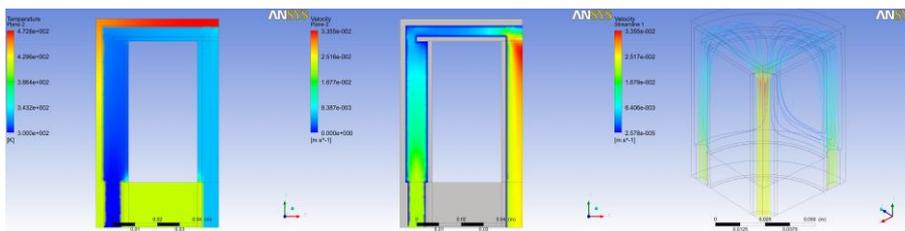


Рис. 10. Тепловые поля модели (слева), скорость теплоносителя (посередине) и линии течений (справа) приёмника солнечного теплофотоэлектрического модуля

Fig. 10. The thermal fields of the model (left), the velocity of the coolant (in the middle) and the flow line (on the right) of the receiver of the photovoltaic thermal solar module

В процессе оптимизации радиатора рассчитывались различные его трёхмерные конструкции, после чего можно судить о целесообразности применения каждой конструкции. Критерием оптимизации радиатора являлись максимальная температура воды на выходе из радиатора и не превышение температуры поверхности радиатора выше максимальных значений, при которых вольтамперная характеристика солнечных элементов имеет прямоугольную форму.

С помощью разработанной методики можно получать тепловые поля разработанной модели, скорости теплоносителя и линии течений. С помощью визуализированных моделей теплового состояния радиатора можно принимать решения о необходимости оптимизации его конструкции для получения требуемых параметров теплового состояния самого радиатора и теплоносителя солнечного теплофотоэлектрического модуля.

Таким образом, наряду с фотоэлектрическими солнечными кровельными панелями планарной и концентраторной конструкции большой интерес представляют теплофотоэлектрические солнечные кровельные панели в виду увеличения электрической эффективности солнечных элементов и получения тёплой воды на выходе, что также увеличивает общую эффективность модуля.

Такие солнечные модули обеспечат автономное или параллельное с сетью энергоснабжение различных стационарных объектов.

МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРЁХМЕРНЫХ ТВЁРДОТЕЛЬНЫХ ПРОТОТИПОВ КОМПОНЕНТОВ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛОЙНОЙ ПЕЧАТИ

Для уменьшения стоимости разработки и изготовления опытных образцов разрабатываемых модулей, целесообразно использовать быстрое прототипирование разрабатываемых образцов с помощью аддитивных технологий на примере 3D принтера. Однако для адекватности получаемого прототипа и разрабатываемой модели необходимо соответствие моделей в системе автоматизированного проектирования и слайсера 3D принтера, для чего и разработана методика изготовления трёхмерных твёрдотельных прототипов компонентов солнечных модулей с использованием послойной печати, реализуемая в программных комплексах 3D принтера и КОМПАС 3D (рисунок 11).



Рис. 11. Методика изготовления трёхмерных твёрдотельных прототипов компонентов солнечных модулей с использованием послойной печати, реализуемая в программных комплексах 3D принтера и КОМПАС 3D

Fig. 11. Method of manufacturing of three-dimensional solid-state prototypes of solar module components using layer-by-layer printing implemented in 3D printer and KOMPAS 3D software packages

В качестве реализации разработанной методики предлагается использовать корпус солнечной кровельной панели. В разработанной методике большое внимание уделяется разработке двумерных и трёхмерных моделей разрабатываемых модулей наряду с самим процессом послойной печати твёрдотельного прототипа, который может изготавливаться из

вторичного полиэтилена, что положительно сказывается на экологии.

На рисунке 12 представлена подложка солнечной кровельной панели, которая изготавливается методом штамповки по матрице, который слишком затратен из-за подготовки оснастки для первичных экспериментальных модулей, которых могут ещё в дальнейшем ждать дополнительные доработки.



Рис. 12. Изготовленные подложки черепицы стандартным дорогостоящим способом (для экспериментальных единичных образцов) штамповки по матрице

Fig. 12. Manufactured tile substrates with a standard expensive way (for experimental single samples) die punching

В случае же с трёхмерным прототипированием с помощью 3D принтера любые доработки модуля происходят в системах автоматизированного проектирования (трёхмерных моделях) и занимают незначительное время, а печать самого образца стоит на порядок меньше, чем при производстве, например, по технологии штамповки. По изготовленному твёрдотельному образцу можно судить о целесообразности применения данной конструкции и в случае необходимости внести дополнения в трёхмерную модель с последующей печатью итогового прототипа модуля.

ВЫВОДЫ

Наряду с фотоэлектрическими солнечными кровельными панелями планарной и концентраторной конструкции большой интерес представляют теплофотоэлектрические солнечные кровельные панели в виду увеличения электрической эффективности солнечных элементов и получения тёплой воды на выходе, что также увеличивает общую эффективность модуля. Такие солнечные модули обеспечат автономное или параллельное с сетью энергоснабжение различных стационарных объектов.

Разработанная методика создания трёхмерных моделей солнечных теплофотоэлектрических модулей, реализуемая в программном комплексе КОМПАС 3D, позволяет создавать трёхмерные модели модулей для дальнейших тепловых расчётов. Созданная трёхмерная модель планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде теплофотоэлектрической кровельной планарной панели позволяет подготовить конструкторскую документацию на экспериментальный образец. Подготовленная конструкторская документация планарного теплофотоэлектрического солнечного модуля в виде кровельной панели позволяет отработать технологию изготовления и изготовить экспериментальный модуль для стационарной энергегенерации.

Разработанная методика теплового расчёта радиаторов теплофотоэлектрических солнечных модулей планарного и концентраторного типов с использованием моделирования и визуализирования процессов в программном комплексе Ansys позволяет судить о целесообразности созданной конструкции радиатора солнечного теплофотоэлектрического модуля и проводить его оптимизацию. С помощью разработанной методики можно визуализировать тепловые поля созданной трёхмерной модели, скорость теплоносителя и линии течений охлаждающего агента радиатора приёмника концентраторного солнечного теплофотоэлектрического модуля.

Разработанная методика изготовления трёхмерных твёрдотельных прототипов компонентов солнечных модулей с использованием послойной печати, реализуемая в программных комплексах 3D принтера и КОМПАС-3D, позволяет экономить средства и мощности при экспериментальном производстве солнечных модулей с дальнейшей доработкой их конструкции посредством трёхмерной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стребков Д.С., Панченко В.А., Иродионов А.Е., Кирсанов А.И. Разработка кровельной

солнечной панели // Вестник ВИЭСХ. 2015. № 4 (21), с. 107 – 111.

2. Стребков Д.С., Бобовников Н.Ю., Иродионов А.Е., Кирсанов А.И., Панченко В.А., Филиппченкова Н.С.. Программа "Один миллион солнечных крыш" в России // Вестник ВИЭСХ. 2016. № 3 (24), с.80 – 83.

3. Патент РФ на изобретение № 2557272. Стребков Д.С., Кирсанов А.И., Иродионов А.Е., Панченко В.А., Майоров В.А. Кровельная солнечная панель. Заявка: 2014123409/20, 09.06.2014. Опубликовано: 20.07.2015. Бюл. № 20.

4. Стребков Д.С., Персиц И.С., Панченко В.А. Солнечные модули с увеличенным сроком службы // Инновации в сельском хозяйстве. Теоретический и научно-практический журнал. Инновации в возобновляемой энергетике. № 3(8)/2014, С. 154 – 158.

5. Панченко В.А., Стребков Д.С., Персиц И.С. Разработка солнечных модулей с увеличенным сроком номинальной работы // Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики Сборник трудов III всероссийской научной конференции 19-20 июня 2015 г., Чебоксары. С. 91 – 94.

6. Патент РФ на изобретение № 2572167. Стребков Д.С., Кирсанов А.И., Иродионов А.Е., Панченко В.А.. Солнечный модуль с концентратором (варианты). Заявка: 2014121269/28, 27.05.2014. Опубликовано: 27.12.2015. Бюл. № 36.

7. Jarrett Carriere and Stephen Harrison. Dimensional heat transfer analysis of a sheet-and-tube flat plate PV/thermal collector. Solar Calorimetry Lab, Queen's University McLaughlin Hall, 136 Stuart Street., Kingston, On. K7L 3N6.

8. Tiwari A, Sodha MS. Performance evaluation of hybrid PV/thermal water/air heating system: a parametric study. Renewable Energy 2006;31:2460–74.

9. Rosell JI, Vallverdu X, Lechon MA, Ibanez M. Design and simulation of a low concentrating photovoltaic/thermal system. Energy Conversion and Management 2005;46:3034–46.

10. Ibrahim A, Jin GL, Daghigh R, Salleh MHM, Othman MY, Ruslan MH, et al. Hybrid photovoltaic thermal (PV/T) air and water based solar collectors suitable for building integrated applications. American Journal of Environmental Sciences 2009;5:618–24.

11. Othman MYH, Ruslan H, Sopian K, Jin GL. Performance study of photovoltaic thermal (PV/T) solar collector with V-grooved absorber plate. Sains Malaysiana 2009;38:537–41.

12. Alfegi MEA, Sopian K, Othman MYH, Yatim BB. Transient mathematical model of both side single pass photovoltaic thermal air collector. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 2007;2:22–6.

13. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А. Солнечный теплофотоэлектрический модуль с параболическим концентратором //

Альтернативная энергетика и экология, 2013, №1/2, С. 35-39.

14. Solimpeks. Volther Hybrid PV-T Panels. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.solimpeks.com> (дата обращения: 20.06.2018).

15. Solar appliances, Heating appliances, Photovoltaics. Sunsystems. [Электронный ресурс] // URL: <http://www.sunsystem.bg/en/fotovoltaika/PV-T/> (дата обращения: 20.06.2018).

16. Павел Севела, Бьёрн Олесен. Гибридный солнечный коллектор [Текст] / Павел Севела, Бьёрн Олесен // Sun Sustainable Building Technologies (осень 2013) с. 90–97.

17. Adnan Ibrahim, Mohd Yusof Othman, Mohd Hafidz Ruslan, Sohif Mat, Kamaruzzaman Sopian. Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors [Текст] / Adnan Ibrahim, Mohd Yusof Othman, Mohd Hafidz Ruslan, Sohif Mat, Kamaruzzaman Sopian // Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 352–365.

18. Swaphil Dubey and Andrew A.O. Tay. Experimental study of the performance of two different types of photovoltaic thermal (PVT) modules under Singapore climatic conditions [Текст] / Swaphil Dubey and Andrew A.O. Tay// Ashdin Publishing Journal of Renewable Energy and Applications Vol.2 (2012), Article IDR120313, 6 Pages.

19. Zakharchenko R., Licea-Jime'nez L., Pe'rez-Garci'a SA, Vorobeiv P., Dehesa Carrasco U., Pe'rez-Robels JF., et al. Photovoltaic solar panel for a hybrid PV/thermal system // Sol Energy Mater Sol Cells. 2004. № 82 (1-2). P. 253-261.

20. Bergene T., Lovvik O. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cells // Solar Energy. 1995. № 55. P. 453-462.

21. Florschuetz L.W. Extension of the Hottel–Whiller model to the analysis of combined photovoltaic/thermal flat plate collectors // Sol Energy. 1979. №22(4). P. 361–366.

22. Sandnes B., Rekstad J. A photovoltaic/thermal (PV/T) collector with a polymer absorber plate: experimental study and analytic model // Solar Energy. 2002. № 72 (1). P. 63-73.

23. Jarrett Carriere and Stephen Harrison. Dimensional heat transfer analysis of a sheet -and-tube flat plate PV/thermal collector. Solar Calorimetry Lab, Queen's University McLaughlin Hall, 136 Stuart Street., Kingston, On. K7L 3N6.

24. Swapnil Dubey and Andrew A. O. Tay. Experimental Study of the Performance of Two Different Types of Photovoltaic Thermal (PVT) Modules under Singapore Climatic Conditions. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications Vol. 2 (2012), Article ID R120313, 6 pages.

25. КОМПАС-3D v17. Инструмент co3Дателя – официальный сайт САПР КОМПАС [Электронный ресурс] // URL: <http://kompas.ru/> (дата обращения: 20.06.2018).

26. Engineering Simulation & 3D Design Software – ANSYS [Электронный ресурс] URL:

<http://www.ansys.com/> (дата обращения: 20.06.2018).

27. JA SOLAR [Электронный ресурс] // URL: http://jasolar.com/site/solar_Mono/564#level-2 (дата обращения 20.06.18).

28. SunPower [Электронный ресурс] // URL: <https://us.sunpower.com/buy-solar-cells/> (дата обращения 20.06.18).

29. Панченко В.А., Стребков Д.С., Поляков В.И., Арбузов Ю.Д. Исследование высоковольтных солнечных модулей // Наноструктурированные материалы и преобразовательные устройства для солнечной энергетики Сборник трудов III всероссийской научной конференции 19-20 июня 2015 г., Чебоксары. С. 94 – 98.

30. Стребков Д.С., Панченко В.А. Высоковольтные солнечные батареи для питания электроракетных и плазменных двигателей // Всероссийская молодежная научно-практическая конференция «Космосрум «Восточный» и перспективы развития российской космонавтики», тезисы докладов, Угледорск – Благовещенск – Москва, 2015 г. С. 36 – 37.

31. Панченко В.А., Стребков Д.С., Поляков В.И., Арбузов Ю.Д. Высоковольтные солнечные модули с напряжением 1000 В // Альтернативная энергетика и экология, 2015, № 19 (183), С. 76 – 81.

32. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А. Солнечный фотоэлектрический модуль с параболическим концентратором // Энергобезопасность и энергосбережение, 2012, № 5, С. 15-17

33. Стребков Д.С., Майоров В.А., Панченко В.А., Осьмаков М.И., Плохих С.А. Солнечная установка с матричными фотоэлементами и концентратором // Электро, 2013, № 2, С. 50-52

34. Valeriy Kharchenko, Vladimir Panchenko, Pavel V. Tikhonov, Pandian Vasant. Cogenerative PV Thermal Modules of Different Design for Autonomous Heat and Electricity Supply // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development, 2018, pages 86 – 119, DOI: 10.4018/978-1-5225-3867-7.ch004

REFERENCES

1. Strebkov D.S., Panchenko V.A., Irodionov A.E., Kirsanov A.I. Development of a roofing solar panel // Vestnik VIESH. 2015. No. 4 (21), p. 107 - 111.

2. Strebkov D.S., Bobovnikov N.Yu., Irodionov A.E., Kirsanov A.I., Panchenko V.A., Filipchenkova N.S. Program "One Million Solar Roofs" in Russia // Vestnik VIESH. 2016. № 3 (24), p. 80 - 83.

3. Patent of the Russian Federation for invention No. 2557272. Strebkov D.S., Kirsanov A.I., Irodionov A.E., Panchenko V.A., Mayorov V.A. Roofing solar panel. Application: 2014123409/20, 06/09/2014. Published: 07.20.2015. Bul. No. 20.

4. Strebkov D.S., Persits I.S., Panchenko V.A. Solar modules with extended service life // Innovations in agriculture. Theoretical and scientific and practical

journal. Innovations in renewable energy. No. 3 (8) // 2014, p. 154 - 158.

5. Panchenko V.A., Strebkov D.S., Persits I.S. Development of solar modules with an extended term of nominal work // Nanostructured materials and conversion devices for solar energy Collection of Proceedings of the III All-Russian Scientific Conference June 19-20, 2015, Cheboksary. P. 91 - 94.

6. Patent of the Russian Federation for invention No. 2572167. Strebkov D.S., Kirsanov A.I., Irodionov A.E., Panchenko V.A. Solar module with a concentrator (variants). Application: 2014121269/28, May 27, 2014. Published: 27.12.2015. Bul. No. 36.

7. Jarrett Carriere and Stephen Harrison. Dimensional heat transfer analysis of a sheet-and-tube flat plate PV/thermal collector. Solar Calorimetry Lab, Queen's University McLaughlin Hall, 136 Stuart Street., Kingston, On. K7L 3N6.

8. Tiwari A, Sodha MS. Performance evaluation of hybrid PV/thermal water/air heating system: a parametric study. Renewable Energy 2006;31:2460–74.

9. Rosell JJ, Vallverdu X, Lechon MA, Ibanez M. Design and simulation of a low concentrating photovoltaic/thermal system. Energy Conversion and Management 2005;46:3034–46.

10. Ibrahim A, Jin GL, Daghigh R, Salleh MHM, Othman MY, Ruslan MH, et al. Hybrid photovoltaic thermal (PV/T) air and water based solar collectors suitable for building integrated applications. American Journal of Environmental Sciences 2009;5:618–24.

11. Othman MYH, Ruslan H, Sopian K, Jin GL. Performance study of photovoltaic thermal (PV/T) solar collector with V-grooved absorber plate. Sains Malaysiana 2009;38:537–41.

12. Alfegi MEA, Sopian K, Othman MYH, Yatim BB. Transient mathematical model of both side single pass photovoltaic thermal air collector. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 2007;2:22–6.

13. Strebkov D.S., Mayorov V.A., Panchenko V.A. Solar photovoltaic thermal module with a parabolic concentrator // Alternative energy and ecology, 2013, №1/2, p. 35-39.

14. Solimpeks. Volther Hybrid PV-T Panels. [Electronic resource] // URL: <http://www.solimpeks.com> (reference date: June 20, 2018).

15. Solar appliances, Heating appliances, Photovoltaics. Sunsystems. [Electronic resource] // URL: <http://www.sunsystem.bg/en/fotovoltaika/PV-T/> (reference date: June 20, 2018).

16. Pavel Sevela, Bjorn Olesen. Hybrid solar collector [Text] / Pavel Sevela, Bjorn Olesen // SunSustainable Building Technologies (autumn 2013) p. 90-97.

17. Adnan Ibrahim, Mohd Yusof Othman, Mohd Hafidz Ruslan, Sohif Mat, Kamaruzzaman Sopian. Recent advances in flat plate photovoltaic/thermal (PV/T) solar collectors [Text] / Adnan Ibrahim, Mohd Yusof Othman, Mohd Hafidz Ruslan, Sohif Mat, Kamaruzzaman Sopian //Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (2011) 352–365.

18. Swaphil Dubey and Andrew A.O. Tay. Experimental study of the performance of two different types of photovoltaic thermal (PVT) modules under Singapore climatic conditions [Text] / Swaphil Dubey and Andrew A.O. Tay// Ashdin Publishing Journal of Renewable Energy and Applications Vol.2 (2012), Article IDR120313, 6 Pages.
19. Zakharchenko R., Licea-Jime'nez L., Pe'rez-Garci'a SA, Vorobeiv P., Dehesa Carrasco U., Pe'rez-Robels JF., et al. Photovoltaic solar panel for a hybrid PV/thermal system // Sol Energy Mater Sol Cells. 2004. № 82 (1-2). P. 253-261.
20. Bergene T., Lovvik O. Model calculations on a flat-plate solar heat collector with integrated solar cells // Solar Energy. 1995. № 55. P. 453-462.
21. Florschuetz L.W. Extension of the Hottel-Whiller model to the analysis of combined photovoltaic/thermal flat plate collectors // Sol Energy. 1979. №22(4). P. 361-366.
22. Sandnes B., Rekstad J. A photovoltaic/thermal (PV/T) collector with a polymer absorber plate: experimental study and analytic model // Solar Energy. 2002. № 72 (1). P. 63-73.
23. Jarrett Carriere and Stephen Harrison. Dimensional heat transfer analysis of a sheet -and-tube flat plate PV/thermal collector. Solar Calorimetry Lab, Queen's University McLaughlin Hall, 136 Stuart Street., Kingston, On. K7L 3N6.
24. Swapnil Dubey and Andrew A. O. Tay. Experimental Study of the Performance of Two Different Types of Photovoltaic Thermal (PVT) Modules under Singapore Climatic Conditions. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications Vol. 2 (2012), Article ID R120313, 6 pages.
25. KOMPAS-3D v17. The tool of the author is the official site of CAD KOMPAS [Electronic resource] // URL: <http://kompas.ru/> (reference date: June 20, 2018).
26. Engineering Simulation & 3D Design Software - ANSYS [Electronic resource] URL: <http://www.ansys.com/> (reference date: June 20, 2018).
27. JA SOLAR [Electronic resource] // URL: http://jasolar.com/site/solar_Mono/564#level-2 (reference date: June 20, 2018).
28. SunPower [Electronic resource] // URL: <https://us.sunpower.com/buy-solar-cells/> (reference date: June 20, 2018).
29. Panchenko V.A., Strebkov D.S., Polyakov V.I., Arbuzov Yu.D. Investigation of high-voltage solar modules // Nanostructured materials and conversion devices for solar energy. Collection of Proceedings of the III All-Russian Scientific Conference June 19-20, 2015, Cheboksary. P. 94 - 98.
30. Strebkov D.S., Panchenko V.A. High-voltage solar batteries for powering electrorocket and plasma engines // All-Russian Youth Scientific and Practical Conference "Cosmodrome Vostochny and Prospects for the Development of Russian Cosmonautics", abstracts, Ulegorsk-Blagoveshchensk-Moscow, 2015, p. 36-37.
31. Panchenko V.A., Strebkov D.S., Polyakov V.I., Arbuzov Yu.D. High-voltage solar modules with a voltage of 1000 V // Alternative energy and ecology, 2015, No. 19 (183), p. 76 - 81.
32. Strebkov D.S., Mayorov V.A., Panchenko V.A. Solar photovoltaic module with a parabolic concentrator // Energy security and energy saving, 2012, No. 5, p. 15-17.
33. Strebkov D.S., Mayorov V.A., Panchenko V.A., Osmakov M.I., Plokhikh S.A. Solar installation with matrix photocells and a concentrator // Elektro, 2013, No. 2, p. 50-52.
34. Valeriy Kharchenko, Vladimir Panchenko, Pavel V. Tikhonov, Pandian Vasant. Cogenerative PV Thermal Modules of Different Design for Autonomous Heat and Electricity Supply // Handbook of Research on Renewable Energy and Electric Resources for Sustainable Rural Development, 2018, pages 86 – 119, DOI: 10.4018/978-1-5225-3867-7.ch00

MODELING OF THE PHOTOVOLTAIC THERMAL ROOFING PANEL FOR THE ENERGY SUPPLY OF OBJECTS

Panchenko V.A.

