

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научно-технический журнал по строительству и архитектуре

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

№ 25(77) – 2022

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., член-корреспондент РААСН, д.арх., проф. –
руководитель раздела «Градостроительство»

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

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

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

Серпоккрылов 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»;

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

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

Федосов С.В., академик РААСН, д.т.н., проф. (МГСУ,
Москва)

СТРОИТЕЛЬСТВО И ТЕХНОГЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

№ 25(77) – 2022

научно-технический журнал

Печатается по решению научно-технического
совета ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»
(протокол № 4 от 04.08.2022)

Координатор выпуска: *И.В. Николенко*
Верстка: *Г.Р. Биленко*

Редакция Института «Академия строительства и
архитектуры» ФГАОУ ВО «КФУ им.
В.И. Вернадского»

Адрес редакции: 95006, Республика Крым,
г. Симферополь, ул. Павленко, 3, корпус 2, к. 200,
e-mail: rio@napks.ru

Подписан в печать 11.08.2022.

Формат 70×108/16.

Бумага офсетная. Печать трафаретная.
Гарнитура Times New Roman. Усл.-печ. л. 15,82.
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 (полугодичная).
Стоимость 1 экз. журнала 227,0 руб.

© Академия строительства и архитектуры
ФГАОУ ВО «КФУ им. Вернадского», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Раздел 1. Градостроительство

- Сидорова В.В., Кролева Н.В., Юрчик Ю.Ю.**
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ АНТИЧНЫХ И
СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ 7
- Суворов А.И., Волкова Н.Н., Живица В.В.**
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ПРОФЕССИИ 17
- Яковенко Н.Е., Тулянов А.С.**
УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЛЬЕФА УЧАСТКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ 25
- Журавлев П. А, Марукян А.М., Сборщиков С.Б.**
КРИТЕРИИ И ЭТАПЫ ПРИНЯТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПО
БЛАГОУСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИЙ 31

Раздел 2. Строительство

- Красавин Г.В.**
РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ИГАРКИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ 37

Раздел 3. Инженерное обеспечение

- Воронова О.С.**
ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛУКОВИЧНОГО КУПОЛА
В ТОЧЕЧНОМ ИСЧИСЛЕНИИ 45
- Лахов А. Я., Лахов К. А.**
ПРИМЕНЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ GEODOME
ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КУПОЛОВ В ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЗДАНИЙ 55
- Урецкий Е. А., Николенко И.В., А. П., Мороз В. В.**
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ЗОНИРОВАННЫХ АППАРАТОВ С
БЫСТРОХОДНЫМИ МЕШАЛКАМИ 65
- Абдали Л. М., Исса Х. А., Аль-Малики М.Н., Кувшинов В.В., Бекиров Э.А.**
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНО-
ВЕТРОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ 75
- Кешвединова Ф.А., Умеров А.С., Егоров С.А., Ангелюк И.П., Зайцев О.Н.**
СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ
НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА 87
- Раифов Т.Р., Топорен С.С.**
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПАНЕЛЕЙ ГЕЛИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА СУБЛИМАЦИИ 91

Раздел 4. Экологическая безопасность

<i>Асташина М.В., Зенцов В.Н., Лапшакова И.В.</i> КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА РОСТА МИКРООРГАНИЗМОВ	95
<i>Николенко И.В., Каримов Э. А., Мельникова Н.С.</i> ОЦЕНКА СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В КРЫМУ	103
<i>Стрелков А.К., Базарова А.О., Теплых С.Ю</i> ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТА НА РЕАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРЕДПРИЯТИЯ МАСЛОЭКСТРАКЦИИ	117
<i>Скрябин А.Ю., Иванкова Т.В.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ АЛЬМА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ	127
<i>Список авторов</i>	133
<i>Руководство для авторов</i>	134

CONTENT

Section 1. Town planning

- Sidorova V.V., Kroleva N.V., Yurchik Y.Y.**
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PLANNING STRUCTURE OF ANCIENT AND MODERN CITIES 7
- Suvorov A.I., Volkova N.N., Zhivitsa V.V.**
SOME FEATURES OF THE ARCHITECTURAL PROFESSION 17
- Yakovenko N.E., Tulyanov A.S.**
CONSIDERATION OF THE FEATURES OF THE RELIEF OF THE PLOT WHEN DESIGNING BUILDINGS 25
- Zhuravlev P.A., Marukyan A.M., Sborshikov S.B.**
CRITERIA AND STAGES OF MAKING ORGANIZATIONAL DECISIONS ON THE IMPROVEMENT OF TERRITORIES 31

Section 2. Construction

- Krasavin G.V.**
RECONSTRUCTION OF THE WATER SUPPLY TO THE CITY OF IGARKA OF KRASNOYARSK REGION 37

Section 3. Engineering Support

- Voronova O.S.**
GEOMETRIC MODELING THE ONION DOME SURFACE IN POINT CALCULUS 45
- Lakhov A.Y., Lakhov K.A.**
APPLICATION OF GEODOME LIBRARY OF GEODESIC DOME PARAMETRIC OBJECTS IN BUILDING INFORMATION MODELING 55
- Uretskiy E. A., Nikolenko I.V., A. P., Moroz V. V.**
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ZONED APPARATUS WITH FAST SPEED ADDERS 65
- Abdali L. M., Issa H.A., Al-Maliki M.N., Kuvshinov V.V., Bekirov E.A.**
DESIGN AND STUDY OF OPERATING MODES OF COMBINED SOLAR-WIND INSTALLATIONS TO PROVIDE STREET LIGHTING 75
- Keshvedinova F.A., Umerov A.S., Egorov S.A., Angelyuk I.P., Zaitsev O.N.**
HEATING SYSTEMS WITH NON-STATIONARY TEMPERATURE MODE BASED ON A COMBINED HEAT GENERATOR 87
- Raifov T.R. Toporen S.S.**
IMPROVEMENT OF FLAT PANELS OF SOLAR ENGINEERING SYSTEMS ON THE BASIS OF THE SUBLIMATION PROCESS 91