Summary. The solar roofing panel performs both a construction-protective function and an electro-generating function. The composition of the substrate of such a solar module includes secondary raw materials, which positively affects the environment. Along with the functions presented, the solar roof panel has a pleasant aesthetic appearance, which can not be said for standard planar solar modules. However, during the operation of both standard solar modules and roofing solar panels, solar cells overheat and electricity production is reduced. To increase the electrical efficiency and to obtain also thermal energy in the form of warm water, the creation of a photovoltaic thermal roofing panel is proposed. For this purpose in the presented article the technique of creation of three-dimensional models of solar photovoltaic thermal modules in computer-aided design KOMPAS 3D is considered. As an example of the use of the technique, a developed solar photovoltaic thermal roofing panel is presented. The created 3D models of assemblies of solar photovoltaic thermal modules can later undergo various tests in finite element analysis systems (Ansys) in order to optimize the design and refine the various operational parameters. As an example of the implementation of the developed method, the process of visualization of the thermal mode of operation of the water radiator of a solar photovoltaic thermal module, the model of which is created in the computer-aided design system, is presented. As a result of calculations in the software complex of finite element analysis of Ansys, it is possible to draw conclusions about the expediency of the created design with its further editing, visualize the thermal fields and current lines of the radiator cooling agent. Also, the article suggests a technique for manufacturing a prototype of a solar roofing panel made using additive technologies, which will significantly reduce costs at the initial stage of prototype creation due to the possibility of operative changes of the 3D model with subsequent printing of the modified and optimized model.

Key words: roofing solar panel, computer-aided design system, finite element analysis system, photovoltaic thermal module, extended service life, additive technologies

УДК 62-681

КОНУСНО-СПИРАЛЬНЫЙ РЕКУПЕРАТОР ТЕПЛОТЫ ОТХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ БЫТОВЫХ КОТЛОВ

Зайцев О.Н., Ангелюк И.П., Степанцова Н.А.

*Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,
г. Симферополь, ул. Киевская, 181.
E-mail: ZON071941@mail.ru
iliya.angeluck@gmail.com*

Аннотация: В статье рассмотрена конструкция утилизатора теплоты дымовых газов бытовых котлов, принцип его работы. Приведён результат математического моделирования поведения теплоутилизатора в дымовом канале, определены аэродинамическое сопротивление теплоутилизатора и его тепловая мощность.

Ключевые слова: Теплоутилизатор, конструкция, дымовые газы, дымовой канал, потеря давления, тепловая мощность.

ВВЕДЕНИЕ

Жилищно-коммунальное хозяйство является одним из наибольших потребителей энергоресурсов страны, и вопросы энергосбережения в этой сфере являются актуальными. При современном многоэтажном жилищном строительстве для отопления квартир все большую популярность приобретает децентрализованная схема теплоснабжения за счет индивидуальных котлов, устанавливаемых в каждой квартире. Такая схема весьма эффективна и с точки зрения транспортировки теплоносителя, и с точки зрения эффективности сжигания газа. Однако, вопрос утилизации теплоты отходящих дымовых газов бытовых котлов, имеющих значительную температуру, недостаточно изучен.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Реализация децентрализованной схемы теплоснабжения за счет индивидуальных котлов, устанавливаемых в каждой квартире, согласно [1], возможен только с применением коллективного дымохода, собирающего дымовые газы от котлов, расположенных по одному стояку подъезда жилого дома. Коллективный дымоход собирает весь объем дымовых газов, имеющий значительную температуру (90 – 120 С) и выбрасывает их в атмосферу. В современных источниках имеется множество публикаций по подбору и расчету экономайзеров, водоподогревателей и т.п. для промышленных котельных, работающих на различном виде топлив, однако не описаны технические средства для утилизации теплоты отходящих дымовых газов бытовых котлов.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью работы является создание теоретической модели предложенной конструкции утилизатора теплоты дымовых газов. Задача состоит в вычислении возможного количества тепла, получаемого с помощью утилизатора теплоты дымовых газов, полученной при расчете математической модели утилизатора теплоты дымовых газов бытовых котлов.

МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЙ

Методом исследований является анализ полученных результатов расчетов математической модели утилизатора теплоты дымовых газов.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На рисунке 1 приведена предлагаемая схема утилизатора теплоты дымовых газов бытовых котлов.

Предложенное устройство рекуператора дымовых газов бытовых котлов [2] состоит из корпуса, образованного двумя усеченными конусами разного диаметра с одинаковыми углами конусности, расположенными коаксиально, основания которых лежат в одной плоскости, между конусами навита медная труба - теплообменник таким образом, что опускается к усеченной части по внутренней поверхности наружного конуса, а поднимается по внешней поверхности внутреннего конуса в шахматном порядке и выходит наружу рекуператора, на основания конусов, помещена крышка - эжектор, на боковой части наружной стороны которой сделана эжекционная прорезь, снизу - к усеченной части наружного конуса присоединен конусовидный конфузор.

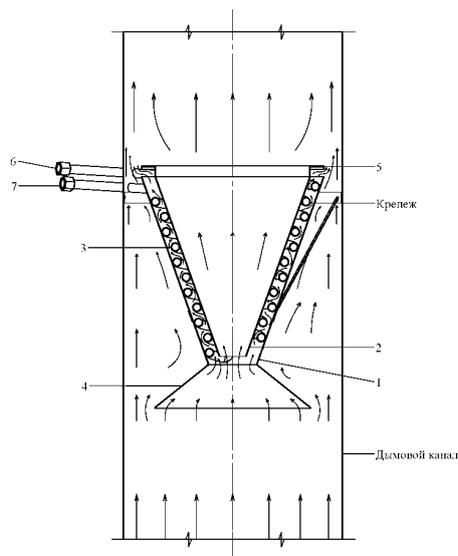


Рис.1. Схема утилизатора теплоты дымовых газов.

1 — наружный усеченный конус, 2 — внутренний усеченный конус, 3 — конусно-спиральная труба - теплообменник, 4 — конфузор, 5 — крышка - эжектор, 6, 7 — патрубки входа и выхода нагреваемого теплоносителя.

Fig.1. Flue gas heat exchanger scheme.

1 - external truncated cone, 2 - internal truncated cone, 3 - conical-spiral pipe - heat exchanger, 4 - confuser, 5 - cover - ejector, 6, 7 - nozzles of the inlet and outlet of the heated coolant.

Нагретые дымовые газы, поднимаясь по дымовому каналу, делятся конусовидным конфузуром 4 на два потока, один из которых поступает в межтрубное пространство, образованное наружным усеченным конусом 1 и внутренним усеченным конусом 2, расположенных коаксиально, второй - обходит теплоутилизатор снаружи. В межтрубном пространстве поток, поступивший в теплоутилизатор, омывает пространственно-спирально навитую медную трубу - теплообменник 3, отдавая тепло и нагревая теплоноситель. Затем, уже охлажденный поток поступает в верхнюю камеру теплоутилизатора, откуда эжектируется через щель в крышке - эжекторе 5 в поток дымовых газов, обходящих теплоутилизатор снаружи. Эффект эжекции достигается благодаря ускорению потока дымовых газов, обходящих теплоутилизатор снаружи, из-за сужения прохода в месте максимального расширения верхней камеры теплоутилизатора. Отверстие, образованное усечением внутреннего конуса 2 служит для стабилизации потока дымовых газов и уменьшения потери давления. Характерные размеры составных частей устройства определяются в зависимости от количества дымовых газов и диаметра дымового канала.

Математическая модель утилизатора выполнялась в программном комплексе DS SolidWorks, дополнении - FlowSimulation, позволяющие получить достоверную тепловую и

аэродинамическую модель поведения теплоутилизатора в дымовом канале.

Исходными данными для расчета со стороны дымовых газов послужили данные, опубликованные в [3]:

$$P_{m,уст} = 179 \text{ Па} ,$$

$$T_{уст} = 385 \text{ К} ,$$

$$V_{уст} = 2,53 \text{ м/с} ,$$

$$m_{уст} = 477 \text{ кг/ч} ,$$

где $P_{m,уст}$ - тяга; $T_{уст}$ - температура дымовых газов; $V_{уст}$ - скорость дымовых газов; $m_{уст}$ - массовый расход дымовых газов на расчетном участке.

Со стороны нагреваемого теплоносителя:

$$Q_g = 0,36 \text{ м}^3/\text{ч} = 360 \text{ кг/час} ,$$

$$P_g = 202650 \text{ Па} ,$$

$$T_g = 278 \text{ К} ,$$

где Q_g - расход; P_g - давление на входе нагреваемого теплоносителя; T_g - начальная температура нагреваемого теплоносителя.

На рисунке 2 приведён визуальный результат моделирования.

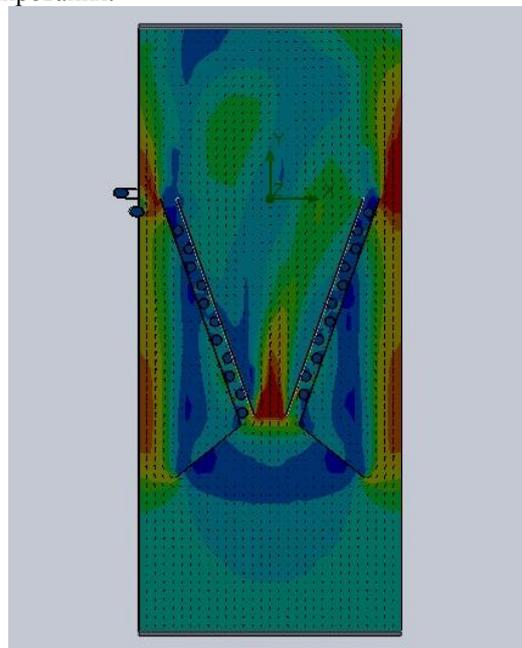


Рис. 2. Визуализация потоков дымовых газов сквозь теплоутилизатор

Fig. 2. Visualization of flue gas flows through a heat exchanger

В результате моделирования получены следующие данные:

- потеря давления на теплоутилизаторе составила $\Delta P_{ту} = 27,3 \text{ Па}$;

- прирост температуры нагреваемого теплоносителя на выходе из теплоутилизатора

$$\Delta T_{e,my} = 2,38^{\circ}.$$

Тогда тепловая мощность теплоутилизатора, вычисленная по известной формуле будет равна

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t = 360 \cdot 4,178 \cdot 2,38 = 3580 \text{ Вт}$$

ВЫВОДЫ

1. Предложенная конструкция теплоутилизатора обладает низким аэродинамическим сопротивлением, потеря давления составила $\Delta P_{my} = 27,3 \text{ Па}$;

2. Утилизируя теплоту дымовых газов в предложенной конструкции возможно получить до $Q = 3580 \text{ Вт/кг}$.

3. Используя предложенную конструкцию теплоутилизатора в коллективных дымоходах можно достичь значительного прироста КПД теплогенерирующей установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 41-108-2004. Поквартирное теплоснабжение жилых зданий с теплогенераторами на газовом топливе. - М.: ФГУП ЦПП, 2005.
2. Конусный теплоутилизатор дымовых газов бытовых котлов: пат. 158256 Рос. Федерация: МПК51 F24H 1/00 (2006.01) / Ангелюк И.П. ; заявитель и патентообладатель – Ангелюк И.П. - №2015103325/06. заявл. 2.02.2015; 27.12.2015 Бюл. № 36 – 2 с..
3. Ангелюк И.П. Утилизация теплоты отходящих дымовых газов бытовых котлов // Строительство и техногенная безопасность №5 (57) 2016г. С. 32-33.

CONE-SPIRAL HEAT EXCHANGER OF HEAT OF FLUE GASES OF DOMESTIC BOILERS

Zaycev O.N., Angelyuk I.P., Stepancova N.A.

Summary. The article considers the design of the heat exchanger of flue gases of domestic boilers, the principle of its operation. The result of mathematical modeling of the behavior of the heat exchanger in the flue channel is presented, the aerodynamic resistance of the heat exchanger and its thermal power are determined.

Key words: heat exchanger, construction, flue gases, flue channel, pressure loss, thermal power

УДК 061.2

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В БЫТУ

Салиев Э.И., Авдиенко Т.О.

*Крымский Федеральный университет имени В. И. Вернадского, Академия Строительства и Архитектуры, 295493, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, корп. 3,**saliv.en@mail.ru, tatyana_av@inbox.ru*

Аннотация. В данной статье рассматривается важный и актуальный вопрос сбережения ограниченных запасов топливно-энергетических ресурсов, используемых потребителями в быту в виде услуг, получаемых от предприятий жилищно-коммунальных и энергетических отраслей. Основное внимание уделено анализу объективности установленных и применяемых норм расхода, а именно: выяснению того, выгодна ли установка приборов учета, фиксирующих расход, и способствует ли внедрение норм расхода на энергетические ресурсы их сбережению. Проведенный анализ обосновывается расчетами, приведенными в данной статье, и основывается на сопоставлении фиксированных значений норм, установленных предприятиями, с действительным потреблением энергоресурсов.

Ключевые слова: норматив потребления; энергосбережение; энергоресурсы; норма расхода; приборы учета; услуги.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы вопрос ограниченности запасов топливно-энергетических ресурсов планеты является одним из первоочередных для государств. Особое внимание уделяется тому факту, что большая часть из них не возобновляема. Исходя из этого, в современном мире особое значение придается сбережению энергоресурсов. Оно позволит обеспечить более длительное сохранение и развитие цивилизации на Земле.

Каждый день любой из нас использует такие энергоресурсы, как природный газ, электрическая энергия, хозяйственно-питьевая вода. Мы знаем, что в рамках энергохозяйства выделяют первичные и вторичные ресурсы. Первичные энергоресурсы – те, что добываются из окружающей среды. Вторичные энергоресурсы – это ресурсы, образующиеся попутно при технологических процессах переработки первичных ресурсов. Они иначе называются «энергетические отходы», например, электрическая энергия, добываемая из других видов ресурсов и используемых человеком для своих нужд. Для определения необходимого объема энергоресурсов, потребляемых человеком, установлены и внедрены нормы расхода, или «социальные нормы». Также соответствующие нормы расхода были разработаны и введены для проведения расчетов за оказанные услуги с потребителями предприятий жилищно-коммунальной и энергетической отрасли.

Что такое «норма расхода»? Норма расхода – максимально возможное рациональное потребление топливно-энергетических ресурсов в процессе хозяйственной деятельности человека. Как правило, это фиксированное значение единиц использованного энергоресурса на одного человека в месяц. В ходе исследований выяснилось, что для каждого региона вводится свой норматив потребления ресурса, соответственно и тариф, но об этом позднее.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Таблица 1. Нормы расхода энергоресурсов на одного человека в месяц

Table 1. Energy consumption rates per person per month

Энергоресурс	Норма расхода на одного человека в месяц
Газ	11,3 м ³
Холодное водоснабжение	4,39 м ³
Горячее водоснабжение	3,17 м ³
Водоотведение	7,56 м ³

Данные в табл. 1 приведены согласно ниже перечисленным документам:

- 1) Приказ ГКЦТ РК от 18 сент. 2015 г. №52/2 «Об утверждении нормативов потребления природного газа населением, проживающим на территории Республики Крым, при отсутствии приборов учета»;
- 2) Постановление Совета министров Республики Крым от 25 мая 2016 г. №223 «Об утверждении нормативов потребления коммунальных услуг на территории Республики Крым (с изменениями на: 30.05.2017)».

При рассмотрении данных нормативов закономерно возникают вопросы: во-первых, выгодна ли установка приборов учёта на потребление энергоресурсов? во-вторых, действительно ли внедрение «социальной нормы» способствует энергосбережению?

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для их рассмотрения был проведен эксперимент, в котором определились показания за коммунальные услуги с приборов учёта у семьи, проживающей в квартире и состоящей из 5 человек за месяц. Важно отметить, что у взятой семьи установлены приборы учёта на все виды коммунальных услуг.

Сравним объем потребленных услуг по прибору учёта с нормативным. При этом учтем, что объем потребленных услуг без прибора учёта рассчитывается по нормативам потребления, приведенным в табл. 1. Поскольку норма дана на одного человека в месяц, а в нашем случае проживающих – 5 человек, то величину нормы потребления необходимо умножить на количество пользователей.

Таблица 2. Объем потребленных услуг за месяц

Table 2. Volume of services consumed per month

Услуга	Норматив потребления на одного человека в месяц	Объем потребленных услуг	
		С прибором учёта	Без прибора учёта
Газ	11,3 м ³	12 м ³	11,3 м ³ × 5 чел. = 56,5 м ³
Холодное водоснабжение	4,39 м ³	13 м ³	4,39 м ³ × 5 чел. = 21,95 м ³
Горячее водоснабжение	3,17 м ³	18 м ³	3,17 м ³ × 5 чел. = 15,85 м ³
Водоотведение	4,39 м ³ + 3,17 м ³ = 7,56 м ³	13 м ³ + 18 м ³ = 31 м ³	(4,39 м ³ + 3,17 м ³) × 5 чел. = 7,56 м ³ × 5 чел. = 21,95 м ³ + 15,85 м ³ = 37,8 м ³

Тарифы для потребляемых услуг, полученных по приборам учёта, отображаемые в табл.3, выбраны из следующих источников:
1) ГУП РК «Крымгазсети» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://crimeagasnet.ru/ceny-dlya-fizlic>, свободный.
2) ГУП РК «Вода Крыма» [Электронный ресурс]. –

Электрон. дан. – Режим доступа: <http://voda.crimea.ru/tarify>, свободный.
3) ГУП РК «Крымтеплокоммунэнерго» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://tce.crimea.com/novosti/tarify/tarify-nateplovuyu-energiyu-i-goryachuyu-vodu-na-2018-god-2>, свободный

Таблица 3. Тарифы, используемые для расчета на месяц

Table 3. Tariffs used for monthly settlement

Энергоресурс	Условие	Тариф
Газ	С прибором учёта (объем потребления за год меньше 3,5 тыс. м ³)	4,82708 руб./м ³
Холодная вода	С прибором учёта при горячем водоснабжении с канализацией	31,55 руб./м ³ (водоснабжение) + 15,47 руб./м ³ (водоотведение) = 47,02 руб./м ³
Горячая вода	С прибором учёта при горячем водоснабжении, включая обогрев воды	2849,75 × 0,05225 руб./м ³ (обогрев)* + 31,55 руб./м ³ (водоснабжение) = = 148,90 руб./м ³ + 31,55 руб./м ³ = 180,45 руб./м ³

*2849,75 руб. – стоимость 1 Гкал тепловой энергии, 0,05225 Гкал/м³ – норматив потребления.

Табл. 4 отображает стоимость потребленных услуг, полученных по нормативам.

Таблица 4. Стоимость услуг, используемых для расчета на месяц

Table 4. Cost of services used for the calculation of the month

Энергоресурс	Условие	Стоимость
Газ	При отсутствии прибора учета	$4,82708 \text{ руб./м}^3 \times 11,3 \text{ м}^3 = 54,55 \text{ руб./чел.}$
Холодная вода	При отсутствии прибора учета (для ООО «Вода Крыма») с водоотведением	$324,71 \text{ руб./чел.}^*$
Горячая вода	При отсутствии прибора учета (для ООО «Крымтеплокоммунэнерго»)	$622,03 \text{ руб./чел.}^{**}$

*- подробный расчет стоимости приведен ниже

** - аналогично, подробный расчет приведен ниже

Если говорить о тарифе, который используется при установленном приборе учёта, то тут всё предельно ясно: берется фиксированное значение рублей за единицу используемого энергоресурса. Стоимость при отсутствии прибора учёта для газа, холодной и горячей воды рассчитывается, исходя из нескольких ключевых параметров, а именно: норма расхода на одного человека в месяц, стоимость одной единицы используемой услуги и повышающий коэффициент (для водоснабжения).

Рассмотрим расчет стоимости холодной воды, чтобы понять, откуда берется $324,71 \text{ руб./чел.}$ Важно дополнить, что рассчитанная стоимость учитывает и использование канализации потребителем.

Распишем более подробно параметры:

1. Норма расхода.

Норма расхода на одного человека в месяц указана в табл. 1, и для холодной воды она составляет $4,39 \text{ м}^3$. Т.к. предприятие, поставляющее услугу, учитывает количество сброшенной горячей и холодной воды, то для водоотведения норма составляет $7,56 \text{ м}^3$.

2. Стоимость одной единицы используемой услуги.

Тариф на водоснабжение составляет $31,55 \text{ руб./м}^3$, на водоотведение – $15,47 \text{ руб./м}^3$.

3. Повышающий коэффициент. [6]

Повышающий коэффициент – это некое числовое значение, на которое будет умножен тариф за предоставленную услугу в случае несоблюдения требований нормативного акта, а именно:

- 1) Если не установлены приборы учета при наличии технической возможности;
- 2) Если в течение трех месяцев не восстановлен вышедший из строя прибор учёта;
- 3) Если срок эксплуатации прибора учёта истёк более 3 месяцев назад;
- 4) По истечении 3 расчетных периодов при недопуске 2 и более раз исполнителя

коммунальной услуги для проверки приборов учёта.

Значение коэффициента устанавливается в законодательном порядке и является инструментом мотивации для установки приборов учёта.

С 1 января 2017 года величина коэффициента составляет 1,5 (или 50% к нормативу).

Итого получаем для водоснабжения $1 \text{ чел.} \times 4,39 \text{ м}^3 \times 31,55 \text{ руб./м}^3 \times 1,5 = 207,76 \text{ руб./чел.}$, для водоотведения –

$$1 \text{ чел.} \times 7,56 \text{ м}^3 \times 15,47 \text{ руб./м}^3 = 116,95 \text{ руб./чел.}$$

Суммируя, видим действующий тариф на одного человека в месяц для холодной воды – $207,76 \text{ руб./чел.} + 116,95 \text{ руб./чел.} = 324,71 \text{ руб./чел.}$

Рассмотрим расчет стоимости горячей воды. Она складывается из водоснабжения и обогрева воды. Распишем точно так же, как и стоимость холодной воды:

1. Норма расхода.

Норма расхода на одного человека в месяц для горячей воды указана в табл. 1, и она составляет $3,17 \text{ м}^3$.

2. Стоимость одной единицы используемой услуги.

Тариф на водоснабжение составляет $31,55 \text{ руб./м}^3$, а стоимость тепловой энергии, которую предприятие учитывает при обогреве холодной воды для её дальнейшего пользования, – $148,90 \text{ руб./м}^3$.

3. Повышающий коэффициент. [6]

Как говорилось ранее, величина коэффициента составляет 1,5 (или 50% к нормативу).

Тогда, выполняя математические вычисления, имеем

$$1 \text{ чел.} \times 3,17 \text{ м}^3 \times 31,55 \text{ руб./м}^3 \times 1,5 = 150,02 \text{ руб./чел.}$$

– стоимость услуги водоснабжения, $1 \text{ чел.} \times 3,17 \text{ м}^3 \times 148,90 \text{ руб./м}^3 = 472,01 \text{ руб./чел.}$ – стоимость услуги обогрева холодной воды. В

сумме получаем 150,02 руб./чел. +
472,01 руб./чел. = 622,03 руб./чел.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Табл. 5 отображает объем потребленных услуг выбранной нами семьи.

Таблица 5. Стоимость ресурса за месяц с учетом тарифов

Table 5. The cost of the resource for a month, including tariffs

Энергоресурс	Расход за месяц	Норма расхода на пять человек в месяц	Стоимость ресурса за месяц с учетом тарифов, руб.		Разница, руб.
			По приборам учета	Без приборов учета	
Газ	12 м ³	56,5 м ³	57,92	272,75	На 214,83
Холодная вода	13 м ³ (13 000 л)	21,95 м ³ (21 950 л)	611,26	1 623,55	На 1 012,29
Горячая вода	11 м ³ (11 000 л)	15,85 м ³ (15 850 л)	1 984,95	3 110,15	На 1 125,20

ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате расчетов было установлено, что использование приборов учета расхода горячей и холодной воды, газа выгоднее, чем использование тех же энергоресурсов без приборов учета. В связи с чем можно сделать вывод, что норма потребления каждого из ресурсов завышена.

Рассмотрим для начала социальную сторону вопроса. Несмотря на то, что потребитель имеет право выбирать ставить ли ему прибор учета расхода или нет, нормативы, увеличенные в среднем от 1,5 до 5 раз, влияющие на тарифы при отсутствии приборов учета, выступают в роли инструмента для принудительной его установки. Но ведь не каждый может позволить себе установить прибор учета, так как данная процедура является недешевой. Почему предприятия, обеспечивающие нас, не учли это? Необходимо продумать и разработать государственную программу, с которой предприятие будет иметь возможность установки прибора учета.

С другой стороны, если сравнивать тот же реальный и расчетный объем потребления коммунальных услуг, то можно отметить, что реальный меньше расчетного почти в 3 раза. Почему так происходит? Дело в том, что, имея завышенную норму потребления, например, предприятие, обеспечивающее водой пользователя без установленного прибора учета, вынуждено подавать в сеть заявленный объем ресурса. Как следствие, на него увеличиваются затраты на забор воды, её очистку, распределение по насосным станциям, их работу, транспортировку до пользователя. Если установлено такое значение «социальной нормы», то предприятие не может

предугадать, возьмет ли его потребитель. Но в тоже время излишний, не израсходованный, обработанный им объем пропадает. Он выводится из объема ресурса.

Считаем необходимым изучить этот вопрос для совершенствования использования энергетических ресурсов в условиях ограниченности ресурса воды в нашем регионе и затрудненности поставок других энергоносителей, используемых в коммунальном хозяйстве. А также необходимо пересмотреть нормы, установленные для ООО «Вода Крыма», ООО «Крымтеплоснабжение» и ПАО «Крымгазсети» с целью обеспечения социальных прав потребителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Об утверждении нормативов потребления природного газа населением, проживающим на территории Республики Крым, при отсутствии приборов учета: приказ ГКЦТ РК от 18 сент. 2015 г. №52/2 // Собрание законодательства. – 2015. – с.2.
2. Об утверждении нормативов потребления коммунальных услуг на территории Республики Крым (с изменениями на: 30.05.2017): постановление Совета министров Республики Крым от 25 мая 2016 г. №223 // Собрание законодательства. – 2015. – с.4.
3. ГУП РК «Крымгазсети» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://crimeagasnet.ru/ceny-dlya-fizlic>, свободный.
4. ГУП РК «Вода Крыма» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://voda.crimea.ru/tarify>, свободный.
5. ГУП РК «Крымтеплокоммунэнерго» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://tce.crimea.com/novosti/tarify/tarify-na->

teplovuyu-energiyu-i-goryachuyu-vodu-na-2018-god-2, свободный.

6. Повышающий коэффициент для потребителей, не установивших соответствующий прибор учета// ГУП РК «Вода Крыма» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://voda.crimea.ru/povyshayushhij-koefficient>, свободный.

7. Об утверждении оптовых цен на газ, реализуемый потребителям Республики Крым и города федерального значения Севастополя: приказ Федеральной антимонопольной службы от 20 нояб. 2018 №1609/18 // Собрание законодательства. – 2018.

8. Об утверждении размера платы за снабженческо-сбытовые услуги, оказываемые конечными потребителям газа ГУП РК «Крымгазсети», тарифов на услуги по транспортировке газа по газораспределительным сетям ГУП РК «Крымгазсети» и специальной надбавки к тарифу на услуги по транспортировке газа по газораспределительным сетям ГУП РК «Крымгазсети» для финансирования программы газификации на 2019 год: приказ Государственного комитета по ценам и тарифам Республики Крым от 21 дек. 2018 года № 64/2 // Собрание законодательства. – 2019.

9. Об утверждении розничных цен на природный газ, реализуемый населению на территории Республики Крым ГУП РК «Крымгазсети» на 2019 год: приказ Государственного комитета по ценам и тарифам Республики Крым от 21 декабря 2018 № 64/3 // Собрание законодательства. – 2018.

10. О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации о налогах и сборах: Федеральный закон от 03.08.2018 № 303-ФЗ (в ред. от 30.10.2018) // Собрание законодательства. – 2018.

11. Гаффарова Э.У., Николенко И.В., Салиев Э.И. Анализ состояния системы водоснабжения и водоотведения и качество, как основное свойство. // «Науковий вісник будівництва» (ВАК) – Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков (сборник № 71, стр. 285-298).

12. Организационные структуры управления производством. // Под общей ред. Б.З.Мильнера. – М.: Мысль, 1975.

13. Салиев Э.И. Водные перспективы Крыма. // Житлово-Комунальне Господарство України. - 2009, №1(14) – с.42

14. Салиев Э.И. К проблеме энергосбережения в коммунальной теплоэнергетике Автономной Республики Крым // Промышл. теплотехника. – 2006. – № 5. – С. 66–69.

15. Подколзина Е.А., Рябина А.Ю., Юдкевич М.М. Основы теории контрактов: модели и задачи. – М.: ГУ ВШЭ, 2002.

16. Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых

организационных систем. – М.: Фонд «Проблемы управления», 1999.

17. Новиков Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. – М.: ИПУ РАН, 2003.

18. Салиев Э.И. Качество как базовый элемент надежности систем водоснабжения. // Міжнародний конгрес і технічна виставка «ЕТЕВК-2013» «Збірка доповідей, м. Ялта, 1-5 червня 2013 р.

19. Васильева О.Н., Засканов В.В., Иванов Д.Ю., Новиков Д.А. Модели и методы материального стимулирования (теория и практика). – М.: ЛЕНАНД, 2007.

REFERENCES

1. On approval of standards for the consumption of natural gas by the population living in the territory of the Republic of Crimea, in the absence of metering devices: order State Committee on Prices and Tariffs of the Republic of Crimea No.52/2 from September 18, 2015 // Legislative Acts of the Russian Federation. – 2015. – p. 2. (In Russian)

2. On approval of standards for the consumption of public services in the territory of the Republic of Crimea (as amended on: 05/30/2017): Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Crimea No.223 of May 25, 2016 // Legislative Acts of the Russian Federation. – 2015. – p. 4. (In Russian)

3. State unitary enterprise of the Republic of Crimea «Krymgazseti» [Electronic resource]. – Electronic data. – Access mode: <http://crimeagasnet.ru/ceny-dlya-fizlic>, free.

4. State unitary enterprise of the Republic of Crimea «Voda Kryma» [Electronic resource]. – Electronic data. – Access mode: <http://voda.crimea.ru/tarify>, free.

5. State unitary enterprise of the Republic of Crimea «Krymteplokommunenergo» [Electronic resource]. – Electronic data. – Access mode: <http://tce.crimea.com/novosti/tarify/tarify-na-teplovuyu-energiyu-i-goryachuyu-vodu-na-2018-god-2>, free.

6. Increase factor for consumers who have not installed the appropriate metering device // State unitary enterprise of the Republic of Crimea «Voda Kryma» [Electronic resource]. – Electronic data. – Access mode: <http://voda.crimea.ru/povyshayushhij-koefficient>, free.

7. On approval of wholesale prices for gas sold to consumers of the Republic of Crimea and the federal city of Sevastopol: Federal Antimonopoly Service Order No. 1609/18 of November 20, 2018// Legislative Acts of the Russian Federation. – 2018. (In Russian)

8. On the approval of the size of the payment for supply and distribution services rendered to end users of gas by the State unitary enterprise of the Republic of Crimea «Krymgazseti», tariffs for gas transportation services through gas distribution networks the tariff for gas transportation services through gas distribution networks State unitary enterprise for the Republic of Crimea «Krymgazseti» to finance the gasification

program for 2019: order of the State Committee on Prices and Tariffs of the Republic of Crimea No. 64 from 21 December. 2018, /// Legislative Acts of the Russian Federation. – 2019. (In Russian)

9. On approval of retail prices for natural gas sold to the population in the territory of the Republic of Crimea State unitary enterprise of the Republic of Crimea «Krymgazseti» for 2019: order of the State Committee on Prices and Tariffs of the Republic of Crimea No. 64/3 of December 21, 2018 // Legislative Acts of the Russian Federation. – 2018. (In Russian)

10. On Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation on Taxes and Fees: Federal Law of 03.08.2018 No. 303-FL (as amended on 30.10.2018) // Legislative Acts of the Russian Federation. – 2018.

11. Gaffarova, E.U., Nikolenko, I.V., Saliev, E.I. Analysis of the state of the water supply and drainage system and quality as the main property. // «Scientific Bulletin of Construction» (VAK)– Kharkiv National University of Construction and Architecture, Kharkiv (collection No. 71, pp. 285-298). (In Russian)

12. Organizational structure of production management. // Under the general ed. B.Z. Milner. – Moscow: Mysl', 1975.

13. Saliev E.I. Water prospects of the Crimea. // Housing and Communal Services of Ukraine. – 2009, №1(14) – p.42 (In Russian)

14. Saliev E.I. To the problem of energy saving in the communal power system of the Autonomous Republic of Crimea. // Industrial heat engineering. – 2006. – № 5. – pp. 66–69. (In Russian)

15. Podkolzina E.A., Ryabina A.Yu., Yudkevich M.M. Basics of the theory of contracts: models and tasks. – Moscow: SU–HSE, 2002. (In Russian)

16. Novikov D.A. Mechanisms of functioning of multi-level organizational systems. – Moscow: Fond: «Problemy upravleniya», 1999. (In Russian)

17. Novikov D.A. Network structures and organizational systems. – Moscow: Institute of Control Sciences RAS, 2003. (In Russian)

18. Saliev E.I. Quality as a basic element of reliability of water supply systems. // International Congress and Technical Exhibition «ETEVK-2013» «Zbirka dopovidej», Yalta, June 1-5, 2013 (In Russian)

19. Vasilieva O.N., Zaskanov V.V., Ivanov D.Yu., Novikov D.A. Models and methods of material stimulation (theory and practice). – Moscow: LENAND, 2007. (In Russian)

PROPOSALS ON THE ECONOMY OF ENERGY RESOURCES USED IN LIFE

Saliev E.I., Avdienko T.O.

Summary This article discusses the important and topical issue of saving the limited reserves of fuel and energy resources used by consumers in everyday life in the form of services received from enterprises of housing and communal and energy industries. The main attention is paid to the analysis of the objectivity of established and applied consumption rates, but it is precisely: to ascertain whether the installation of metering devices that record consumption is beneficial, and whether the introduction of consumption rates for energy resources contributes to their saving. The analysis is justified by the calculations in this article, and is based on a comparison of the fixed values of the norms established by enterprises with the actual consumption of energy resources.

Key words: consumption standard; energy saving; energy resources; consumption rate; metering devices; services.

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 331.45

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ КАК ОДИН ИЗ МЕТОДОВ ПРОФИЛАКТИКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

Абильгарова Э.Н.

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Республики Крым «Крымский инженерно-педагогический университет», г. Симферополь,

пер. Учебный, 8, e-mail: elviza2008@gmail.com

Аннотация. В статье затрагивается проблема профилактики производственного травматизма. Автор работы отмечает важность проведения профилактических мероприятий, направленных на снижение несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. Анализируются числовые показатели относительно производственного травматизма по Республике Крым, а также статистические данные финансирования мероприятий на охрану труда. Раскрываются основные причины несчастных случаев на производстве. Установлено, что основной причиной роста производственного травматизма является несовершенство системы управления охраной труда. Выделены международные и национальные документы, направленные на снижение производственного травматизма. Сделан вывод о необходимости реальной адаптации принятых правовых положений в зависимости от специфики деятельности предприятия, организации. Авторами акцентируется внимание на том, что ключевым методом профилактики несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний является формирование культуры безопасности. Представлена характеристика публикаций, раскрывающих вопросы формирования культуры безопасности. Дальнейшее развитие получило понятие «культура безопасности». Перспектива исследования предполагает разработку программы обучения по охране труда для работников предприятий, организаций на основе использования международного опыта, нацеленной на формирование культуры безопасности.

Предмет исследования: исследование направлено на поиск и решение проблем, связанных со снижением производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на производстве, с разработкой мероприятий по их предупреждению.

Материалы и методы: изучение и обобщение международных и национальных документов по проблеме исследования, анализ и сравнение статистических данных относительно производственного травматизма, анализ и сравнение данных относительно финансирования мероприятий на охрану труда, классификация и систематизация научной литературы по проблеме исследования.

Результаты: Представлены результаты анализу публикаций, предметом исследования которых являются вопросы, связанные со снижением производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, с разработкой мероприятий по их предупреждению. Рассмотренные статистические данные производственного травматизма на предприятиях и в организациях Республики Крым за период 2014-2017 гг. показывают сохраняющуюся тенденцию роста числа пострадавших при несчастных случаях на производстве. Констатация приведенных фактов свидетельствует о несовершенстве системы управления охраной труда, а также о неэффективности мероприятий, направленных на предупреждение несчастных случаев. Обоснована необходимость формирования культуры безопасности у будущих специалистов как одного из методов профилактики производственного травматизма.

Выводы: Важным компонентом профилактики производственного травматизма являются анализ причин его возникновения и разработка мероприятий по его предупреждению. В законодательно-правовом поле для решения обозначенной проблемы сделаны определенные шаги: разработаны программы нулевого травматизма, безопасного труда, положения о системе управления охраной труда, обобщены методики оценки рисков. Однако необходима реальная адаптация принятых правовых положений в зависимости от специфики деятельности предприятия, организации. С этой целью актуальным является повышение уровня информированности и повышения качества обучения работодателей и работников по вопросам охраны труда. Ключевым методом профилактики несчастных случаев на производстве и профессиональной заболеваемости видим в формировании культуры безопасности на этапе вузовской подготовки специалистов, а также в процессе осуществления ими профессиональной деятельности.

Ключевые слова: производственный травматизм, несчастный случай, охрана труда, профилактика, культура безопасности.

ВВЕДЕНИЕ

Важным аспектом трудовой деятельности человека, а также производительности труда выступают безопасность, комфортные безопасные и безвредные условия труда.

В соответствии с основными положениями Конвенции Международной организации труда № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда», принятой в Женеве в 2006 г. и ратифицированной Российской Федерацией Федеральным законом № 265-ФЗ от 04.10.2010 г., каждое государство-член в целях предупреждения случаев производственного травматизма, профессиональных заболеваний и гибели людей на производстве содействует созданию безопасной и здоровой производственной среды посредством разработки соответствующей национальной политики и создания необходимых органов управления, отвечающих за вопросы безопасности и гигиены труда. Каждое государство-член разрабатывает, проводит, следит за выполнением, оценивает и периодически пересматривает национальную программу по безопасности и гигиене труда на основе консультаций с наиболее представительными организациями работодателей и работников.

Учитывая вышеизложенное, можно констатировать, что внедрение профилактических мероприятий, направленных на снижение несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, является актуальным заданием сегодняшнего дня по обеспечению безопасности труда в процессе профессиональной деятельности.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В научном мире активно проводятся исследования по анализу причин возникновения несчастных случаев, а также разработке мероприятий по их уменьшению. Роль психологического фактора в анализе и профилактике производственного травматизма глубоко рассматривали Г.В. Пачурин и Т.И. Курагина [1]. С целью профилактики производственного травматизма на основании результатов его анализа ими предлагается смещение центра тяжести с процедур внешнего контроля со стороны вышестоящего руководителя или контрольных органов в сторону внутренней самооценки работников (самообследования) [1, с. 31]. На важность риск-менеджмента в построении системы управления охраной труда указывает Т.А. Заглодина [2]. В.Н. Ефремова подчеркивает, что одной из эффективных организационно-профилактических мер по результатам расследования несчастных случаев на производстве является проведение внеочередной проверки знаний по охране труда у руководителей и специалистов организации [3]. По-мнению В.А. Гарта, эффективным методом профилактики

производственного травматизма является проведение профессионального психологического отбора для тех профессий, в которых особенно велика роль индивидуальных психологических качеств и характерологических особенностей личности [4]. Как считают А.А. Тихомиров и С.В. Воронкин, значительная роль в обеспечении безопасности принадлежит производственному коллективу [5]. Примером реализации некоторых мероприятий по профилактике производственного травматизма могут быть подходы (законодательно-правовой механизм, рыночные рычаги, повышение экологического образования), рассмотренные авторами статьи [6]. Анализ научных работ показывает, что основными мероприятиями, направленными на предотвращение производственного травматизма являются: определение рисков на производстве и управление ими; обучение по охране труда; пропаганда безопасных и безвредных условий труда; создание здорового психологического климата в коллективе; совершенствование системы управления охраной труда; построение системы психологического профотбора работников. Как видим, рассмотренные аспекты исследования широко представлены в публикациях ученых. В тоже время проблема формирования культуры безопасности как одного из методов профилактики производственного травматизма требует более глубокого изучения.