Section 4. Environmental safety

<i>Astashina M.V., Zentsov V.N., Lapshakova I.V.</i> KINETIC REGULARITIES OF THE GROWTH PROCESS OF MICROORGANISMS	95
<i>Nikolenko I.V., Karimov E. A., Melnikova N.S.</i> ASSESSMENT OF WAYS TO SOLVE DEFICIT PROBLEMS WATER RESOURCES IN CRIMEA	103
<i>Strelkov A.K., Bazarova A.O., Teplyh S.Yu.</i> BIOCHEMICAL PURIFICATION OF OIL EXTRACTION PLANTS WASTEWATER BY USING A BIOLOGICAL PRODUCT	117
<i>Skryabin A.Yu., Ivankova T.V.</i> ENVIRONMENTAL SAFETY OF DRINKING WATER BY DISINFECTION WITH SODIUM HYPOCHLORITE (BASED ON THE EXAMPLE OF THE ALMA RIVER OF THE REPUBLIC OF CRIMEA)	127
<i>List of authors</i>	133
<i>Authors Guide</i>	134

УДК 711.01/09

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЛАНИРОВОЧНОЙ СТРУКТУРЫ АНТИЧНЫХ И
СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВСидорова В.В.¹, Кролева Н.В.², Юрчик Ю.Ю.³

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,
Институт «Академия строительства и архитектуры»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181.
E-mail: ¹ nucikBBC@yandex.ru, ² kroleva00@inbox.ru, ³ iurchik.1999@mail.ru

Аннотация. В данной статье проводится анализ сравнения планировочной структуры античных и современных городов, на примере античного города Херсонес и американского города Чикаго. Также проанализированы литературные и научные источники по градостроительной системе городов Северного Причерноморья и городов США. Исследована история зарождения населенных пунктов различных эпох, выявлены характерные особенности застройки местности и влияние культуры народа на планировочную структуру. Рассмотрены принципы развития градостроительной деятельности в городе Херсонес. Определены основные этапы формирования системы улиц, кварталов, зданий и общественных пространств в поселении античного периода. Углубляясь в исследование исторического города, были проанализированы характеристики планирования жилых дворов, которые являются частью жилых кварталов и улиц, определено их влияние на устройство дорожно-уличной сети. Были рассмотрены градостроительные планы городов Северного Причерноморья и выявлены три основных типа планировочной структуры. Изучая исторические события в Северной Америке и ее заселение колониями испанцев, англичан и французов, были также выявлены особенности, предшествующие формированию современной системы города. Определена структура, по которой создавались города в США в XVIII и XIX веках, показана как она изменилась со времен заселения территорий колониями и до нашего времени. Проведен анализ влияния масштабных стихийных бедствий на изменение планировочной структуры города, как данные события дают возможность поменять градостроительную систему и двигаться в новом направлении. Подводя итоги статьи, были выявлены схожие черты планировки городов античного периода и современных городов, и какие факторы повлияли на развитие данных структур.

Предмет исследования. Планировочная структура античных и современных городов.

Материалы и методы. В процессе изучения материалов по теме публикации применены методы: дедукции, теоретического научного анализа и синтеза, метод аналогии.

Для выявления схожих особенностей градостроительной структуры применяется сравнительный анализ античного и современного города.

Результаты. Проведен анализ планировочной структуры городов, выявлены похожие и различные черты. Выявлены и изучены градостроительные проблемы. Проведен анализ хронологии событий, которая повлияла на планировку городов.

Выводы. Изучая исторические факторы и принципы формирования городов различного периода, была выявлена основная планировочная структура, которая использовалась не только в античных городах, но и в современных. Данный градостроительный принцип был выявлен и доказан на примере города Херсонес и Чикаго.

Ключевые слова: планировка, структура, градостроительное развитие, античный город, современный город, Херсонес, Чикаго.

ВВЕДЕНИЕ

Градостроительство является неотъемлемой частью истории развития человечества и сопровождало его от начала времен зарождения поселений. Градостроительство представляет собой область архитектуры и строительства, комплексно решающая функционально-практические и эстетические задачи среды жизнедеятельности человека.

Планировочная структура является одним из компонентов градостроительства. В понятие планировочной структуры населенного пункта входит совокупность различных функциональных зон и планировочных элементов (жилой, промышленной, зеленой, зелёной, коммунальной и др.), а также связанных между собой в единое целое различных сетей (транспортной, инженерной и проч.).

Исторически сложилось, что каждая культура формировала свою планировочную структуру поселения. Но, несмотря на это самый распространенный тип плана города во многих народах и на протяжении многих веков была – прямоугольная сетка. Для подтверждения данной теории за основу были взяты два города: античный город Херсонес и современный город Чикаго.

Цель исследования: проверить теорию, что планировочная структура городов разных народов и стран, в разное время имела практически единый тип планировки города. Исследовать как исторические события влияли на изменение планировочной структуры поселения.

Задачи исследования:

- изучить и проанализировать научную литературу по теме исследования;
- рассмотреть историческое формирование городов в разные эпохи;

- определить планировочные структуры античного и современного города;
- найти схожие черты между планировочными структурами городов Херсонес и Чикаго.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Авторами была проанализирована научно-исследовательская литература, посредством которой были сформированы основные принципы планировочной структуры городов. Для исследования античных городов Северного Причерноморья были изучены публикации авторов: Ермаковой И.А. [2]; Беляева С.А. [1], Долгорукова В.С. [1], Крыжицкого С.Д. [1]; Орловой Е.В. [3], Трейман Ю.Ф. [3]; Григорьева А.М. [7]; Живицы В.В. [8]; Хапаева В.В. [9], Бацура И.В. [9]; Столбова В.П. [10]; Беровой П.А. [11], Суловой О.А. [11]; Чистова Д.Е. [12].