Рассмотрим проблему профилактики производственного травматизма в законодательно-правовом русле. Вопросы профилактики несчастных случаев и профессиональных заболеваний занимают важное место в мировом сообществе. Так, Международной ассоциацией социального обеспечения (МАСО) разработана Концепция «Нулевой травматизм» или ««Vision Zero» и запущена в Сингапуре 4 сентября 2017 года на XXI Всемирном конгрессе по безопасности и гигиене труда [7]. Концепция предлагает новый подход относительно профилактики производственного травматизма, требует осознанной деятельности всех участников производственного процесса, начиная от собственника предприятия и заканчивая работниками, с целью предотвратить любые несчастные случаи на производстве. В основе концепции положены семь «золотых правил», внедрение которых позволит работодателю снизить показатели производственного травматизма и профессиональной заболеваемости: 1) стать лидером – показать приверженность принципам; 2) выявлять угрозы – контролировать риски; 3) определять цели – разрабатывать программы; 4) создать систему безопасности и гигиены труда – достичь высокого уровня организации; 5) обеспечивать безопасность и гигиену на рабочих местах, при работе со станками и оборудованием; 6) повышать квалификацию – развивать профессиональные навыки; 7) инвестировать в кадры – мотивировать посредством участия.

Необходимо отметить, что данные правила характеризуются гибкостью и любое предприятие может использовать их для разработки и реализации стратегии охраны труда [8].

Обращаем внимание, что Российская Федерация на площадке Международной специализированной выставки «Безопасность и охрана труда - 2017» присоединилась к Концепции нулевого травматизма подписанием Меморандума между Министерством труда и социальной защиты РФ и Международной ассоциацией социального обеспечения о взаимопонимании и сотрудничестве по продвижению Концепции «нулевого травматизма». Главная цель меморандума – привлечение национальных компаний к участию в глобальной кампании Концепции «нулевого травматизма» и реализация стратегии профилактики Концепции «нулевого травматизма» на уровне компаний [9]. На русской версии сайта [10] любая организация может самостоятельно зарегистрироваться, подать заявку и получить сертификат. Однако это не означает, что программа нулевого травматизма внедрена. Для реализации проекта необходимо ее адаптировать в соответствии со спецификой предприятия, разработать конкретный план действий. По нашему мнению, успешность реализации программы нулевого травматизма зависит от психологической готовности руководства и подчиненных пошагово воплощать в действие «золотые правила», моральной ответственности соблюдать и выполнять правила безопасности труда.

Следует отметить, что национальная политика в области охраны труда не ограничивается Концепцией нулевого травматизма. Так, в рамках государственной программы Российской Федерации «Содействие занятости населения», утвержденной постановлением Правительства РФ 15 апреля 2014 г. № 298, разработана новая подпрограмма «Безопасный труд». Данная подпрограмма принята постановлением Правительства РФ от 30 марта 2018 г. № 363 «О внесении изменений в государственную программу Российской Федерации «Содействие занятости населения». Целью подпрограммы «Безопасный труд» является создание условий для формирования культуры безопасного труда и повышение эффективности мер, направленных на сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Основной задачей вышеуказанной подпрограммы выступает обеспечение приоритета предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости; улучшение условий труда. Обращаем внимание, что с основными характеристиками подпрограммы (целевые индикаторы и показатели подпрограммы, объем бюджетных ассигнований, сроки и этапы реализации, ожидаемые результаты) можно ознакомиться в паспорте подпрограммы. Кроме того, важную правовую базу по предупреждению

производственного травматизма составляют ГОСТ 12.0.230-2007 «Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной труда. Общие требования»; ГОСТ 12.0.230.1-2015 «Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Руководство по применению ГОСТ 12.0.230-2007»; Типовое положение о системе управления охраной труда, утверждённое приказом Минтруда России от 19 августа 2016 г. № 438н.; ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда».

Анализ представленных документов показывает, что вопросы профилактики производственного травматизма занимают особое место в международной и национальной политике в области обеспечения безопасности труда. В тоже время числовые показатели несчастных случаев, представленные ниже в результатах данной статьи, свидетельствуют о несовершенстве системы управления охраной труда, о неэффективности мероприятий, направленных на предупреждение несчастных случаев. Учитывая вышеизложенное, проблема профилактики производственного травматизма, поиска новых подходов к совершенствованию системы управления охраной труда требует дальнейшего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель данной работы – обоснование необходимости проведения профилактических мероприятий, направленных на снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, а также акцентирование внимания на важности и целесообразности формирования культуры безопасности на этапе вузовской подготовки специалистов, а также в процессе осуществления ими профессиональной деятельности. В работе применены следующие методы исследования: изучение и обобщение международных и национальных документов по проблеме исследования, анализ и сравнение статистических данных относительно производственного травматизма, анализ и сравнение данных относительно финансирования мероприятий на охрану труда, классификация и систематизация научной литературы по проблеме исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В соответствии с ГОСТ 12.0.002-2014 «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения» несчастный случай на производстве - случай серьезного травматического воздействия на работника опасного производственного фактора при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ, в результате которого произошла временная (не ниже нормативно установленной длительности)

или постоянная (стойкая) потеря трудоспособности или наступила смерть пострадавшего. Несчастный случай на производстве является особо важной для охраны труда разновидностью несчастного случая, носит юридический характер, а потому требует расследования, квалификации, учета и компенсации в соответствии с Постановлением Минтруда России от 24.10.2002 № 73 (ред. от 14.11.2016) «Об утверждении форм документов, необходимых для расследования и учета несчастных случаев на производстве, и положения об особенностях расследования несчастных случаев на производстве в отдельных отраслях и организациях».

Обращаем внимание, что главными задачами расследования несчастных случаев на производстве является установление их причин и разработка мероприятий по их предупреждению. В свою очередь предупреждение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости включает в себя управление, прогнозирование, планирование и обязательства по предвосхищению опасностей, оценки риска и принятия мер до того, как произойдет несчастный случай или возникнет заболевание. Это может быть достигнуто только при выполнении всех указанных выше мероприятий и при совместных действиях всех заинтересованных сторон – работодателя, в первую очередь несущего обязанности и ответственность за обеспечение безопасных и здоровых условий труда, руководящего персонала, руководителей работ, работников и их уполномоченных (доверенных) лиц по охране труда, профсоюзов – через обсуждение, коллективные договоры, комитеты (комиссии) по охране труда и т.д. Все эти стороны играют важную роль в улучшении состояния охраны труда с помощью эффективного социального диалога [11].

Рассмотрим состояние производственного травматизма на предприятиях и в организациях Республики Крым. Так, по данным Крымстата число пострадавших от несчастных случаев на производстве в 2014 г. составило 88 человек, из них со смертельным исходом - 9 человек; в 2015 г. - 130 человек, из них со смертельным исходом - 12 чел.; в 2016 г. - 142 человека, из них со смертельным исходом - 13 чел.; в 2017 г. - 149 человек, из них со смертельным исходом - 7 чел. Израсходовано средств на охрану труда предприятиями (организациями) в 2014 г. – 239,7 млн. руб., в том числе в расчете на одного работающего – 1695,2 руб.; в 2015 г. – 629,8 млн. руб., в том числе в расчете на одного работающего – 3335,5 руб.; в 2016 г. – 998,7 млн. руб., в том числе в расчете на одного работающего – 5031,4 руб.; в 2017 г. – 1403,5 млн. руб., в том числе в расчете на одного работающего – 7005,8 руб. [12]. Анализ статистических данных показывает, что несмотря на увеличивающийся объем финансирования мероприятий на охрану труда из год в год тенденция роста производственного травматизма сохраняются. Это свидетельствует о

несовершенстве мер, направленных на улучшение условий и охраны труда.

Необходимо отметить, что на сайте Крымстата информация относительно производственного травматизма по причинам его возникновения отсутствует. Однако по данным общероссийского мониторинга условий труда наиболее распространенными видами несчастных случаев с тяжелыми последствиями, происшедших в 2017 году в организациях Российской Федерации, были: падение пострадавшего с высоты (31,0%); воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов, деталей, машин и механизмов (24,5%); транспортные происшествия (14,2%); падения, обрушения, обвалов предметов, материалов, земли (11,9%). В общей структуре причин несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями, происшедших в Российской Федерации в 2017 году, 69,3% несчастных случаев обусловлены причинами организационного характера (неудовлетворительная организация производства работ и недостатки в обучении работников безопасности труда) и «человеческим фактором» (нарушения работниками требований безопасности и трудовой дисциплины). Так, только по причине неудовлетворительной организации производства работ в 2017 году произошел почти каждый третий несчастный случай (30,4%). Технологические и технические (техногенные) факторы послужили причинами 7,5% несчастных случаев с тяжелыми последствиями [13, с. 7].

Анализ причин несчастных случаев свидетельствует о преобладающей роли человеческого фактора в создании предпосылок травмоопасных ситуаций. Как отмечают авторы работы, к основным причинам возрастания числа и тяжести травматизма, связанного с человеческим фактором, относят: значительный рост числа и уровня опасностей в труде и понижение непосредственных физических возможностей человека противостоять этим опасностям; значительное увеличение цены ошибки; адаптация человека к опасностям его труда (постоянное общение с техникой притупляет у человека чувство опасности); нарушение правил безопасности труда (человек адаптируется не только к опасностям, но и к нарушениям правил) [14, с. 164].

К вышесказанному необходимо добавить, что в последнее время увеличилась доля аварий, которые происходят через неправильные действия персонала, что связано с низким уровнем профессиональной компетентности, неумением быстро мобилизоваться и принимать решения в нестандартных ситуациях. Примером тому может послужить авария на Чернобыльской АЭС. Так, Международная консультативная группа по ядерной безопасности (англ. International Nuclear Safety Advisory Group, сокр. INSAG) Международного агентства по атомной энергии (сокр. МАГАТЭ, англ. International Atomic Energy Agency, сокр. IAEA)

пришла к выводу, что главная причина на Чернобыльской АЭС заключается в человеческом факторе. Такие причины как недостаточная подготовка оперативного персонала, халатность и расхлябанность (допустимость отклонений от технического регламента по безопасности) привели к тяжелым последствиям. С учетом сказанного, МАГАТЭ в серии изданий по безопасности пришла к выводу, что на всех действующих атомных электростанциях необходимо создавать и поддерживать «культуру безопасности», которая связана с личной ответственностью, личной преданностью делу, направленное на безопасность мышление, внутренняя критическая позиция, психологическая настроенность на безопасность. В частности, в докладе МКГЯБ «Культура безопасности» № 75-INSAG-4 было раскрыто концепцию культуры безопасности и дано четкое определение культуре безопасности [15]. Так, было предложена следующая формулировка культуры безопасности: это такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности АС, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью.

Обращаем внимание, что в контексте изучаемого вопроса Международная организация труда также уделяет пристальное внимание к культуре безопасности. В серии докладов МОТ акцентирует внимание на важности определения производственных рисков и опасностей, важности поддержания культуры профилактических мер в охране труда, развития культуры охраны труда. В глобальной стратегии безопасности и гигиены труда на производстве МОТ обозначила важность пропаганды «культуры предупредительных мер по охране труда» в мировом масштабе, а также необходимость эффективного управления связанными с работой рисками. Кроме того, МОТ дала определение термину «национальная культура предупредительных мер по охране труда»: «...культура, в которой право на безопасную и здоровую производственную среду признается на всех уровнях; в которой правительства, работодатели и работники активно участвуют в обеспечении безопасной и здоровой производственной среды через систему определенных прав, обязанностей и обязательств; в которой принципу предотвращения производственных травм и профессиональных заболеваний придается первостепенное значение» [16]. В последующих докладах МОТ «Продвижение культуры охраны труда» (Женева, 2005 г.), «Вместе повысим культуру профилактики в охране труда» (Женева, 2015 г.), «Формирование культуры охраны труда. Руководство по Конвенции 1981 года о безопасности и гигиене труда, и производственной среде (№ 155) и Протоколу к ней 2002 года и по Конвенции 2006 года об основах, содействующих безопасности и гигиене труда (№ 187)» (Женева, 2016 г.)»,

посвященных Всемирному Дню охраны труда, призывает на национальном уровне повышать и поддерживать культуру профилактики в охране труда и ими используется понятие «национальная культура охраны труда», которое трактуется как уважение права на безопасные и здоровые условия труда на всех уровнях, когда правительства, работодатели и работники активно участвуют в обеспечении безопасной и безвредной для здоровья производственной среды, четко определяя права и обязанности, и когда наивысший приоритет отдается принципу профилактики [17].

Необходимо отметить, что в Российской Федерации по исследуемой проблеме активно работают представители педагогических, психологических наук, а также Министерства чрезвычайных ситуаций РФ: В.А. Акимов, Э.Н. Аюбов, Т.В. Белых, В.В. Березуцкий, Ю.Л. Воробьев, В.В. Гафнер, И.А. Голубева, В.А. Девисилов, С.С. Дегтярев, А.А. Дронов, Р.А. Дурнев, В.А. Евтеев, Т.В. Зырянова, А.В. Казьмина, П.И. Кайгородов, С.Э. Косынкина, В.Н. Кузнецов, В.А. Машин, А.А. Михайлов, Л.А. Моссоулина, И.Н. Немкова, Ю.В. Репин, В.В. Сапронов, А.В. Снегирев, Т.В. Суворова, Н.В. Твердохлебов, Н.А. Усачев, Ю.В. Фетисова, А.И. Ширшков. Значительный вклад в развитие педагогической науки внесли докторские диссертации Л.Н. Гориной, И.В. Иовенко, В.В. Мошкина. Анализ научных работ показывает, что учеными предложены и рассмотрены различные концепции, модели, организационно-педагогические условия, подходы, методы формирования, воспитания и развития у детей дошкольного возраста, учащихся, студентов, учителей безопасности жизнедеятельности культуры безопасности жизнедеятельности, культуры безопасности личности, культуры безопасности профессиональной деятельности. В нашем исследовании склоняемся к тому, что применительно к охране труда, к безопасному ведению работ на производстве целесообразно применять понятие «культура безопасности». Считаем, что такая трактовка имеет более широкий смысл, куда включается и культура охраны труда, и культура производства, и культура профилактики в охране труда, и эстетическая культура труда. В связи с этим имеется острая необходимость формирования культуры безопасности на этапе вузовской подготовки специалистов, а также в процессе осуществления ими профессиональной деятельности.

По-мнению многих исследователей, решительным фактором в обеспечении безопасности труда на производстве является роль личности самого работника, его профессионализм, качество труда, психологическое мышление. Учитывая это, нужно обратить внимание на личностный аспект подготовки специалиста, у которого необходимо сформировать культуру безопасности, умение оценить среду пребывания относительно личной безопасности, безопасности

коллектива, общества и способность к решению профессиональных задач, связанных с обеспечением сохранения жизни и здоровья персонала объектов хозяйствования, в условиях опасных и чрезвычайных ситуаций. Необходимо, чтобы безопасность стала приоритетной целью и внутренней потребностью отдельного человека, коллектива и общества в целом.

Исходя из выше сказанного, мы рассматриваем культуру безопасности как интегральное качество личности, характеризующейся совокупностью профессиональных знаний, умений и навыков безопасного осуществления профессиональной деятельности и высокой степенью ответственности, самоорганизации и саморазвития, основанных на глубоком осознании приоритета безопасности при решении профессиональных задач. Культура безопасности представляет интеграционную характеристику, включающая себя: знания законодательных и нормативных правовых документов по охране труда; знания методов и приемов безопасного осуществления профессиональной деятельности; умения безопасного производства работ; здоровое состояние человека в процессе труда. Для формирования культуры безопасности имеется острая необходимость в пересмотре программ обучения по охране труда с ориентацией на культуру безопасности, а также в совершенствовании содержания учебного материала по вопросам охраны труда с учетом культурологического подхода. Кроме того, для формирования культуры безопасности необходимо обеспечить следующие условия: создание благоприятной образовательной среды; стимулирование студента к самообразованию и самоконтролю своей учебной деятельности; акцентирование внимания на жизненно-образовательном опыте студента и приобретении нового опыта в процессе практической деятельности; мотивирование у студентов стремлений безопасного выполнения профессиональных задач в процессе трудовой деятельности; применение интерактивных, компьютерных технологий и творческих форм обучения в процессе овладения знаниями, умениями, навыками по безопасности труда с целью повышения познавательной активности студентов.

ВЫВОДЫ

Важным компонентом профилактики производственного травматизма являются анализ причин его возникновения и разработка мероприятий по его предупреждению. В законодательно-правовом поле для решения обозначенной проблемы сделаны определенные шаги: разработаны программы нулевого травматизма, безопасного труда, положения о системе управления охраной труда, обобщены

методики оценки рисков. Однако необходима реальная адаптация принятых правовых положений в зависимости от специфики деятельности предприятия, организации. С этой целью актуальным является повышение уровня информированности и повышения качества обучения работодателей и работников по вопросам охраны труда. Ключевым методом профилактики несчастных случаев на производстве и профессиональной заболеваемости видим в формировании культуры безопасности на этапе вузовской подготовки специалистов, а также в процессе осуществления ими профессиональной деятельности. Дальнейшее исследование требует разработки программы обучения по охране труда для работников предприятий, организаций на основе использования международного опыта, нацеленной на формирование культуры безопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Роль психологического фактора в анализе и профилактике производственного травматизма // Безопасность труда в промышленности. 2010. № 7. С. 28 - 31.
2. Заглодина Т.А. Роль риск-менеджмента в профилактике производственного травматизма на предприятии // Юность и Знания – Гарантия Успеха. 2015. Т. 2. С. 196 – 200.
3. Ефремова В.Н. Рекомендации по разработке мероприятий по профилактике производственного травматизма // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 г.: сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей. 2018. С. 283 – 284. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_32815472_85459267.pdf. (дата обращения 05.01.2019).
4. Гарт В.А. Профилактика производственного травматизма на основе психологического обеспечения // Череповецкие научные чтения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 2016. С. 44 – 46. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_29965289_15781228.pdf. (дата обращения 05.01.2019).
5. Тихомиров А.А., Воронкин С.В. Психология и роль коллектива в обеспечении безопасности труда на производстве // Безопасность труда в промышленности. 2011. № 6. С. 22 – 26.
6. Захаров Р.Ю, Ковалёв А.А., Волкова Н.Е. Подходы к реализации прав человека на благоприятную окружающую среду // Строительство и техногенная безопасность. 2018. №12 (64). С. 157 – 165.
7. Vision Zero. Семь «золотых правил» производства с нулевым травматизмом и с безопасными условиями труда: Руководство для работодателей и менеджеров. Режим доступа: <http://visionzero.global/sites/default/files/2017-11/5->

Vision_zero_Guide-Web.pdf (дата обращения 05.01.2019).

8. Кузубов П. Vision Zero - концепция нулевого травматизма: обязательна ли она для работодателя // Справочник специалиста по охране труда. Электрон. журн. 2018. № 10. Режим доступа: <https://e.otruda.ru/article.aspx?aid=674589> (дата обращения 05.01.2019).

9. Корж В. Российские компании присоединяются к концепции Vision Zero // Справочник специалиста по охране труда. Электрон. журн. 2018. № 6. Режим доступа: <https://e.otruda.ru/article.aspx?aid=646034> (дата обращения 05.01.2019).

10. Vision Zero. Режим доступа: <http://visionzero.global/ru> (дата обращения 05.01.2019).

11. Продвижение культуры охраны труда. Доклад МОТ к Всемирному дню охраны труда – 2005 / МОТ, Субрегиональное бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. М: МОТ, 2005. Режим доступа: http://www.ilo.org/moscow/information-resources/publications/WCMS_312121/lang--ru/index.htm (дата обращения 05.01.2019).

12. Основные показатели (условия труда и производственный травматизм) на предприятиях и в организациях Крыма. Режим доступа: http://crimea.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/crimea/ru/statistics/stat_Crimea/employment/ (дата обращения 05.01.2019).

13. **Результаты общероссийского мониторинга условий и охраны труда за 2017 год.** Режим доступа: <http://eisot.rosmintrud.ru/index.php/monitoring-usloviy-i-okhrany-truda> (дата обращения 05.01.2019).

14. Щенников Н.И., Курагина Т.И., Пачурин Г.В. Психологический акцент в анализе производственного травматизма и его профилактики // Современные проблемы науки и образования. 2009. № 4. С. 162 – 169.

15. Культура безопасности: № 75-INSAG-4 / Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности. Вена: Международное агентство по атомной энергии, 1991. Режим доступа: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub882r_web.pdf (дата обращения 05.01.2019).

16. Глобальная стратегия безопасности и гигиены труда на производстве / МОТ, 2004. Режим доступа: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/globstrat_e.pdf (дата обращения 05.01.2019).

17. Вместе повысим культуру профилактики в охране труда / Группа технической поддержки по вопросам достойного труда и БЮРО МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. М.: МОТ, 2015. Режим доступа: http://www.ilo.org/global/docs/WCMS_405838/lang--en/index.htm (дата обращения 05.01.2019).

REFERENCES

1. Shchennikov N.I., Kuragina T.I., Pachurin G.V. The role of the psychological factor in the analysis and prevention of occupational injuries. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2010. No 7. pp. 28 - 31. (In Russian).

2. Zaglodina T.A. The role of risk management in the prevention of occupational injuries in the enterprise. *Yunost' i Znaniya – Garantiya Uspekha*. 2015. No 2. pp.196 – 200. (In Russian).

3. Efremova V.N. Recommendations for the development of measures for the prevention of industrial injuries. Results of research work for 2017: a collection of articles on the materials of the 73rd scientific-practical conference of teachers. 2018. pp. 283-284.

https://elibrary.ru/download/elibrary_32815472_85459267.pdf (date of access 05.01.19). (In Russian).

4. Gart V.A. Prevention of occupational injuries based on psychological support. *Cherepovets Scientific Readings: Materials of the All-Russian Scientific Practical Conference*. 2016. pp. 44 - 46. https://elibrary.ru/download/elibrary_29965289_15781228.pdf (date of access 05.01.19). (In Russian).

5. Tikhomirov A.A., Voronkin S.V. Psychology and the role of staff in ensuring safety in production. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2011. No 6. pp. 22 – 26.

6. Zakharov R.Yu., Kovalyov A.A., Volkova N.E. Approaches to realization of human rights on the favorable environment. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'*. 2018. No 12 (64). pp. 157 – 165.

7. Vision Zero. 7 Golden Rules – for zero accidents and healthy work: A guide for employers and managers.

http://visionzero.global/sites/default/files/2017-11/5-Vision_zero_Guide-Web.pdf (date of access 05.01.19). (In Russian).

8. Kuzubov P. Vision Zero: is it obligatory for the employer. *Spravochnik spetsialista po okhrane truda*. 2018. No 10. <https://e.otruda.ru/article.aspx?aid=674589> (date of access 05.01.19). (In Russian).

9. Korzh V. Russian companies join the concept of Vision Zero. *Spravochnik spetsialista po okhrane truda*. 2018.No 6. <https://e.otruda.ru/article.aspx?aid=646034> (date of access 05.01.19). (In Russian).

10. Vision Zero. <http://visionzero.global/ru> (date of access 05.01.19). (In Russian).

11. Promoting Safety and Health at Work: The ILO Report for World Day for Safety and Health at Work., Geneva: ILO. 2005. https://www.ilo.org/moscow/information-resources/publications/WCMS_312121/lang--ru/index.htm (date of access 05.01.19). (In Russian).

12. The main indicators (working conditions and industrial injuries) at the enterprises and organizations of the the Crimea. http://crimea.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/crime

a/ru/statistics/stat_Crimea/employment/ (date of access 05.01.19). (In Russian).

13. The results of the all-Russian monitoring of conditions and labor protection for 2017. <http://eisot.rosmintrud.ru/index.php/monitoring-usloviy-i-okhrany-truda> (date of access 05.01.19). (In Russian).

14. Shennikov N.I., Kuragina T.I., Pachurin G.V. Psychological emphasis in the analysis of occupational accidents and its prevention. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2009. No 4. pp. 162 – 169.

15. Safety culture: A report by the International Nuclear Safety Advisory Group. No. 75-INSAG-4. Vienna: International Atomic Energy Agency. 1991.

https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub882r_web.pdf (date of access 05.01.19). (In Russian).

16. Global strategy on occupational safety and health. Geneva: ILO. 2004. www.ilo.org/public/english/protection/safework/globstrat_e.pdf (date of access 05.01.19). (In English).

17. Join in building a culture of prevention on OSH: World day for safety and health at work 28 April 2015. Geneva: ILO. 2015. http://www.ilo.org/global/docs/WCMS_405838/lang-en/index.htm (date of access 05.01.19). (In Russian).

SAFETY CULTURE AS ONE OF THE METHODS OF PREVENTING INDUSTRIAL INJURIES

Abiltarova E.N.

Summary The article addresses the issue of preventing industrial injuries. The author notes the importance of preventive measures aimed at reducing accidents at work and occupational diseases. Numerical indicators regarding industrial injuries in the Republic of Crimea as well as statistical data on financing labour protection measures are analyzed. Main causes of accidents at work are disclosed. It has been established that the main cause of increase in industrial injuries is the imperfection of labour protection management system. International and national documents aimed at reducing industrial injuries are highlighted. The conclusion is made about the need for real adaptation of the adopted legal provisions depending on the specifics of the enterprise, organization activity. The authors emphasize that the key method for preventing accidents at work and occupational diseases at work is the development of safety culture. The characteristic of publications that reveal the issues of forming the safety culture is presented. The concept of “safety culture” has had further development. The prospect of the study involves the development of a program of training in labour protection for employees of enterprises, organizations based on the use of international experience aimed at creating safety culture.

Key words: industrial injuries, accident, labour protection, prevention, safety culture.

УДК:504.5

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАЙОНА ГОЛИЦЫНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Иванютин Н.М., Пасынков А.А.

*ФГБУН «НИИ сельского хозяйства Крыма», г. Симферополь, E-mail: redkolya@mail.ru**Крымский Федеральный Университет им. В.И.Вернадского, г. Симферополь, E-mail: anatology.pasynkov@yandex.ru*

Аннотация. Морская береговая зона Республики Крым постоянно подвергается интенсивной антропогенной нагрузке. В работе приведены результаты комплексных исследований экологического состояния шельфа Черного моря в районе бурения эксплуатационных скважин на площади Голицынского газоконденсатного месторождения (ГКМ). Исследования включали: анализ имеющейся ретроспективной экологической информации, проведение морских экспедиционных работ – гидрохимических, геолого-геохимических, гидрофизических и гидробиологических. В ходе работ было определено фоновое и текущее экологическое состояние окружающей среды на площади и, соответственно, в зоне непосредственного воздействия производственной деятельности ГАО «Черноморнефтегаз» на водную и геологическую среду и биоценозы. В результате исследований был изучен современный литологический состав донных отложений, который представлен ракушняками и илами. В донных отложениях района исследований, на всех станциях пробоотбора содержание нефтепродуктов (НП) превышало допустимые нормы в 5-17 раз, что свидетельствует о том, что площадь Голицынского ГКМ уже до начала бурения и эксплуатации была загрязнена нефтепродуктами. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях не превышала допустимых норм загрязнения. В водной среде было выявлено превышение содержания меди в 7,4 раза и свинца в 3,8 раза. Загрязненные нефтепродуктами донные отложения могут являться источником вторичного загрязнения водной среды на что указывает их содержание в воде в концентрациях 0,76-0,98 ПДК. Угрозы ухудшения экологического состояния акватории Чёрного моря переместились из сферы рыболовства и сельского хозяйства в сферу энергетики и морского судоходства. Это связано с превращением Черноморского бассейна в мощный транспортно-энергетический узел Евразии.

Предмет исследования. Объект исследования - геологическая среда морской береговой зоны Республики Крым в районе Голицынского ГКМ. Предмет исследования - оценка ее экологического состояния путем выявления и потоков загрязняющих веществ, поступающих в нее в результате деятельности человека.

Материалы и методы. Теоретической основой работы послужило использование системного подхода и физико-географических методов исследований: сравнительного, количественного, качественного, картографического, геоинформационного анализа и синтеза.

Результаты. В донных отложениях района исследований, на всех станциях пробоотбора содержание НП превышало допустимые нормы в 5-17 раз, что свидетельствует о том, что площадь Голицынского ГКМ уже до начала бурения и эксплуатации была загрязнена нефтепродуктами. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях не превышали допустимых норм загрязнения. В водной среде было выявлено превышение содержания меди в 7,4 и свинца в 3,8 раза. Загрязненные нефтепродуктами донные отложения могут являться источником вторичного загрязнения водной среды, на что указывает их содержание в воде в концентрациях 0,76-0,98 ПДК.

Выводы. Широкое и комплексное освоение морского дна Азово-Черноморского бассейна, получившее в последнее время особое экономическое и политическое значение, связанное с возведением трасс нефте- и газопроводов, строительством терминалов и других объектов портовой инфраструктуры, освоением месторождений углеводородов и других видов минерального сырья требует точных знаний о геолого-экологических и геоморфологических особенностях региона. Эти сведения необходимы для информационного обеспечения проектных разработок на объектах планируемой деятельности и прогнозирования проявлений негативных процессов и явлений.

Ключевые слова. Мониторинг, шельф, донные отложения, поллютанты, гидрохимия, экологическое состояние.

ВВЕДЕНИЕ

Морская береговая зона Республики Крым постоянно подвергается интенсивной антропогенной нагрузке. В ее пределах сосредоточена значительная часть промышленного,

сельскохозяйственного и рекреационного потенциала, циркулируют интенсивные товарно-транспортные потоки. Приморская полоса отличается высокой численностью населения и повышенной его миграцией, особенно в летний период. В ней происходит интенсивная добыча и

использование природных ресурсов – биологических, минеральных, водных, рекреационных. Особенно интенсивно используются ресурсы литосферы. Все эти виды человеческой деятельности подвергают прибрежные экосистемы сильному техногенному воздействию, а отсутствие научно-обоснованного плана развития морской береговой зоны и управление ее экономикой с игнорированием условий экологической безопасности (отсутствие системы экологического мониторинга) в настоящее

время привели отдельные участки моря и береговой зоны к неблагоприятной экологической ситуации.

Мониторинг экологического состояния окружающей среды в районе строительства эксплуатационных скважин Голицынского ГКМ был выполнен при проведении морских экспедиционных исследований на транспортно-буксировочном судне (ТБС) «Центавр» (рис. 1).



Рис. 1. ТБС «Центавр» на станции пробоотбора № 1 у СПБУ «Таврида»

Fig. 1. Tugboat «Centauri» at the sampling station № 1 at the water well drill rig «Taurida»

Голицынское ГКМ расположено на северо-западном шельфе Черного моря северо-западнее мыса Тарханкут в 49,5 милях от порта Черноморское (рис. 2).

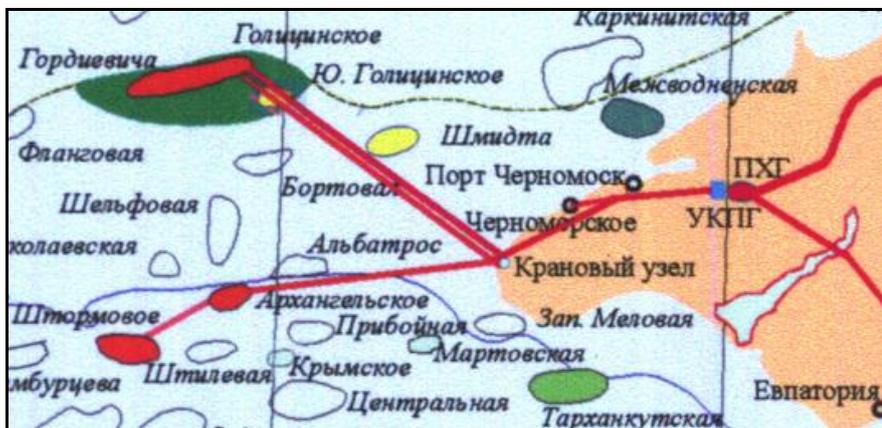


Рис. 2. Картограмма расположения Голицынского газоконденсатного месторождения

Fig. 2. Location schematic map of Golitsyn gas-condensate field

Рельеф местности. Поверхность морского дна района Голицынского ГКМ представляет собой выположенную шельфовую равнину. Литологический состав донных осадков поверхности морского дна представлен преимущественно голоценовыми илами.

Глубины исследованной площади изменяются от 35 до 37 м, глубина моря непосредственно в точке бурения составляет 35 м. Уклон поверхности равнины незначителен и только в зоне перегиба шельфа к континентальному склону он составляет от 0,03 до 2-3°.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Изучение природных процессов, происходящих на акваториях и в морской береговой зоне Черного и Азовского морей выполняются Морским гидрофизическим институтом (МГИ) РАН. В частности, изучению прибрежной зоны Черного моря и дельты Дуная, а также методике геоэкологических, гидрохимических и гидробиологических исследований посвящена монография «Природные условия взморья реки Дунай и острова Змеиный и «Временные методические рекомендации...» [1, 2]. В 1982 году вышла в свет монография «Геохимия Черного моря» [3] под редакцией А.Ю. Митропольского. В работе приведены результаты изучения геохимических особенностей распределения макрокомпонентов и микроэлементов в воде, взвеси и донных осадках Черного моря.

В 2004 году вышла в свет монография «Геоэкология черноморского шельфа Украины» [4] под редакцией В.А. Емельянова и др. в которой освещены условия формирования, компонентная структура, экологическое состояние морской геозкосистемы донных отложений Черного моря, рассмотрены источники антропогенного воздействия на ее компоненты, а также даны рекомендации по охране и защите. В 2012 году в монографии «Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Черного моря» [5] представлены основные результаты, полученные при выполнении научно-исследовательского проекта «Исследование геофизических и биогеохимических процессов, определяющих устойчивость и ассимиляционную емкость большой черноморской экосистемы, в

целях управления и создания методологии оценки качества морской среды».

В 2015 году была издана работа «Комплексное исследование влияния рисков природных и техногенных чрезвычайных ситуаций на безопасность жизнедеятельности населения Республики Крым и г. Севастополя» [6], которая была выполнена в целях реализации Плана организационно-штатных мероприятий по созданию Главного управления МЧС России по Республике Крым и Главного управления МЧС России по г. Севастополю. В книге приведены все варианты возможных природных и техногенных катастроф вероятных для республики Крым. В том числе один из разделов посвящен опасности чрезвычайных ситуаций на объектах газодобывающего и нефтедобывающего комплекса и магистральных газопроводах. Часть данных объектов расположена в шельфовой зоне и зоне сопряжения суша-море.

Собранный материал свидетельствует о достаточной изученности Азово-Черноморского бассейна во всех аспектах. Однако, приведенные работы имеют региональный (глобальный) характер, зачастую не раскрывающий возможные (потенциальные) точечные источники загрязнения, которыми могут быть действующие буровые платформы или рекреационная деятельность населения. Комплексным мониторинговым исследованиям экологического состояния (изучению вод, донных осадков, берегов, биоты), посвящено мало работ, которые проводились периодически и только на отдельных участках.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В районе работ были выполнены комплексные морские экологические исследования по сети из 6 основных станций и по двум станциям фонового мониторинга № 7 и 8. Станции №№ 1-6 располагались по системе «звезда» (рис. 3) и были удалены от центральной станции № 1 (точка бурения) на 500 м, что позволило выявить полиэлементные ареалы и степень техногенного загрязнения как в водной среде, так и в донных осадках и получить достоверную интерполяцию данных.

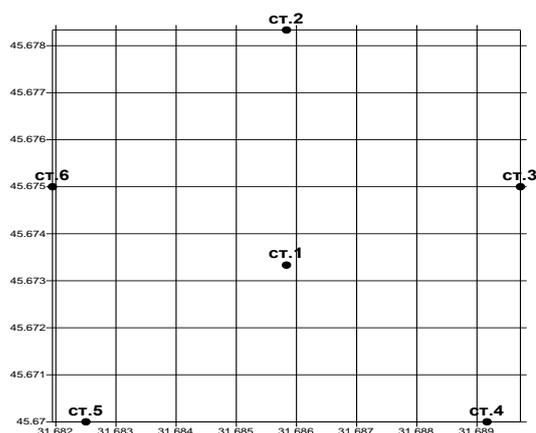


Рис. 3. Схема расположения станций отбора проб

Fig. 3. The scheme of location of sampling stations

В соответствии с поставленными задачами, в процессе мониторинговых работ был выполнен отбор проб воды из придонного и приповерхностного горизонтов, донных осадков, зоопланктона и зообентоса.

На станциях мониторинга было проведено: определение концентраций тяжелых металлов: кадмия, ртути, свинца, хрома, меди; нефтепродуктов, температуры воды, солености, pH, взвешенных веществ, БПК₅; гидробиологические

исследования видового разнообразия зоо- и фитопланктона, зоо- и фитобентоса.

Отбор проб воды проводился пластиковым батометром Ван-Дорна, донных отложений и бентоса – дночерпателем ДЧ-0,025 (рис. 4), обловы зоопланктона – сетью Джеди в слое 0-20 м

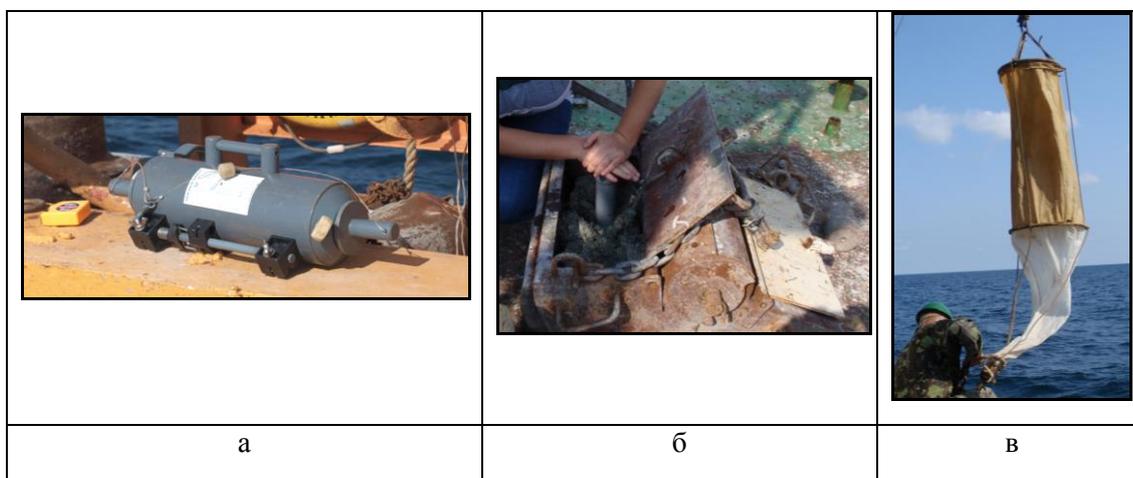


Рис. 4. Оборудование, используемое при проведении исследований (а – батометр; б – дночерпатель; в – сеть Джеди)

Fig. 4. Equipment used for researches (a - bathometer; b - sediment sampler; c - the Juddy net)

Химический анализ проб донных отложений и воды выполнялся сотрудниками аккредитованной Лаборатории Республиканского комитета охраны природы с использованием метрологических аттестованных методик. Исследования зоопланктона и зообентоса были выполнены в научных организациях полуострова: отделах ИнБЮМ НАН Украины, переименованном в ФГБУН «ИМБИ РАН» и Крымском Федеральном университете им. В.И. Вернадского.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

На северо-западном шельфе, в т.ч. и на площади Голицынского ГКМ верхнечерноморские слои представлены серыми и темно-серыми илами с многочисленной фауной современных моллюсков, создающих ракушечниковые поля с различной пелитовой составляющей (табл.1).