В научно-исследовательской работе Беляева С.А. «Херсонесское государство и Харакс» и Долгорукова В.С., Крыжицкого С.Д. «Градостроительство и архитектура» из научной литературы «Античные государства Северного Причерноморья» [1], были приведены результаты археологических исследований, в которых затронута не только планировочная структура античных городов, но и подробные данные о формировании города Херсонес.

В магистерской диссертации Ермаковой И.А. «Архитектурно-пространственное формирование Херсонес-Херсона» [2] приведено исследование, посвященное изучению архитектурно-пространственного облика Херсонесского городища. Также раскрываются основные периоды многовековой истории Херсонеса, исследуются архитектурно-градостроительные особенности города, как пространственного проявления античной и средневековой культуры.

В научной статье Орлова Е.В. и Треймана Ю.Ф. «Сравнительный анализ фортификационных сооружений крепости Хумара и Херсонеса Таврического» [3] проведен сравнительный анализ фортификационных сооружений Херсонеса и крепости Хумара, раскрыты особенности форм и объектов, выявлены недостатки градостроительных моделей. Рассмотрено влияние внешних факторов, зависящих от условий местности.

В статье Григорьева А.М. «Форты как класс оборонительных сооружений на примере укреплений дальней хоры Херсонеса» [7] рассматриваются античные памятники фортификации Херсонесского государства, начиная с второй половины IV вв. до н.э. Основной задачей исследования является рассмотрение античных укреплений с точки зрения письменных источников.

Живица В.В. в своей научной статье «Строительные технологии периода античности на западном побережье Крымского полуострова» [8] провела сравнительный анализ строительных технологий и материалов на территории Крымского полуострова в период античности.

В своем исследовании Хапаев В.В. и Бацура И.В. «Компьютерная 3D реконструкция античного и средневекового города Херсонес Таврический: опыт, проблемы и перспективы» [9] предложили и воссоздали графическую реконструкцию зданий и сооружений Херсонеса на основе исторических и археологических данных.

Столбов В.П. в своем научном исследовании «Социология города: к вопросу истории формирования античной городской среды» [10] рассмотрел античную городскую среду, которая является предьсторией социальной жизни в современных городах. Также автор изучил археологические исследования, которые позволили ему установить исторические пробелы и сформировать представление о социально-экономической и политической жизни людей в городах Северного Причерноморья.

Берова П.А. и Сулова О.А. в своей публикации «Типы античных городов Северного Причерноморья» [11] ознакомились с проблемами типологии античных городов, используя методы градостроительного анализа. Они исследовали города и укрепления поселений с точки зрения положения в сети расселения, а также изучили особенности архитектурно-планировочной структуры городов северного Причерноморья.

В научной статье «Градостроительные планы архаических греческих апойкий Северного Причерноморья: «идеальные и реальные» Чистов Д.Е. [12] изучил археологические данные, полученные в ходе раскопок за последние десятилетия, которые позволили ему подойти к изучению изначальной планировки. Вывел ряд общих черт в процессе их урбанизации.

Для изучения планировочной структуры современного города Чикаго в Северной Америке были проанализированы научные публикации авторов: Саваренской Т.Ф. [4], Бунина А.В. [4]; Андреас А.Т. [5]; Ганичева И.А. [6]; Набиуллина К.Р. [13]; Пешиной Э.В. [14], Рыженкова А.В. [14].

Саваренская Т.Ф. и Бунин А.В. в своем научном издании «История градостроительного искусства. Градостроительство XX века в странах капиталистического мира» [4] рассказывают о капиталистических городах начал XX -го века и возникновении новых тенденций в градостроительстве Америки. Ими выявлены проблемы в сфере жилья и в градостроительном законодательстве. Особое внимание в книге уделяется таким понятиям, как город-сад и городские общественные пространства.

Андреас А.Т. в своем издании «История Чикаго. С древнейших времен и до настоящего времени» [5] анализирует историю заселения и основание города Чикаго от появления первооткрывателей территории до современного города.

В литературно-научном издании Ганичева И.А. «Строительство в США» [6] освещаются вопросы по производству строительно-монтажных работ в разных отраслях: промышленном, жилищно-гражданском и сельскохозяйственном.

В своей научной статье Наibuллина К.Р. «Иновационные практики управления градостроительным развитием США» [13] излагает опыт США по управлению территориями, который имеет высокую ценность и демонстрирует инновационные методы в управленческой деятельности по развитию территории. Рассказывает об успешных проектах развития территорий в США, которые во много обусловлены наличием упрощенной законодательной базой.

В научном издании Пешина Э.В. и Рыженков А.В. «Эволюция теоретико-методических подходов к познанию идеального города» [14] рассматриваются и систематизируются основные градостроительные теории «идеального города», а также обозначены теории и построенные по ним реальные города.

Анализ публикаций показывает, что выбранная тема исследования является весьма актуальной и требует дальнейшего изучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе исследования для выявления исторической закономерности планировочной структуры применялся сравнительный анализ античных городов Северного Причерноморья и современного города Чикаго. В данном исследовании подобраны и проанализированы научно-исследовательские материалы об истории и развитии градостроительной деятельности на территории античных и современных городов. В процессе подбора материалов по теме публикации и анализа полученных результатов применены следующие научные методы: дедукции, теоретического анализа и синтеза, метод аналогии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Планировочная структура - это одна из главных характеристик пространственной организации античного и современного города, которая отражает расположение и связь всех функциональных зон города. Рост и развитие города связано не только с планировочной структурой, но и с многими другими факторами, а именно увеличения застройки территории, рост населения и социально-экономические функции. Одно из основных требований к планировочной структуре - это рациональное сочетание основных функциональных зон в городской планировке и удобная взаимосвязь между ними.

В статье рассмотрим разную планировочную структуру городов Северного Причерноморья, а также как формировались города на протяжении нескольких столетий и в чем выражаются основные принципы планировочной структуры такого города как Херсонес. Сравним античный город и современный, а также рассмотрим формирование современного города в течении разного промежутка

времени и выявим основные принципы планировочной структуры города Чикаго.