Таблица 1. – Современный литологический состав донных отложений на площади исследований**Table 1.** - The modern lithological composition of bottom sediments at the research area

№ станции	Тип донных отложений
1	Ракушняк мидиевый, детритовый
2	Ракушняк мелкодетритовый, слабоилистый, слабоуплотненный
3	Ил зеленовато-серый, светло-зеленый пелитовый, детритово-раковинный (30-40%) на поверхности - заросли филлофоры
4	Ил зеленовато-серый, светло-зеленый пелитовый, детритово-раковинный (30-40%) на поверхности - заросли филлофоры
5	Детрит ракушняковый слабоилистый, местами отмытый с редкими раковинами пелеципод
6	Ракушняк мидиевый слабоилистый
7	Ракушняк песчано-илистый светло-серый
8	Ил мягкий, раковинно-детритовый

Большую роль в составе донных осадков и, особенно в их загрязнении вредными веществами оказывает сток рек, с которым в море поступают вещества с весьма отдаленных от берега участков. Основными загрязняющими факторами являются объекты промышленной и сельскохозяйственной деятельности, судоходства, и транспорт. Морские осадки, особенно их пелитовая и органическая составляющие, аккумулируют привносимые в бассейн загрязняющие вещества, и тем самым являются надежными индикаторами состояния морской среды. Они загрязняются тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтепродуктами и другими поллютантами.

Всесторонне исследование форм переноса микроэлементов в речном стоке позволили Н.М. Страхову [7] выделить три группы микроэлементов. К первой группе относятся наименее геохимически- подвижные элементы – Ti, Zr, Cr, V, которые поступают в море во взвешенной форме в грубых фракциях. Во вторую группу выделены Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Mo, W, As, Se, CaCO₃, U, C_{орг}, P, которые поступают большей частью в растворенной форме, наблюдается их приуроченность к пелитовой фракции взвеси.

В третью группу выделены Pb и Zn, распределяющиеся в осадке не закономерно, пятнами. Но по поведению в процессе осадконакопления они ближе стоят ко второй группе, так как выявлена четкая их приуроченность к пелитовой фракции. Приведенные закономерности миграции и осадконакопления элементов должны учитываться при оценке степени загрязнения ими донных осадков.

Ниже приведена характеристика современного экологического состояния района исследований.

Донные отложения

Для морских донных отложений в России в настоящее время не существует нормативно закрепленных характеристик их качества по уровню концентрации загрязняющих веществ, поэтому оценка степени загрязнения донных отложений в районе исследования проводилась в соответствии с критериями экологической оценки загрязненности грунтов по «голландским листам» [8]. В таблице 2 приведена характеристика современного химического состава донных отложений в районе исследований.

Таблица 2. – Содержание загрязняющих веществ в донных отложениях на площади Голицынского ГКМ, мг/кг

Table 2. The pollutant content in bottom sediments at the Golitsyn gas-condensate field, mg/kg

№ станции	НП*	Cd	Pb	Cu	Cr	Hg
ПДК по [8]	50	0,8	85	35	100	0,3
1	330	<0,25	<2,0	<0,2	2,2	<0,005
2	250	<0,25	<2,0	<0,2	0,4	<0,005
3	260	<0,25	<2,0	<0,2	0,6	<0,005
4	850	<0,25	<2,0	<0,2	3,4	<0,005
5	370	<0,25	<2,0	<0,2	0,4	<0,005
6	410	<0,25	<2,0	<0,2	1,1	<0,005
7	250	<0,25	<2,0	<0,2	2,3	<0,005
8	320	<0,25	<2,0	<0,2	0,9	<0,005

Примечание. *НП – нефтепродукты; жирным выделены концентрации элементов, превышающие значения ПДК

Анализируя таблицу 2 и рисунок 5 можно отметить, что в донных отложениях района исследований, на всех станциях пробоотбора содержание НП превышало допустимые нормы в 5-17 раз. Особенно важно то, что повышенные концентрации НП были обнаружены на фоновых

станциях № 7 (5 ПДК) и № 8 (6,4 ПДК), что может быть связано с интенсивным судоходством в регионе. Концентрация всех исследуемых тяжелых металлов в донных отложениях не превышала допустимых норм загрязнения.

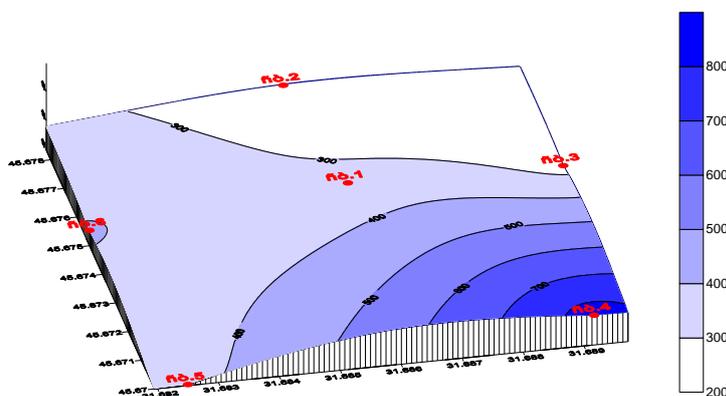

Рис. 5. Пространственное распределение нефтепродуктов в донных отложениях на площади Голицына, мг/кг

Fig. 5. Spatial distribution of mineral oils in bottom sediments at the Golitsyn gas-condensate field, mg/kg

Нефтяные углеводороды – сложный естественно-техногенный продукт, который состоит из ряда углеводородов: парафинов, нафтенов, олефинов, ароматических углеводородов. Высокое содержание их опасно для окружающей среды. Опасность выражается как в их физическом влиянии - обволакивании и отделении от жизнеобеспечивающего субстрата, так и в токсичном, химическом влиянии.

Нефтепродукты являются канцерогенами, их влияние оказывается не сразу, а через определенный промежуток времени.

Водная среда

В соответствии с требованиями Министерства природных ресурсов России в качестве экологических норм были использованы ПДК для

рыбохозяйственных водоемов [9]. Результаты оценки экологического состояния водной среды представлены в таблице 3 и рисунке 6.

Таблица 3. – Содержание загрязняющих веществ в поверхностных и придонных водах на площади Голицынского ГКМ, мг/дм³

Table 3. The pollutant content in surface and bottom water at the Golitsyn gas-condensate field, mg/dm³

№ станции	НП*	Cd	Cu	Hg	Pb	Cr
ПДК по [9]	0,05	0,01	0,005	0,0001	0,01	0,07
1	<u>0,014</u>	<u><0,0002</u>	<u>0,003</u>	<u><0,05</u>	0,038	<u><0,005</u>
	0,032	<0,0002	0,037	<0,05	0,019	<0,005
2	<u>0,031</u>	<u><0,0002</u>	0,009	<u><0,05</u>	<u>0,005</u>	<u><0,005</u>
	0,034	<0,0002	0,001	<0,05	0,020	<0,005
3	<u>0,049</u>	<u><0,0002</u>	0,005	<u><0,05</u>	<u>0,002</u>	<u><0,005</u>
	0,034	<0,0002	0,005	<0,05	0,012	<0,005
4	<u>0,048</u>	<u><0,0002</u>	0,035	<u><0,05</u>	<u>0,002</u>	<u><0,005</u>
	0,007	<0,0002	0,002	<0,05	0,007	<0,005
5	<u>0,032</u>	<u><0,0002</u>	<u>0,001</u>	<u><0,05</u>	0,015	<u><0,005</u>
	0,039	<0,0002	0,003	<0,05	0,007	<0,005
6	<u>0,015</u>	<u><0,0002</u>	<u>0,001</u>	<u><0,05</u>	<u>0,007</u>	<u><0,005</u>
	0,018	<0,0002	0,001	<0,05	0,006	<0,005
7	<u>0,023</u>	<u><0,0002</u>	0,005	<u><0,05</u>	<u>0,002</u>	<u><0,005</u>
	0,032	<0,0002	0,001	<0,05	0,015	<0,005
8	<u>0,039</u>	<u><0,0002</u>	<u>0,001</u>	<u><0,05</u>	0,018	<u><0,005</u>
	0,015	<0,0002	0,001	<0,05	0,007	<0,005
Примечание. *НП – нефтепродукты; жирным выделены концентрации элементов, превышающие значения ПДК; <u>0,014</u> – содержание элемента в поверхностных водах; 0,031 – содержание элемента в придонных водах.						

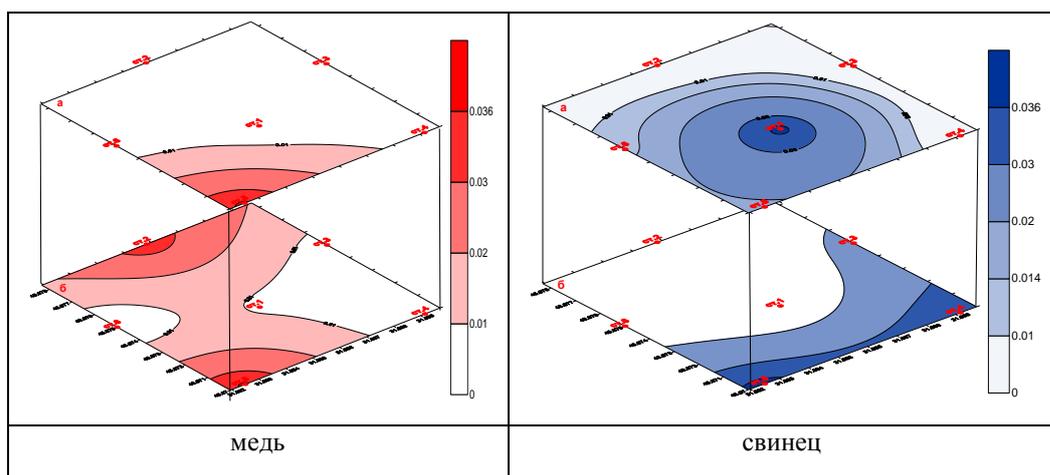


Рис. 6. Пространственное распределение загрязняющих веществ в поверхностных (а) и придонных (б) водах на площади Голицына, мг/дм³

Fig. 6. Spatial distribution of pollutants in surface (a) and bottom (b) water at the Golitsyn gas-condensate field, mg/dm³

Анализируя результаты химического анализа проб воды можно отметить, что придонные воды были загрязнены в большей степени, чем поверхностные. Так в придонном горизонте, на станциях №№ 1, 3, 4 было зафиксировано загрязнение медью от 1 ПДК на станции № 3 до 7-7,4 ПДК на станциях №№ 4 и 1. Загрязнение свинцом в размере 1,9 – 2,0 - 1,2 ПДК наблюдалось на станциях №№ 1, 2, 3 соответственно. Поверхностные воды были загрязнены медью на станциях №№ 2 – 1,8 ПДК и 3 – 1 ПДК, а также свинцом на станциях №№ 1 – 3,8 ПДК и 5 – 1,5 ПДК. Медь и свинец в повышенных концентрациях также были зафиксированы на фоновых станциях. Содержания кадмия, ртути и хрома не превышали допустимых значений. Нефтепродукты в концентрациях близких к ПДК были зафиксированы в поверхностных водах на станциях №№ 3 и 4.

В случае возникновения аварийных ситуаций, в водную среду могут поступать буровые растворы или компоненты разрабатываемых месторождений. В зависимости от количества поступающих поллютантов, возможно образование обширных заморных зон и существенного нефтяного загрязнения. Масштабы загрязнения зависят от площади негативного воздействия на компоненты экосистемы и могут быть определены только в процессе проведения экологической съемки, по оценке последствий аварийных ситуаций. В случае существенных разливов бурового раствора или выброса бурового шлама возможно образование зоны с высокими содержаниями токсичных тяжелых металлов. Указанные в настоящей работе металлы обладают высокими миграционными свойствами в системе вода - донные отложения, что может привести к накоплению их в донных отложениях и последующему вторичному загрязнению в результате десорбции и перехода в водную толщу.

ВЫВОДЫ

В донных отложениях района исследований, на всех станциях пробоотбора содержание нефтепродуктов превышало допустимые нормы в 5-17 раз.

Содержание тяжелых металлов: кадмия, ртути и хрома в водной среде не превышало допустимых значений.

В придонном горизонте вод, на станциях №№ 1, 3, 4 было зафиксировано загрязнение медью от 1 ПДК на станции № 3 до 7-7,4 ПДК на станциях №№ 4 и 1. Загрязнение свинцом наблюдалось на станциях №№ 1, 2, 3 в размере 1,9 – 2,0 - 1,2 ПДК соответственно. Поверхностные воды были загрязнены медью на станциях №№ 2 – 1,8 ПДК и 3 – 1 ПДК, а также свинцом на станциях №№ 1 – 3,8 ПДК и 5 – 1,5 ПДК. Медь и свинец в повышенных концентрациях также были зафиксированы на фоновых станциях.

Для обеспечения нормативного состояния окружающей среды рекомендуется осуществление следующих мероприятий:

- научно-технических, направленных на оценку эколого-экономической эффективности применяемых и перспективных процессов, приборов, технологий и природоохранных мероприятий;
- постоянный контроль (текущий мониторинг) в районе проведения эксплуатационных работ за выполнением мероприятий, предусмотренных проектом;
- проведение фонового мониторинга за реальным состоянием морских вод и донных осадков, с целью выявления источников загрязнения и их ликвидации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выполнение эколого-геологических, гидрохимических и гидробиологических исследований на наблюдательном полигоне устья р. Дунай – о. Змеиный (временные методические рекомендации) /УкрГИМР – НЦ ПМЭРГ НАН Украины; [ред. В.И. Беляев]. - Севастополь, 1997. – 90 с.
2. Природные условия взморья реки Дунай и острова Змеиный: современное состояние экосистемы [под ред. В.А. Иванова, С.В. Гошовского]. – Севастополь: Морской гидрофизический институт. 1999. 268 с.
3. Митропольский А.Ю., Безбородов А.А., Овсяный Е.И. Геохимия Черного моря. К.: Наукова Думка. 1982. 144 с.
4. Емельянов В.А., Митропольский А.Ю., Наседкин Е.И. и др. Геоэкология черноморского шельфа Украины. К.: Академ. Периодика. 2004. 296 с.
5. Устойчивость и эволюция океанологических характеристик экосистемы Черного моря [Под ред. В.Н. Еремеева, С.К. Коновалова]. НАН Украины, Морской гидрофизический институт. Севастополь, 2012. 357 с.
6. Комплексное исследование влияния рисков природных и техногенных чрезвычайных ситуаций на безопасность жизнедеятельности населения Республики Крым и г. Севастополя. Верескун А.В., Файзулин Т.Ш., Олтян И.Ю. и др. ВНИИ ГОЧС (ФЦ). М. 2015. 208 с.
7. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Академия наук СССР. М.: 1960. 232 с.
8. Neue Niederlandische Liste, Altlasten Spektrum 3/95, Warmer H., van Dokkum R., 2002.
9. Приказ министерства сельского хозяйства российской федерации от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». М. 2016.

REFERENCES

1. Implementation of ecological-geological, hydrochemical and hydrobiological researches at the observation ground the mouth of the Danube river – the Zmiyiny (interim guideline) UkrGIMR – NC of PMARG of NAS of Ukraine; [edited by V. I. Belyaev]. - Sevastopol, 1997. - 90 p.
2. The natural conditions of the seaside of the Danube and snake island: modern state of ecosystems [edited by V. A. Ivanov, S. V. Goshovsky]. - Sevastopol: Marine hydrophysical Institute. 1999. 268 p/
3. Mitropolsky A. Y., Bezborodov, A. A., E. I. Ovsyaniy E.I. Geochemistry of the Black sea. K.: Naukova Dumka. 1982. 144 p.
4. Emelyanov V. A., Mitropolsky A. Y., Nasedkin E. I., etc. Geoecology of the black sea shelf of Ukraine. K.: Academ. Periodical. 2004. 296 p/
5. The stability and evolution of the Oceanographic characteristics of the Black sea ecosystem [edited by V. N. Eremeeva, S. K. Konovalov]. National Academy of Sciences of Ukraine, Marine hydrophysical Institute. Sevastopol, 2012. 357 p.
6. Comprehensive study of the impact of risks of natural and man-made emergencies on the safety of the population of the Republic of Crimea and Sevastopol. Vereskun V. A., Faizullin T. S., Oltean I. Y. etc. VNI GOCHS (FC). M. 2015. 208 p.
7. Strakhov N. M. Fundamentals of the theory of lithogenesis. Academy of Sciences of the USSR. M.: 1960. 232 p.
8. Neue Niederlandische Liste, Altlasten Spektrum 3/95, Warmer H., van Dokkum R., 2002.
9. Order of the Ministry of agriculture of the Russian Federation of December 13, 2016 № 552 "on approval of water quality standards of fishery water bodies, including standards of maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of fishery water bodies". M. 2016.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF GOLITSYN GAS CONDENSATE FIELD

N. M. Ivanyutin, A. A. Pasyukov

Annotation. The sea coastal zone of the Republic of Crimea constantly receives an intensive anthropogenic load. The work shows the results of complex researches of the ecological status of the Black Sea shelf near the production wells of Golitsyn gas-condensate field. Researches included the analysis of the available retrospective ecological information, marine expeditionary researches – hydrochemical, geological and geochemical, hydrophysical and hydrobiological.

Key words. Monitoring, shelf, bottom sediments, pollutant, hydrochemistry, ecological status.

УДК 69:551.58

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТЕРРИТОРИИ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Митрофанова С.А., Моргун А.

Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, mitrofanova_67@mail.ru

Академия строительства и архитектуры ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», 295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181, alyskamorgun@yandex.ru

Аннотация. Вопросу комфортного теплоощущения человека уделяется большое научное внимание, поскольку при высоких температурах теплого периода и низких температурах холодного периода года увеличение влажности более 75% вызывает у человека неблагоприятные теплоощущения. Для сохранения человеком комфортного теплоощущения необходимо чтобы при повышении температуры показатель относительной влажности воздуха понижался. Поскольку Крымский полуостров является курортной зоной, важен вопрос изучения состояния комфортного теплоощущения в климате полуострова, характеризующегося изменением от мягкого степного в равнинной части к более влажному, на побережье. Исследование этого вопроса требует детального анализа температурно-влажностного режима территории полуострова по степени его комфортности. Цель работы - определение территории комфортного теплоощущения человека в течение 3 летних месяцев теплого периода года (с июня по август, включительно) на территории Крымского полуострова используя анализ температурно-влажностного режима полуострова. В ходе работы были сопоставлены зоны оптимальной относительной влажности, верхней и нижней границ зон комфортности при данных температурах с ходом фактической влажности воздуха, и определялось наличие или отсутствие избытка влажности. В зависимости от значений разности между показателями верхней границы зоны комфортности и показателями фактической влажности для рассматриваемого периода года была разработана шкала баллов комфортности теплоощущения. Начальный балл присвоен территории, у которой фактическая влажность попадает в зону оптимальной относительной влажности. Баллы увеличиваются по мере возрастания влажности. Полученные результаты сведены в таблицу. На базе разработанной шкалы баллов комфортности на карту полуострова нанесены изолинии, характеризующие комфортное сочетание температуры и влажности для восприятия человеком в теплый период года.

Предмет исследования: комфортные теплоощущения человека. На теплоощущения человека оказывают влияние взаимодействие таких климатических факторов как температура, влажность воздуха и скорость его перемещения. В зависимости от комбинации этих факторов теплоощущения человека могут меняться. Повышение влажности более 75% при высоких температурах воздуха вызывает ощущение духоты и может неблагоприятно сказаться на здоровье людей.

Материалы и методы: исследование проводилось на основе существующего графика-шаблона определения зоны комфортности для температурно-влажностного режима разработанного ЦНИИЭП жилища. За основу были взяты среднемесячные значения температуры наружного воздуха и относительной влажности. Все графики построены с использованием графической программы AutoCAD и программы Surfer_11.2 для нанесения изолиний на карте полуострова.

Результаты: проведенных исследований позволили определить границы территории Крымского полуострова, попадающие в зону комфорта и территории, имеющие влажность большую, чем верхние критические значения относительной влажности воздуха.

Выводы: карта полуострова с изолиниями комфортности, построенная на основе проведенных исследований, позволяет определить районы с наибольшей влажностью и предусмотреть в них объемно-планировочные решения зданий с активным естественным воздухообменом, кондиционирование помещений без повышения влажности, использование влагостойких материалов в ограждающих конструкциях.

Ключевые слова: относительная влажность, зона комфорта, зона оптимального комфорта, температурно-влажностный режим, теплоощущения человека.

ВВЕДЕНИЕ

Зона комфорта является наиболее благоприятное сочетание температуры, влажности, скорости движения воздуха и воздействия солнечной радиации, обуславливающее оптимальное состояние и хорошее самочувствие человека. В этих условиях тепловой обмен происходит нормально, не выделяется пот, температура тела находится в пределах нормы. Так как все перечисленные выше метеорологические факторы влияют на теплообмен между организмом и внешней средой, необходимо учитывать их комплексное

воздействие. Для большинства людей, находящихся в состоянии покоя или выполняющих легкую физическую работу, наиболее благоприятными условиями являются: температура воздуха в помещении от 18 до 22°C зимой, от 20 до 23°C летом, скорость движения воздуха зимой около 0,15 м/сек и летом от 0,2 до 0,4 м/сек. Относительная влажность воздуха от 40 до 60%. Зоны комфорта не могут быть одинаковыми для различных местностей: они зависят от климата, времени года, степени приспособленности организма, характера работы, одежды и тому подобное. При некоторых проведенных исследованиях при температурах 24-26°C и выше в сухом воздухе влага с тела человека легко

испаряется, благодаря этому организм отдаёт излишнее тепло, и это создаёт ощущение комфорта. Если при таких температурах влажность высока, то испарение затрудняется, ощущается духота, наступает дискомфорт. Поскольку Крымский полуостров является курортной зоной, целью работы поставлен анализ температурно-влажностного режима полуострова для оценки его комфортности по теплоощущениям человека в летние месяцы теплого периода года и составления карты полуострова с изолиниями комфортности.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Вопросу изучения влияния климатических факторов на теплоощущения человека посвящены работы [1, 2, 3], в которых уделяется внимание изменению физиологических процессов терморегуляции и теплоощущения человека при воздействии на него тех или иных климатических факторов, в том числе и влияние температурно-влажностного режима на функциональное состояние человека [1, 2]. В настоящее время часть публикаций, посвященная исследованиям изменения теплоощущения человека при воздействии на него климатических факторов, как при непосредственном воздействии, так и в условиях городской среды проводится на основе расчета и изучения биоклиматических индексов [4, 5, 6, 7].

Для более полного изучения вопроса были рассмотрены работы [8, 9, 10] посвященные анализу климатических факторов на равнинной территории Крымского полуострова и его побережья за период инструментальных наблюдений по циркуляционным эпохам. А так же подробное деление географической территории полуострова на климатические зоны на основе анализа климата полуострова [11]. Результаты исследований показывают увеличение континентальности климата на Крымском полуострове.

Автор работы [12] рассматривает комфортность территории как интегральный показатель, основанный на 30 параметрах окружающей среды, в число которых входят: континентальность климата; продолжительность периодов с различными температурами воздуха; амплитуды годовых, месячных, суточных температур воздуха, наличие опасных природных явлений (сейсмичность, паводки, наводнения, лавины) и др. Разделение территории по степени комфортности построено на принципе пригодности для проживания, трудовой деятельности и скорости адаптации населения. На основе полученной градации степени комфортности создана карта «Антропоэкологическое таксонирование азиатской России». В настоящей работе ставим цель рассмотреть понятие «комфортности» применительно к температурно-влажностному режиму территории для летних месяцев теплого периода. Поскольку при повышении температуры

воздуха на теплоощущения человека большое влияние оказывает увеличение влажности воздуха.

Состояние и качество окружающей среды, проявляющееся в неблагоприятном влиянии на здоровье населения, имеет отражение в медико-географических картах природной среды, к которым относятся биоклиматические, отображающие влияние климата на здоровье человека. В работе [13] содержатся карты распределения средних и экстремальных климатических характеристик, карты климатического районирования, типов погоды для рекреационных целей и др. Но так как теплоощущения человека определяются совокупным воздействием температуры, влажности воздуха и скорости ветра становится актуальным вопрос комплексного анализа этих климатических факторов.

Применяемая методика рассмотрена в работе [14] для анализа температурно-влажностного режима г. Москвы в теплое время года. Автором рассматривается анализ температурно-влажностного режима в дневное, ночное время, и по среднемесячным значениям. Ни в одной из публикаций нет шкалы баллов по оценке комфортности температурно-влажностного режима и создания карты территории с изолиниями комфортности по данному параметру.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Анализ температурно-ветрового режима Крымского полуострова выполнен на основе графика-шаблона разработанного ЦНИИЭП жилища (рис. 1). На графике установлено положение верхнего и нижнего критических значений относительной влажности, ограничивающих зону комфорта. Для температуры от 8⁰С до 19⁰С верхнее критическое значение относительной влажности соответствует 70%. Нижнее критическое значение относительной влажности составляет 50%. С повышением температуры относительная влажность понижается. Минимальный показатель верхнего критического значения соответствует 50% при температуре 28⁰С. Минимальное нижнее критическое значение имеет показатель 30% при температуре 29⁰С. Между верхним и нижним критическими значениями находится зона комфорта. Выше верхнего критического значения располагается зона повышенной влажности. Ниже нижнего критического значения располагается сухая зона. Внутри зоны комфорта находится зона оптимальной относительной влажности ограниченная трапецией и имеющая четыре характерные точки: I(18;60), II(20;60), III(23;50), IV(24;40). Первой координатой является температура воздуха, выраженная в °С, вторая координата - относительная влажность, выраженная в процентах. Данная область определяет зону оптимального комфорта, т.е. зону

в которой находятся наиболее комфортные значения температуры и влажности.

Данные среднемесячной температуры, для городов Крымского полуострова и юга России взяты из СП 131.13330.2012 Строительная климатология (актуализированная версия СНиП

23-01-99*, с изменениями), относительной влажности из Научно-прикладного справочника по климату СССР. Для городов Украины климатические данные взяты из ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія

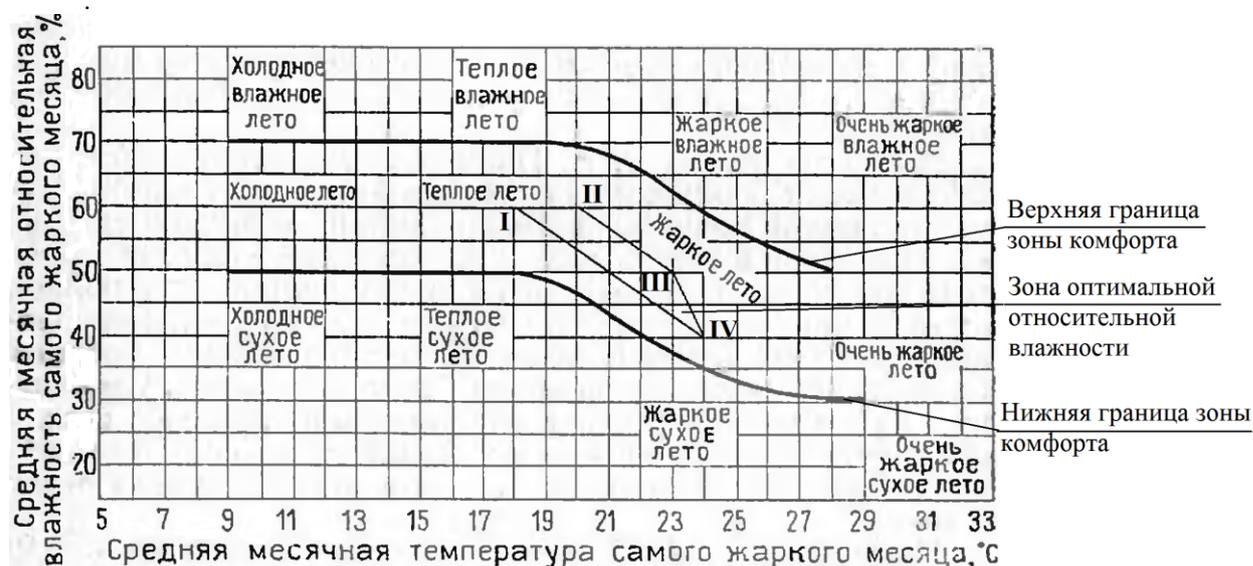


Рис. 1. Исходный график для анализа температурно-влажностного режима

Fig. 1. Initial chart for the analysis of temperature and humidity conditions

На горизонтальную ось наносятся месяцы, на вертикальную ось – значения относительной влажности воздуха (рис. 2). По среднемесячным данным строится линия годового хода относительной влажности. Над графиком годового хода относительной влажности строим график годового хода температуры. Для среднемесячных значений температуры по исходному графику определяются положения верхней и нижней границ зоны комфорта, и границы зоны оптимального комфорта. Графики построены в программе AutoCAD. По положению фактической относительной влажности к зоне комфорта, каждому из рассматриваемых городов присваивается балл комфортности. Начальный балл присвоен территории, у которой фактическая влажность попадает в зону оптимального комфорта. Баллы увеличиваются по мере возрастания влажности. Для анализа рассмотрены только 3 летних месяца, теплого периода, как

самые показательные. Для остальных месяцев дается общая характеристика. Полученные результаты сведены в таблицу. По результатам этих баллов на карту полуострова нанесены изолинии комфортности с использованием программы Surfer_11.2. В статье приводятся графики только нескольких городов, в связи с ограниченностью объема статьи.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Рассмотрим полученные результаты температурно-влажностного режима территории Крымского полуострова. Среднемесячные значения температуры наружного воздуха и относительной влажности для населенных пунктов, по которым ниже приводятся графики температурно-влажностного режима (рис. 2 – рис. 6) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Среднемесячные данные по температуре наружного воздуха и относительной влажности населенных пунктов Крымского полуострова
Table 1. Average monthly data on outdoor temperature and relative humidity of settlements of the Crimean Peninsula

№ п/п	Населенные пункты	Среднемесячные значения температуры наружного воздуха, °С/относительной влажности, %											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	г. Симферополь	<u>-0.5</u> 84	<u>0.4</u> 83	<u>3.6</u> 77	<u>10.2</u> 68	<u>15.2</u> 68	<u>19.2</u> 65	<u>21.8</u> 63	<u>21.3</u> 62	<u>16.7</u> 67	<u>11</u> 75	<u>6.1</u> 82	<u>2.1</u> 85
2	г. Севастополь	<u>3.1</u> 78	<u>3.6</u> 77	<u>5.7</u> 74	<u>10.5</u> 73	<u>15.2</u> 74	<u>19.7</u> 71	<u>22</u> 69	<u>21.8</u> 68	<u>18</u> 70	<u>12.8</u> 75	<u>9</u> 78	<u>5.5</u> 78
3	г. Керчь	<u>0</u> 85	<u>0.4</u> 84	<u>3.7</u> 80	<u>9.9</u> 72	<u>15.5</u> 69	<u>20.2</u> 67	<u>23.2</u> 65	<u>22.7</u> 65	<u>17.7</u> 69	<u>11.9</u> 77	<u>6.7</u> 84	<u>2.6</u> 87
4	г. Ялта	<u>3.9</u> 74	<u>4.2</u> 74	<u>6</u> 72	<u>10.8</u> 74	<u>15.7</u> 71	<u>20.2</u> 65	<u>23.6</u> 60	<u>23.2</u> 59	<u>19</u> 62	<u>13.6</u> 69	<u>9.5</u> 75	<u>6.1</u> 75
5	п.г.т. Красногвардейское	<u>-1.5</u> 88	<u>-0.5</u> 86	<u>3.1</u> 80	<u>10.4</u> 72	<u>15.7</u> 68	<u>20</u> 65	<u>22.7</u> 61	<u>21.8</u> 61	<u>16.7</u> 67	<u>10.7</u> 77	<u>5.7</u> 86	<u>1.6</u> 89

В верхней части графиков, показан годовой ход температуры, под ним годовой ход относительной влажности, верхняя и нижняя границы комфортной зоны и зона оптимальной относительной влажности. Для г. Симферополя график анализа температурно-влажностного режима показан на рис. 2. На нем видно, что линия фактической относительной влажности с апреля по сентябрь находится в комфортной зоне, хотя и не

проходит через зону оптимальной относительной влажности. В г. Симферополе наблюдается комфортное сочетание температуры наружного воздуха и относительной влажности в течение периода с апреля по сентябрь. Летние месяцы мы можем характеризовать как жаркие, но в целом г. Симферополь является достаточно комфортным местом для пребывания в нем.

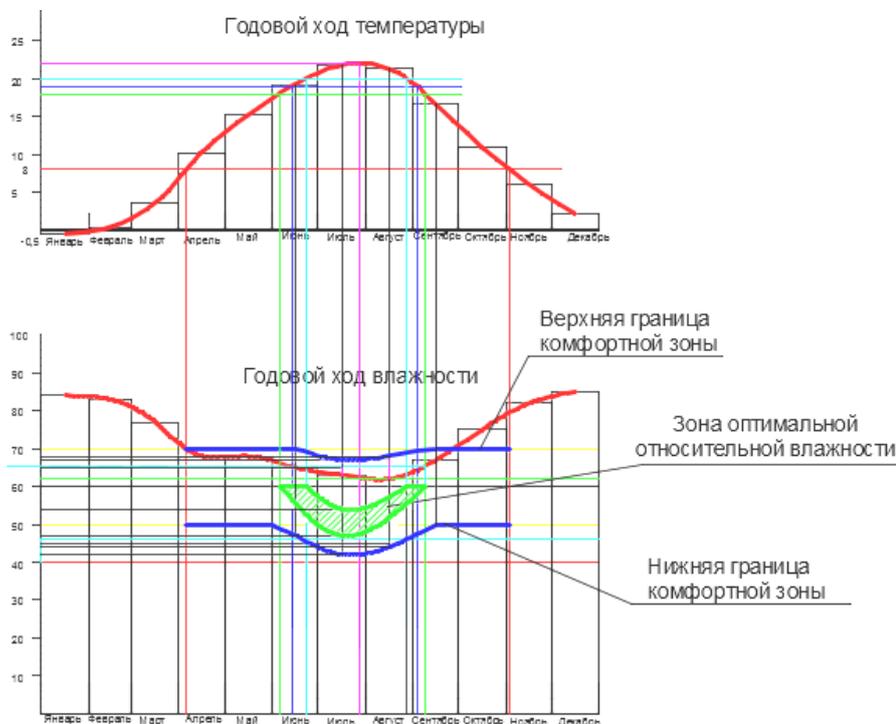


Рис. 2. График температурно-влажностного режима г. Симферополь

Fig. 2. Graph of temperature and humidity conditions in Simferopol

Для г. Севастополя график анализа температурно-влажностного режима приведен на рис. 3. График температурно-влажностного режима г. Севастополя показывает, что линия

фактической относительной влажности, в летние месяцы, проходит немного выше верхней границы зоны комфорта. Небольшое повышение влажности в воздухе свидетельствует о жаркой влажной

погоде в летние месяцы. Для создания комфортного микроклимата помещения необходимо обеспечить сквозным проветриванием. В городской среде целесообразно улавливать ветер планировочными приемами.

Для г. Керчи график анализа температурно-влажностного режима приведен на рис. 4. Линия фактической влажности на графике почти совпадает с верхней границей зоны комфорта. В июле идет незначительное повышение влажности в воздухе по сравнению с верхней границей комфорта, что свидетельствует о жаркой влажной погоде. Рекомендации по созданию комфортного микроклимата помещений и окружающей среды такие же, как и для г. Севастополя.

Для г. Ялта график анализа температурно-влажностного режима приведен на рис. 5.

В течение всего теплого периода в г. Ялта наблюдается комфортная погода. Линия фактической влажности не превышает верхнюю границу зоны комфорта, но и не попадает в зону оптимальной относительной влажности, только приближаясь к ней в сентябре. Погоду летних месяцев можно характеризовать как жаркую с нормальной влажностью.

Для п.г.т. Красногвардейское климатические данные взяты по метеостанции п. Клепинино. На рис. 6 приведен график анализа температурно-влажностного режима п.г.т. Красногвардейское.