Рассмотрим развитие планировочной структуры в городах Северного Причерноморья, оно началось в первую половину VI в. до н. э. В это время началось формирование улицы и общественных центров, но расположение первоначальных построек отличалось разбросанностью, хотя у большинства домов была единая ориентация и стремление к размещению рядами. В первые годы античные города имели недолговечный характер, но уже со второй половины VI—V вв. до н. э. дома начали формироваться в кварталы и стали отчетливо прослеживаться элементы прямоугольной системы в планировочной структуре. Четко стали выделяться второстепенные и главные улицы, а в жилых кварталах появляются различные мастерские.

Со второй половины VI в. до н. э. начинается развитие одного из главных элементов города — это общественно-административный центр. Сам центр представлял собой площадь, где со временем вокруг нее начинается застройка разных общественных и административных зданий открытого типа с колоннадой вместо одной стены. Обычно площадь размещалась в центральной части города на пересечении главных улиц (Ольвия), но в городах, где была развита морская торговля, центр размещался около порта (Фанагория). Также в это время кроме площадей начинается постройка крепостных стен и укрепление их прямоугольными башнями [1].

Но основное развитие античной планировочной структуры начинается в IV-II вв. до н. э. В это время увеличиваются основные города и идет перестройка старых районов. Также в градостроительном плане городов Северного Причерноморья можно выделить три основных типа формирования планировочной структуры города [10]. Первый тип — это сложившиеся стихийная планировка (Тиритака, Мирмекий). Второй тип — это план города, где отсутствует единая регулярная планировка, но в некоторых районах используется прямоугольная система планировки города (Ольвия). Третий вид планировочной структуры античного города — это единый регулярный план города с прямоугольной системой планировки, где уличная сеть пересекается под прямым углом, например, как в Херсонесе (см. рис. 1) [11].

На примере третьего вида городов мы изучим основные пункты формирования планировочной структуры античного города. Подробнее рассмотрим хронологию и принципы развития города Херсонес.

Развитие архитектурно-планировочной структуры города Херсонес можно поделить на три основных этапа: классический период (V—IV вв. до н. э.), эллинистический период (III—II вв. до н. э.) и римский период (I—IV вв. н. э.) [1].

Про классический период, который начинается V—IV вв. до н. э. к сожалению, мало что известно. В этот период переселенцы обосновались в

северной части города, а сам город расширился в западном и юго-западном направлениях. Площадь города была небольшая, около 10-11 га, где

территория частично была занята некрополем в южной и северной частях города [9].

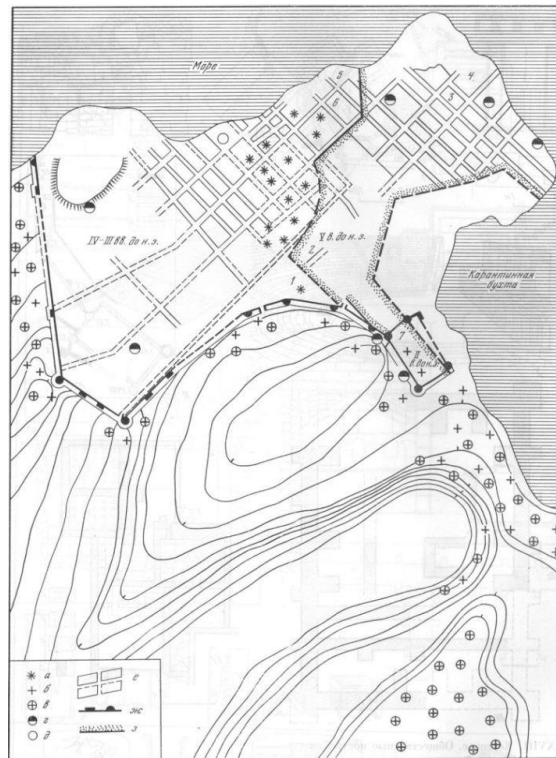


Рис. 1. План Херсонеса:

1 — театр; 2 — монетный двор; 3 — общественное здание III в. до н. э. на главной улице; 4 — храм III в. до н. э.; 5 — общественное здание I—III вв. н. э.; 6 — дом с мозаикой II в. до н. э.; 7 — термы на территории так называемой цитадели; а — некрополь V—IV вв. до н. э.; б — некрополь III —II вв. до н. э.; в — некрополь I—IV вв. н. э.; г — гончарные мастерские; д — стеклотделательная печь; е — жилые кварталы; ж — оборонительные стены; з — примерные границы города в V—IV вв. до н. э.

Fig. 1. Plan of Chersonese:

1 — theatre; 2 — Mint; 3 - a public building of the III century BC. e. on the main street; 4 - temple of the III century BC. e.; 5 - a public building of the I-III centuries BC; 6 - a house with a mosaic of the II century BC; 7 - thermae on the territory of the so-called citadel; a - a necropolis of the V-IV centuries BC; b - necropolis of the III -II centuries BC; c - necropolis of the I-IV centuries AD; g - pottery workshops; d - glassmaking furnace; e - residential quarters; z - defensive walls; z - approximate boundaries of the city in the V-IV centuries BC. e.

В эллинистический период проходящий с III—II вв. до н. э. площадь города увеличилась примерно до 24—26 га. В это время начинает прослеживаться четкая планировка с прямоугольной сеткой улиц, где главная продольная улица пересекает город с юго-запада на северо-восток, и ее длина составляет 900 м, а ширина 6 м [2]. Также начинает формироваться два типа кварталов: первый квартал размером 52x26 метров, второй - 27x24 метра [1]. В состав квартала обычно входило от двух до четырех домов. В восточной части города, около центра, располагалась большая площадь — центральная, рядом с которой находились основные общественные здания [2].

В разных частях города строились административные здания, например в северо-

восточной части города располагалось здание городского управления, в центре — монетный двор, а в южной части города — театр. Кроме того, в северном районе города вдоль поперечной улицы по направлению к морю появился ряд одиночных помещений - торговые ряды.