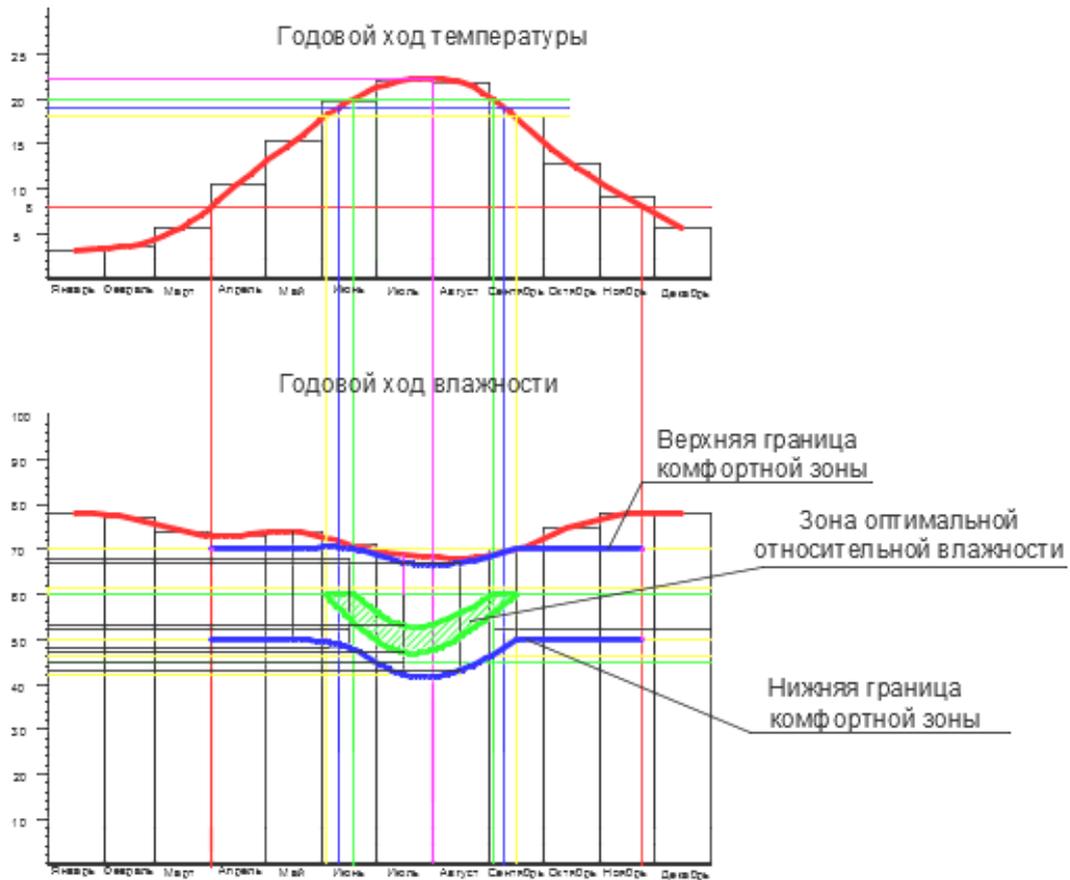


Рис. 3. График температурно-влажностного режима г. Севастополь

Fig. 3. Graph of temperature and humidity conditions in Sevastopol

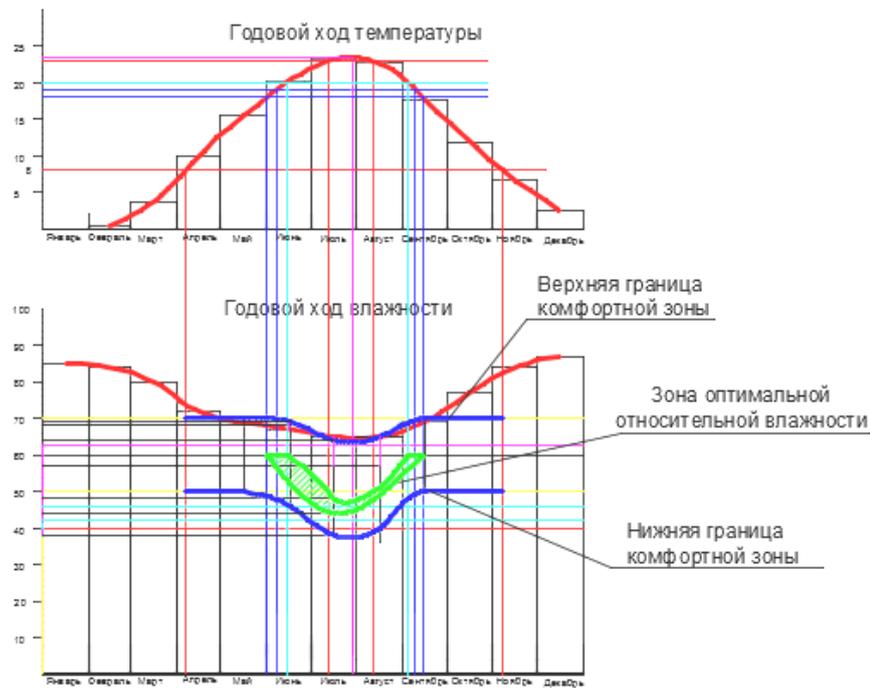


Рис. 4. График температурно-влажностного режима г. Керчь

Fig.4. Graph of temperature and humidity conditions in Kerch

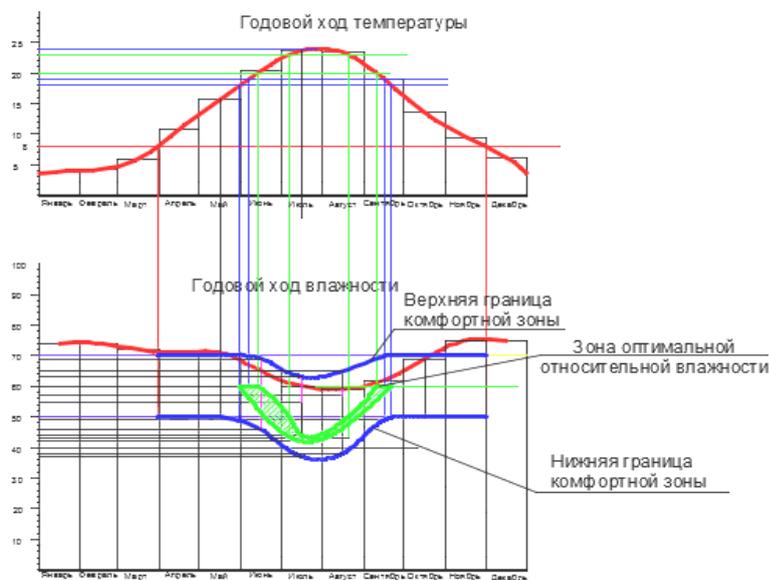


Рис. 5. График температурно-влажностного режима г. Ялта

Fig. 5. Graph of temperature and humidity conditions in Yalta

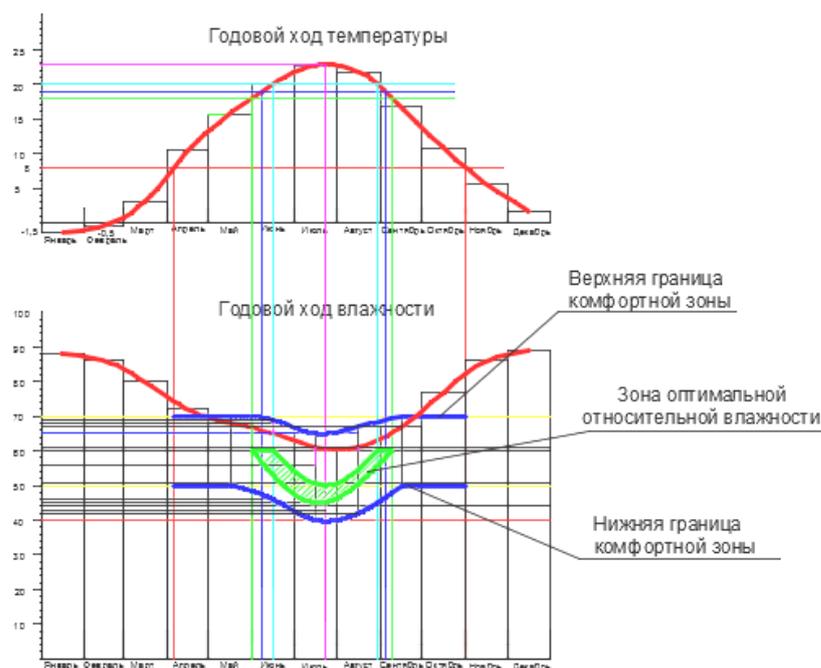


Рис. 6. График температурно-влажностного режима п.г.т. Красногвардейское

Fig. 6. Graph of temperature and humidity conditions of Krasnogvardeyskoe

В течение всего теплого периода, в п.г.т. Красногвардейское, наблюдается комфортное сочетание температуры воздуха и относительной влажности. Линия фактической влажности не превышает верхнюю границу зоны комфорта, но и не попадает в зону оптимальной относительной влажности. Погоду летних месяцев можно характеризовать как жаркую.

Для построения карты полуострова с изолиниями комфортности был проведен анализ температурно-влажностного режима не только для городов Крымского полуострова, но и некоторых городов юга России. По положению линии фактической относительной влажности к зоне комфорта, каждому из рассматриваемых городов присваивается балл комфортности. Начальный балл присвоен территории, у которой линия фактической влажности попадает в зону оптимального комфорта. Баллы увеличиваются по мере возрастания влажности. Для присвоения баллов анализировались только 3 летних месяца, теплого периода, как самые показательные, по остальным месяцам дается общая характеристика. Полученные результаты сведены в таблицу 2. В колонке 8, таблицы 2, указано среднее значение разницы между верхним критическим значением относительной влажности и фактическим значением относительной влажности. Баллы присвоены по шкале:

- 1 балл - от 10% до 5% - линия фактической влажности намного превышает верхнюю границу зоны комфорта, очень жаркое влажное лето;
- 2 балла - от 5% до 1% - линия фактической влажности превышает верхнюю границу зоны комфорта, жаркое влажное лето;
- 3 балла - от 1% до -1% - линия фактической влажности совпадает или находится около верхней границы зоны комфорта;
- 4 балла - от -1% до -5% - линия фактической влажности проходит внутри зоны комфорта, но не попадает в зону оптимальной влажности, жаркое лето, теплоощущения человека комфортные;
- 5 баллов - от -5% до -10%. - линия фактической влажности проходит рядом с зоной оптимальной комфортности или попадает в нее, жаркое лето, теплоощущения человека комфортные.

На основании выполненных графиков при использовании программы Surfer_11.2 была построена карта, показанная на рисунке 7 с нанесением изолиний комфортности температурно-влажностного режима. Полученная карта позволяет определить периоды оптимального комфорта температурно-влажностного режима для населенных пунктов полуострова.

Таблица 2. Оценка температурно-влажностного режима по баллам комфортности

Table 2. Evaluation of temperature and humidity conditions at the points of comfort

№ п/п	Населенный пункт	Широта, ° с.ш.	Долгота, ° в.д.	Значение относительное влажности, %/ Верхнее критическое значение относительной влажности, %			Среднее значение разницы, %	Баллы
				июнь	июль	август		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Ялта	44.3	34.1	$\frac{65}{69}$	$\frac{60}{63}$	$\frac{59}{64}$	4	2
2	Симферополь	44.57	34.6	$\frac{65}{70}$	$\frac{63}{67}$	$\frac{62}{68}$	5	2
3	Клепинино (Красногвардейское)	45.3	34.18	$\frac{65}{69}$	$\frac{61}{65}$	$\frac{61}{67}$	4.7	2
4	Севастополь	44.38	33.32	$\frac{71}{70}$	$\frac{69}{66}$	$\frac{68}{67}$	-1.3	4
5	Керчь	45.22	36.29	$\frac{67}{69}$	$\frac{65}{64}$	$\frac{65}{65}$	0.3	3
6	Красноперекоск (Геническ)	45.58	33.48	$\frac{67}{68}$	$\frac{63}{63}$	$\frac{65}{65}$	0.3	3
7	Феодосия	45.2	35.23	$\frac{67}{67}$	$\frac{63}{63}$	$\frac{65}{64}$	-0.3	3
8	Ай-Петри	44.27	34.3	$\frac{71}{70}$	$\frac{69}{70}$	$\frac{69}{70}$	0.3	3
9	Караби-Яйла	44.53	34.31	$\frac{70}{70}$	$\frac{68}{70}$	$\frac{69}{70}$	1	3
10	Краснодар	45.3	38.59	$\frac{67}{68}$	$\frac{64}{62.5}$	$\frac{64}{64}$	-0.3	3
11	Сочи	43.36	39.44	$\frac{77}{69}$	$\frac{77}{64.5}$	$\frac{76}{69}$	-9.2	5
12	Ростов-на-Дону	47.14	39.44	$\frac{61}{68}$	$\frac{58}{64}$	$\frac{57}{65.5}$	7.2	1
13	Одесса	46.28	30.43	$\frac{69}{70}$	$\frac{65}{66.5}$	$\frac{66}{67}$	1.2	2
14	Херсон	46.39	32.37	$\frac{63}{69}$	$\frac{60}{65}$	$\frac{60}{67}$	6	1



Рис. 7. Карта Крымского полуострова с изолиниями комфортности температурно-влажностного режима

Fig. 7. Map of the Crimean Peninsula with contours of comfort of temperature and humidity conditions

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных исследований показывают, что на равнинной части территории Крымского полуострова и на южном побережье наблюдается достаточно комфортное сочетание температуры наружного воздуха и относительной влажности в течение всего теплого периода. В приморских городах восточного побережья значения фактической влажности находятся в районе верхних критических значений зоны комфорта. На западном побережье наблюдается небольшое повышение влажности. Но, ни для одного города полуострова линия фактической относительной влажности не проходит через зону оптимальной относительной влажности. Для всей территории Крымского полуострова можно дать характеристику летнего периода – жаркое лето, а для восточного и западного побережья жаркое влажное. Сентябрь во всех городах полуострова характеризуется как достаточно комфортный месяц. Проведенный анализ показывает, что климат Крымского полуострова является комфортным для теплоощущения человека и применим для использования в санаторно-курортном лечении.

Карта полуострова с изолиниями комфортности, построенная на основе проведенных исследований, позволяет определить районы с наибольшей влажностью и предусмотреть в них объемно-планировочные решения зданий с активным естественным воздухообменом, кондиционирование помещений без повышения влажности, использование влагостойких материалов в ограждающих конструкциях. Данный анализ дает возможность создания комфортного микроклимата для человека, как внутри здания, так и вокруг него на основе его теплоощущений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лицкевич В.К. Жилище и климат. М.: Стройиздат. 1984. 288с.
2. Мягков М.С., Губернский Ю.Д., Конова Л.И., Лицкевич В.К. Город, архитектура, человек и климат. М.: Архитектура-С. 2007. 343 с.
3. Ющенко Е.Д. Исследование влияния влажности и температуры воздуха на здоровье человека/<https://school-science.ru/2/11/30208>.
4. Пичугина Н.Ю., Воронина Л.В. Оценка биоклиматических условий Новосибирской области//ГЕО-СИБИРЬ. 2010. Том 4. С. 124-128.
5. ASHRAE. Thermal Comfort Tool – ASHRAE, Atlanta, GA, 2000.
6. VDI (1998): Guideline VDI 3787, Part 2: Environmental Meteorology. Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. VDI – Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd.1b.

7. Fournol A. Climats et habitation, Cahiers du Centre scientifique et technique de batiment, № 26, Cahier, 223.

8. Климат Крыма /mirnani.com/a/307040/klimat-kryma.

9. Нестеренко В.П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма//Научные ведомости Белогорского государственного университета. 2016. №18 (239). С. 115-122.

10. Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Патлусова Е.С. Изменение температуры воздуха в Крыму за период инструментальных измерений//Человек – природа – общество: теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. 2015. № 1. С. 26-28.

11. Климатические районы Крыма//adminland.ru/crimea/books/climat/part 03.htm.

12. Прохоров Б.Б. Комфортность природных условий для жизни населения//https://human_ecology.academic.ru/1554/Комфортность_природных_условий_для_жизни_на_селения

13. Климатический атлас Крыма//Приложение к научно-практическому дискуссионно-аналитическому сборнику «Вопросы развития Крыма» - Симферополь: «Таврия-плюс», 2000 – 119 с.

14. Температурно-влажностный режим//https://studref.com/312877/ekologiya/temperaturno_vlazhnostnyy_rezhim.

REFERENCES

1. Litskevich V. K. Dwelling and climate. M.: Stroyizdat. 1984. 288 p.
2. Myagkov M. S., Gubernskiy Yu.D., Konova L. I., Litskevich V. K. Town, architecture, people and climate. M.: Architecture-C. 2007. 343 p.
3. Yushchenko E. D. Investigation of the influence of humidity and air temperature on human health/<https://school-science.ru/2/11/30208>.
4. Pichugina N. Yu. Voronina L. V. assessment of bioclimatic conditions of the Novosibirsk region // GEO-SIBERIA. T. 4. pp. 124-128.
5. ASHRAE. Thermal Comfort Tool – ASHRAE, Atlanta, GA, 2000.
6. VDI (1998): Guideline VDI 3787, Part 2: Environmental Meteorology. Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. VDI – Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd.1b.
7. Fournol A. Climats et habitation, Cahiers du Centre scientifique et technique de batiment, № 26, Cahier, 223.
8. Climate of the Crimea /mirnani.com/a/307040/klimat-kryma.
9. Nesterenko V. P. Regularities of formation of climate changes and their forecast for the territory of the Crimea//Scientific Bulletin of the Belogorsky state University. 2016. №18 (239). pp. 115-122.

10. Gorbunov R. V., Gorbunova T. S., Patlusova E. S. The Change in air temperature in the Crimea during the period of instrumental measurements//Man –nature – society: theory and practice of life safety, ecology and valeology. 2015. № 1. pp. 26-28.

11. Climatic regions of Crimea //adminland/ru/crimea/books/climat/part 03.htm.

12. Prokhorov B.B. The comfort of natural conditions for the population//https://

human_ecology.academic.ru/1554/Comfortality_natural_condition'_for_lives_populations.

13. Climatic Atlas of the Crimea//the Application to scientific and practical discussion and analytical the book "Questions of development of Crimea"- Simferopol "Tavriya-plus", 2000 – 119 p.

14. Temperature and humidity conditions //https://studref.com/312877/ekologiya/temperaturno_vlazhnostnyy_rezhim.

ANALYSIS OF TEMPERATURE AND MOISTURE REGIME OF THE SITE CRIMEAN PENINSULA

S. A. Mitrofanov, A. Morgun

Summary. The issue of comfort of human heat perception is given great scientific attention, because at high temperatures of the warm period and low temperatures of the cold period of the year, an increase in humidity of more than 75% causes unfavorable heat sensation in humans. For preservation of comfortable heat sensation by the person it is necessary that at increase of temperature the indicator of relative humidity of air lowered. Since the Crimean Peninsula is a resort, it is important to study the state of comfortable heat in the climate of the Peninsula, characterized by changes from the soft steppe in the plains to the wetter, on the coast. The study of this issue requires a detailed analysis of the temperature and humidity regime of the Peninsula in terms of its comfort. The aim of the work is to determine the territory of comfort for human heat during the 3 summer months of the warm period of the year (from June to August inclusive). In the course of the work, the zones of optimal relative humidity, upper and lower limits of comfort zones at these temperatures were compared with the course of actual air humidity, and the presence or absence of excess humidity was determined. Depending on the values of the difference between the indicators of the upper limit of the comfort zone and the actual humidity for the considered period of the year, a scale of comfort points of heat was developed. The initial score is assigned to the territory in which the actual humidity falls into the zone of optimal relative humidity. Scores increase as humidity increases. The results are summarized in a table. On the basis of the developed scale of comfort points on the map of the Peninsula there are contours characterizing a comfortable combination of temperature and humidity for human perception in the warm period of the year.

Subject: comfortable human heat. On the human heat affected by the interaction of climatic factors such as temperature, humidity and speed of its movement. Depending on the combination of these factors, human heat may vary. An increase in humidity of more than 75% at high temperatures causes a feeling of stuffiness and can adversely affect the health of people.

Materials and methods: the studies were carried out on the basis of the existing chart-template for determining the comfort zone for the temperature and humidity regime of the developed cniiep dwelling. The average monthly values of outdoor temperature and relative humidity were taken as a basis. All graphics are built using a graphics program AutoCAD Surfer_11.2 for drawing contour lines on the map of the Peninsula.

Results: the conducted research allowed to determine the boundaries of the territory of the Crimean Peninsula falls within the zone of comfort and areas with humidity greater than the upper critical value of relative humidity.

Conclusions: the map of the Peninsula with the comfort isolines, built on the basis of the conducted research, allows to determine the areas with the highest humidity and to provide in them space-planning solutions of buildings with active natural air exchange, air conditioning of premises without increasing humidity, the use of moisture-resistant materials in enclosing structures.

Key words: relative humidity, comfort zone, zone of optimal comfort, temperature and humidity conditions, human heat.

СПИСОК АВТОРОВ

Ангелюк И.П., ассистент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Асанов М.М., ассистент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Авдиенко Т.О., студентка, факультет водных ресурсов и энергетики, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Бурова И.В., старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Бахтина Т.А., кандидат технических наук, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Бахтин А.С., кандидат технических наук, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Бекиров Э.А., доктор технических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Головченко И.В. кандидат наук, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Денисова Т.В., кандидат наук, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Дядичев А.В., аналитик 1 категории, отдел организации научно-исследовательских работ студентов и конкурсов, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Дядичев В.В., Начальник отдела проектов научно-технических программ и грантов, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Елькина О.В., аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Зайцев О.Н., доктор технических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Казьмина А.И., доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Кравчук Н.С., магистр, архитектурно-строительный факультет, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Корой Е.И., ассистент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Корохов В.Г., профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Любомирский Н.В., доктор технических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Мосякин Д.С., ассистент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Моргун А., магистр, архитектурно-строительный факультет, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Митрофанова С.А., кандидат наук, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Нагаева З.С., доктор архитектурных наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Погребицкая А.М., кандидат математических наук, доцент Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Салиев Э.И., кандидат наук гос. управления, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Свищ И.С., кандидат технических наук, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Синцов В.П., кандидат технических наук, доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Степанцова Н.А., старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Турко М. С., аспирант кафедры «Соппротивление материалов», Донской государственной технической университет, г. Ростов

Чепурненко А.С. кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов, Донской государственной технической университет, г. Ростов

Черкас М.В., студентка, факультет ВРиЭ, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Шаленный В.Т., доктор технических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Шеина С.Г., доктор технических наук, профессор, заведующая кафедры городского строительства и хозяйства, Донской государственной технической университет, г. Ростов

Чемодуров В.Т., доктор технических наук, профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

Языев Б.М., доктор технических наук, профессор кафедры «Соппротивление материалов», Донской государственной технической университет, г. Ростов

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Прием статей в редакцию и состав сопроводительных документов

Прием статей для публикации в журнале осуществляется в постоянном режиме. Процесс рассмотрения статьи, рецензирования и редакционно-издательской обработки занимает достаточно длительное время, в связи с чем поступившая и допущенная редколлегией к публикации статья будет, как правило, опубликована не ранее, чем через 4 месяца со дня ее поступления. Датой поступления статьи будет считаться дата ее получения от автора в окончательном варианте после всех доработок и исправлений по замечаниям рецензентов и редактора.

Просим авторов тщательно готовить свои материалы с целью сокращения сроков их рассмотрения и обработки.

Неправильно оформленные материалы не рассматриваются, не рецензируются и не возвращаются! Также не возвращаются авторам рукописи статей и электронные копии на локальных носителях. При этом редакция по собственной инициативе в переговоры с авторами не вступает.

1.1. Прием статей на рассмотрение и рецензирование осуществляется через онлайн систему приема статей и по электронному адресу stepancova.natal@mail.ru.

Прием статей на рассмотрение и рецензирование через онлайн систему приема статей производится на сайте журнала по адресу: <https://stroyjournal-asa.ru>. Инструкция по использованию системы доступна на сайте. Автор имеет возможность следить за продвижением статьи в редакции в личном кабинете и получает соответствующие уведомления по электронной почте.

Так же прием статей на рассмотрение и рецензирование можно направить по электронной почте по адресу stepancova.natal@mail.ru. Все вопросы и пожелания необходимо отправлять на этот адрес электронной почты редакции. (смотреть пункт 1.3).

Все поступившие в редакцию статьи проходят обязательное двойное слепое рецензирование. По результатам рецензирования автору сообщается решение о публикации, замечания рецензента и редактора или решение об отклонении статьи.

1.2. Прием к публикации окончательного варианта статьи. Окончательный (после внесения правки по замечаниям рецензентов и редактора) вариант статьи автор также загружает через систему или направляет на электронный адрес stepancova.natal@mail.ru для ее редактирования, корректуры, верстки и публикации в журнале.

1.3. Прием пакета сопроводительных документов осуществляется через онлайн систему приема статей и по электронному адресу lisa.858@yandex.ru.

Автор, пройдя регистрацию в системе, загружает статью в формате .doc или .docx, форматированную по шаблону (см. п. 2), вместе с файлами отсканированных документов: экспертного заключения о возможности опубликования в открытой печати (далее – экспертного заключения) и информации об авторах статьи.

Экспертное заключение оформляется по требованиям, установленным в организации – работодателе автора. Редакция исходит из того, что авторы добровольно предоставляют сведения о себе в анкете автора в требуемом объеме и составе (в соответствии с правилами для публикаций научных статей в журналах, включенных в Перечень ВАК) для их открытого опубликования. Также к загружаемой статье может быть приложен файл отсканированной внешней (т.е. из сторонней организации) рецензии (1 экз.), оформленной и заверенной в организации по месту работы рецензента. Оригинал рецензии присылать в редакцию по почте не требуется. Сопроводительные документы можно направить по электронной почте по адресу lisa.858@yandex.ru. 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 stepancova.natal@mail.ru в электронном виде в виде файла с расширением .doc или .docx;

Бланк экспертного заключения и авторской справки (только для авторов – работников КФУ им. В.И. Вернадского (распечатывается и заполняется вручную))

Бланк экспертного заключения и Внешняя рецензия – загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты stepancova.natal@mail.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.