Также на планировочную структуру влияли и жилые дома. В эллинистический период основной характеристикой было единообразие плана, а именно с улицы во двор ведёт узкий коридор в самом дворе находится подвал или погреб, колодец или цистерна для дождевой воды, а сам двор окружают жилые дома и кладовые [8].

Римский период начинается с I-IV вв. н. э. В этом периоде прямоугольная система планировки города сохранилась, но в некоторых частях города

увеличились размеры кварталов. Место разрушенных домов были построены новые большего размера. На главной площади стали появляться здания общественного назначения, началось строительство новых храмов [1]. В римский период в двух районах города в юго-

восточной части и на северном берегу размещались римские гарнизоны со зданиями для физических упражнений и казармой для римских воинов [2]. На рис. 2 изображены схемы планов производственных поселений и их некрополей в окрестностях Херсонеса.

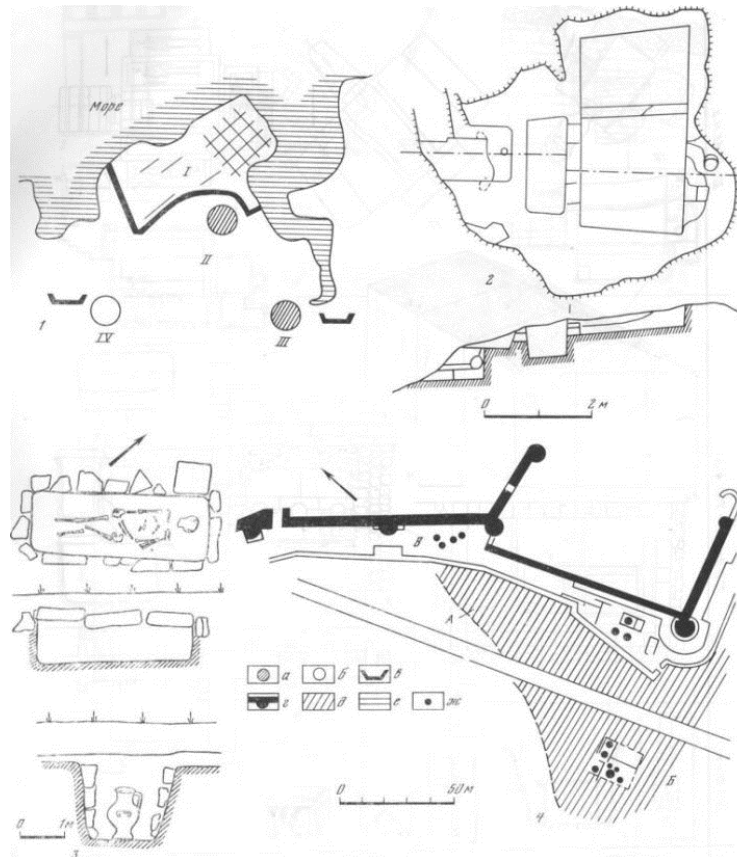


Рис.2. Производственные поселения и их некрополи в окрестностях Херсонеса:

1 — план расположения поселений и некрополей: I—Херсонес; II—поселок гончаров, III — поселок виноделов, IV — поселок каменщиков; 2 винодельня, вырубленная в скале у верховья Карантинной бухты; 3 — типы погребений в некрополе у Песочной бухты; 4 — район гончарных мастерских: а — поселение; б — предполагаемое поселение; в — некрополь; г — крепостные стены; д — предполагаемый район производственного поселения; е — протейхизма; ж — керамические печи. Составитель А. Н. Щеглов.

Fig.2. Industrial settlements and their necropolises in the vicinity of Chersonesos:

1 — plan of the location of settlements and necropolises: I— Chersonesos; II — the village of potters, III — the village of winemakers, IV — the village of masons; 2 wineries carved into the rock at the headwaters of Quarantine Bay; 3 - types of burials in the necropolis near the Sand Bay; 4 — pottery workshop area: a — settlement; б—Proposed settlement; в — necropolis; д — fortress walls; е — the proposed area of the production settlement; е — proteichism; г — ceramic furnaces. Compiled by A, N. Shcheglov.

В первую половину римского периода увеличилось количество производственных кварталов -целые ряды домов с рыбозасольными цистернами. Расширилась территория некрополя. обычно он располагается за оборонительной стеной, поэтому после постройки новой стены в конце IV — начале III в. до н. э его местоположение изменилось [7]. Также в окрестностях Херсонеса располагались производственные поселки трех видов деятельности: виноделие, гончарное искусство и каменщики [3].

За три периода в планировочной структуре города Херсонес мало что поменялось, в основном город расширялся, появлялись новые торговые ряды и жилые кварталы, но все придерживалось одной планировочной структуры — это четкая планировка с прямоугольной сеткой улиц [2].

Изучив планировочную структуру городов Северного Причерноморья и города Херсонес, мы рассмотрим градостроительную структуру американских городов. Исследуем как происходило формирование современного города,

проанализируем ряд исторических событий и выявим основные принципы планировочной структуры города Чикаго.

Колонизация Северной Америки испанцами, англичанами и французами очень повлияла на структуру строительства городов на континенте. Одни из первых появились испанские поселения, что дало начало особой градостроительной структуре американского города [5].

Основой градостроительной деятельности в испанских колониях служили тракты эпохи Возрождения и традиции формирования новых городов на земле метрополии. Существует два типа испанских поселений: гражданские города с регулярной структурой и военные поселения [5].

Одним из главных условий для города первого типа – это плодородная и сухая территория, доступность для осуществления логистики. Город должны были разбивать только по регулярному плану и брать свое начало с главной площади. Размер площади был не меньше 200 футов в ширину и 300 в длину и не больше 800 на 300 футов. От неё ориентировали четыре главные улицы по сторонам света. Площадь и четыре главные улицы «...должны иметь аркады — для отдыха и торговли» [4].

Регулярная планировка Чикаго (до 1871 года) изображена на рис.3.

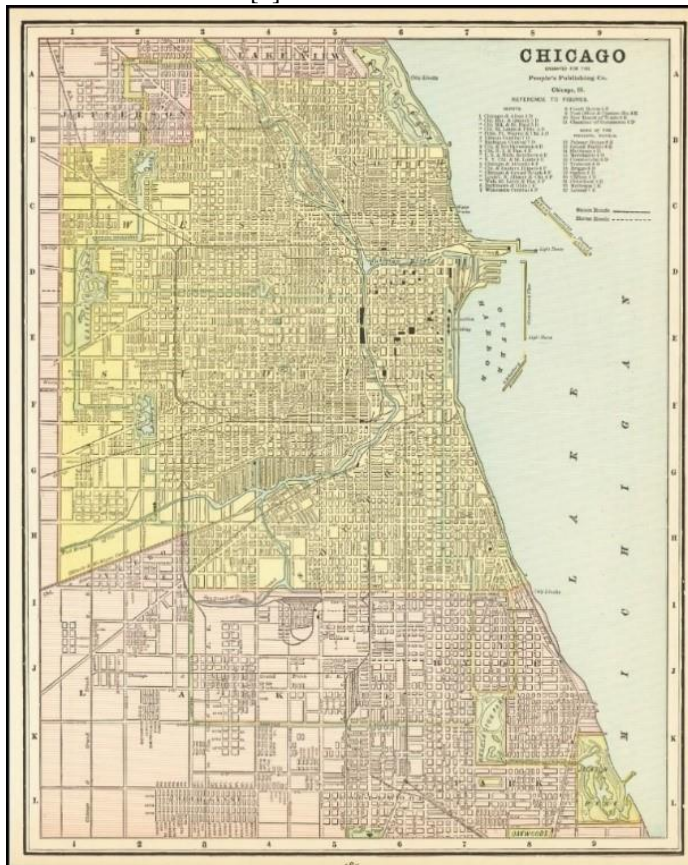


Рис. 3. Планировка города Чикаго до пожара 1871 года.

Fig. 3. Chicago City Plan before the 1871 fire.

Структура второго типа поселений представляет собой прямоугольник, внутри которого находится плац, а сам город окружен неглубоким рвом и небольшим валом, вдоль которого сооружались дома и оставался только один разрыв для ворот. Рядом с поселением постепенно появлялись предместья. Большая часть городов сохраняла свои укрепления и начинала вытягиваться вдоль рек, которые представляли собой одним из главных сообщений в стране [14].

Поселения французов были похожи на замки. Их структура обычно представляла собой звездчатое окружение бастионов, внутри которого располагались небольшие кварталы. Спустя

некоторое время по направлению к крепости, вдоль берега реки и в зависимости от рельефа появлялись кривые улицы, что в итоге образовывало живописную планировку. Город принимал средневековый облик, благодаря акцентным и главным зданиям, такие как церкви, дворец, различные сооружения монашеских орденов, увенчанные шпилями и формировавшие сложный силуэт.

Градостроительная система в колониях англичан легла в основу урбанизма Соединённых Штатов Америки в XVIII и XIX вв. Для каждого нового города были назначены точные типовые размеры территории и земли, необходимые для

хозяйственного дела. Ранние английские города Америки не отличались особенной планировкой, она была строго регулярной и достаточно однообразной, все участки, предназначенные для жилья, были абсолютно одинаковы [4].

Таким образом в XIX веке генеральный план американского города представлял собой монотонную прямоугольную сетку, не имея никакой особенной черты. Один из таких примеров - город Чикаго, идеальная сетка улиц, состоящая из 50 кварталов в каждом квадратном километре. Данная планировка города, хоть и однообразна, но несмотря на это, прямоугольные участки удобны и экономичны, которые легко можно было разбить на части [4].

Во второй половине XIX века в градостроительстве Америки начинает распространяться проектирование масштабных парков в структуре города. Благодаря таким переменам начали создаваться поселки и пригороды, представляющие собой пейзажные сады с домами, располагающиеся вдоль извилистых дорожек. Постепенно эта система вжилась в градостроительную систему американского города и стала основой в проектировании современного города [13].

В конце XVII-го века первые кто из европейцев вступил на земли современного Чикаго, были

французы. Они открыли водный путь от Великих озер к Мексиканскому заливу через реку Миссисипи. Этот поход и открытие дали французам понять ценность территории современного Чикаго как ключевого транспортного узла [5].

В 1779 году Жан Баптист Поинт ду Сабла, в будущем названный "Отцом Чикаго", стал первым "жителем" Чикаго неиндейского происхождения. А к 1833 году в поселении было уже 350 жителей, в 1837 году Чикаго получает статус города и через 3 года насчитывается уже 4000 жителей [5].

В 1871 году произошло решающее событие - пожар, которое изменило судьбу и дало создать самый современный город. Из-за пожара было разрушено 18000 строений и было решено не восстанавливать город по старым планам, а выстроить по-новому и создать новый облик Чикаго. Болотистая почва не давала возводить высокие здания, но благодаря современному решению - использовать металлический каркас, Чикаго стал образцовой моделью вертикально-возводимого города [6].

В 1893 году в Чикаго открывается Мировая Колумбовская выставка, посвященная 400-летию открытию Америки. Выставка оставила свой важный след в структуре планировки города и на градостроительной системе США [4]. На рис. 4 представлена новая планировка г.Чикаго 1909 года.

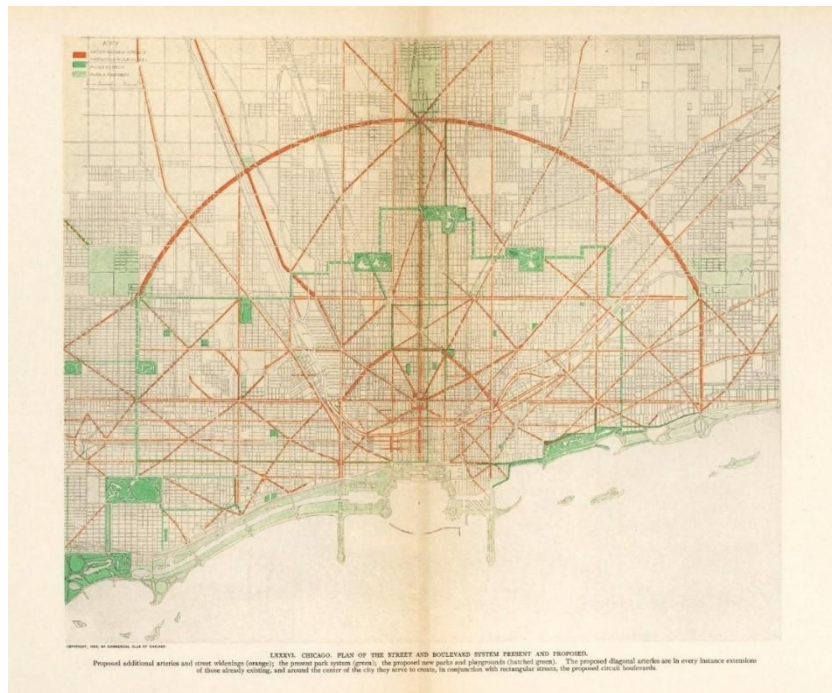


Рис. 4. Планировка города Чикаго 1909 года.

Fig. 4. The layout of the city of Chicago in 1909.

Современный план Чикаго был продуман и спроектирован в 1909 году архитектором Бернхемом. На старую прямоугольную сетку накладывалась особенная система диагоналей, которая по-своему изламывалась, чтобы не образовывать "скучные коридоры". Город был ориентирован на озеро Мичиган, а диагонали улиц

вееером сводились к нему. Система диагоналей связывалась полукольцевой магистралью на окраине Чикаго [6]. От главного парадного порта, ограниченного двумя длинными молами, начинается основная композиционная ось новой планировочной системы. Композиционная ось представляла собой систему бульваров, беря начало

на границе города у живописного парка и заканчивалась большой общегородской площадью, по задумке архитектора являющейся главной точкой расположения величественных общественных зданий и с которой брали начало десятки крупных улиц [6].

В те времена архитекторы-градостроители стремились создавать планировки города так, чтобы они образовывали сложные живописные системы, ломающие монотонность и схематичность. Американское и европейское градостроительство, по мнению исследователей, обрело общие черты на фоне необходимости решать социальные, экологические и транспортные проблемы. Градостроительная система Европы и США искала структуру, по которой будут организовывать пригороды и создавать городские озеленения, основываясь на современных потребностях [13].

Сделав анализ античного города Херсонес и современного города Чикаго, были определены общие характеристики планировочной структуры данных городов. Главной характеристикой, связывающей города разных эпох, является прямоугольная планировка. Также схожие черты проявляются в расположении главной площади. Основными признаками площади, что в античный период, что в современный, являются: расположение площади в центральной части города, начальная точка главных улиц, расположение главных административных зданий вокруг площади. На основании выведенных первостепенных общих характеристик. Таким образом, градостроительная система античного города стала основой для проектирования городов, последующих эпох и отразилась на планировочной структуре разных континентов, народов и культур.

ВЫВОДЫ

Градостроительная структура городов является неотъемлемой частью жизни народов в разные эпохи. В каждом будь то государстве, поселении или народе люди имеют похожий вид деятельности, который с каждой эпохой приобретает более современный вид. Поэтому структура античного города и современного не сильно отличается, так как планировка города напрямую зависит от жизнедеятельности жителей.

Проведен сравнительный анализ античного города Херсонес и современного города Чикаго. Изучены градостроительные особенности Северного Причерноморья с конца VII- первой половины VI в. до н. э. по IV в. н. э. Выявлены основные принципы строительства городов Северной Америки в XVIII- XIX вв. Определены общие черты планировочной структуры между городами Херсонес и Чикаго. Схожими элементами рассмотренных городов являются: центральная площадь, соотношение кварталов, прямоугольная планировка территории, соотношение ширины главной улицы к второстепенным, расположение основных градообразующих элементов в виде

административных зданий, церковей и торговых точек.

Изучена хронология событий и факторы образования, и дальнейшего развития городов Северного Причерноморья и Северной Америки, на примере города Херсонес и города Чикаго. Выявлены основные периоды формирования градостроительной системы в античных и современных городах, которые стали основанием для итоговой планировочной структуры городов:

1. Расположение водных объектов вблизи городов повлияло на расположение центральной площади, порта и производственных баз.

2. Наличие проходящих через город торговых путей, повлияло на развитие сельского хозяйства и иной деятельности.

3. Благоприятные климатические условия также стали положительным фактором для создания городов на данных территориях.

4. Переселение новых народов на территории Северного Причерноморья повлияло на прямоугольную планировочную структуру и создало хаотичную планировку.

5. Масштабный пожар в городе Чикаго, разрушивший большую часть города, дал возможность создать более современную и удобную планировочную структуру города на основе старой.

Подводя итоги, можно предположить, что античная структура городов Северного Причерноморья является гармоничной, удобной и рациональной и возможно именно поэтому могла стать основой для проектирования городов в других государствах.

Изученная научная литература по теме исследования ясно дает понять, что тема сравнения планировочной структуры городов разных эпох вызывает многосторонний междисциплинарный интерес и дает место для будущих открытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляев С.А., Долгорукова В.С., Крыжицкий С.Д. Античные государства Северного Причерноморья /Под ред. Г.А. Кошеленко, И.Т. Кругликовой, В.С. Долгорукова. - М.: Наука, 1984. - 382 с.
2. Ермакова И.А. Архитектурно-пространственное формирование Херсонес-Херсона: дис. канд. арх. наук: 07.04.01. - Ростов-на-Дону, 2015. - 26 с.
3. Орлова Е.В., Трейман Ю.Ф. Сравнительный анализ фортификационных сооружений крепости Хумара и Херсонеса Таврического // Молодой исследователь Дона. - 2021. - №4(31). - С. 124-129.
4. Саваренская Т.Ф., Бунин А.В. История градостроительного искусства Т.2. Градостроительство XX века в странах капиталистического мира. - 2-е изд. - М.: Стройиздат, 1979. - 496 с.
5. Андреас А.Т. История Чикаго. С древнейших времен и до настоящего времени. - Чикаго: Андреас А.Т., 1884. - 1328 с. [Andreas A.T. History of

Chicago. From ancient times to the present. - Chicago: Andreas A.T., 1884. - 1328 p.]

6. Ганичев И. А. Строительство в США. - М.: Стройиздат, 1979. - 333 с.

7. Григорьев А.М. Форты как класс оборонительных сооружений на примере укреплений дальней хоры Херсонеса // Genesis: исторические исследования. - 2020. - №9. - С. 1-20.

8. Живица В.В. Строительные технологии периода античности на западном побережье Крымского полуострова // Строительство и техногенная безопасность. - 2014. - №52. - С. 5-13.

9. Хапаев В.В., Бацура И.В. Компьютерная 3D реконструкция античного и средневекового города Херсонес Таврический: опыт, проблемы и перспективы // Историческая информатика. - 2018. - №4. - С. 39-56.

10. Столбов В.П. Социология города: к вопросу истории формирования античной городской среды // Известия ВУЗов. Серия "Экономика, финансы и управление производством". - 2016. - №02(28). - С. 96-101.

11. Берова П.А., Сусллова О.А. Типы античных городов Северного Причерноморья // Наука, образование и экспериментальное проектирование. - 2020. - №1. - С. 116-120.

12. Чистова Д.Е. Градостроительные планы архаических греческих апоикий Северного Причерноморья: «идеальные» и реальные // Материалы по археологии и истории античного и средневекового Причерноморья. - 2021. - №13. - С. 219-253.

13. Набиуллина К.Р. Инновационные практики управления градостроительным развитием США // Общество: политика, экономика, право. - 2018. - №11(64)

14. Пешина Э.В., Рыженков А.В. Эволюция теоретико-методических подходов к познанию "идеального города" // Управленец. - 2013. - №4(44). - С. 32-40.

REFERENCES

1. Belyaev S.A., Dolgorukova V.S., Kryzhitsky S.D. Antique states of the Northern Black Sea region / Ed. by G.A. Koshelenko, I.T. Kruglikova, B.C. Dolgorukova. - M.: Nauka, 1984. - 382 p.

2. Ermakova I.A. Arkhitekturno-spatial'nyi shapiya Chersonesos-Khersona: dis. cand. Arch. Nauk: 07.04.01. - Rostov-on-Don, 2015. - 26 p.

3. Orlova E.V., Treiman Yu.F. Comparative analysis of fortifications of the fortress of Humar and Chersonese of taurida // Young researcher of the Don. - 2021. - №4(31). - pp. 124-129.

4. Savarenskaya T.F., Bunin A.V. History of Urban Art T.2. Urban planning of the XX century in the countries of the capitalist world. - 2nd ed. - M.: Stroyizdat, 1979. орлов- 496 p.

5. Andreas A. T. History of Chicago. From ancient times to the present. - Chicago: Andreas A.T., 1884. - 1328 p.

6. Ganichev I. A. Stroitelstvo v USA. - M.: Stroyizdat, 1979. - 333 p.

7. Grigoriev A.M. Forty as a class of defensive structures on the example of fortifications of the far hory of Chersonesus // Genesis: historical research. - 2020. - №9. - pp. 1-20.

8. Zhivitsa V.V. Stroitelnye tekhnologii perioda antichestvo na zapadnogo kostya Krymskogo peninsula // Stroitelstvo i technogenicheskaya zabeda. - 2014. - №52. pp. 5-13.

9. Khapaev V.V., Batsura I.V. Computer 3D reconstruction of the ancient and medieval city of Chersonese Tauric: experience, problems and prospects // Historical informatics. - 2018. - №4. - S. 39-56.

10. Stolbov V.P. Sociology of the city: to the question of the history of the formation of the antique urban environment // Izvestiya VUZOV. Series "Economics, Finance and Production Management". - 2016. - №02(28). - S. 96-101.

11. Berova P.A., Suslova O.A. Types of antique cities of the Northern Black Sea // Science, education and experimental design. - 2020. - №1. - S. 116-120.

12. Chistova D.E. Urban planning plans of archaic Greek apoikiy of the Northern Black Sea region: "ideal" and real // Materials on archeology and history of the ancient and medieval Black Sea region. - 2021. - №13. - S. 219-253.

13. Nabiullina K.R. Innovative practices of urban development management usa // Society: politics, economics, law. - 2018. - №11(64)

14. Peshina E.V., Ryzhenkov A.V. Evolution of theoretical and methodical approaches to cognition of the "ideal city" // Managerial. - 2013. - №4(44). - S. 32-40.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PLANNING STRUCTURE OF ANCIENT AND MODERN CITIES

Sidorova V.V.¹, Kroleva N.V.², Yurchik Y.Y.³

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation.

E-mail: ¹ nucikBBC@yandex.ru, ² kroleva00@inbox.ru, ³ iurchik.1999@mail.ru

Abstract. This article analyzes the comparison of the planning structure of ancient and modern cities, using the example of the ancient city of Chersonesos and the American city of Chicago. Literary and scientific sources on the urban planning system of cities in the Northern Black Sea region and cities in the USA are also analyzed. The history of the origin of settlements of different eras has been studied, the characteristic features of the development of the area and the influence of the culture of the people on the planning structure have been identified. The principles of the development of urban planning activities in the city of Chersonesos are considered. The main stages of the formation of the system of streets, quarters, buildings and public spaces in the settlement of the ancient period are determined. Delving deeper into the study of the historical city, the characteristics of the planning of residential yards, which are part of residential areas and streets, were analyzed, and their influence on the arrangement of the road and street network was determined. The urban planning plans of the cities of the Northern Black Sea region were considered and three main types of planning structure were identified. Studying the historical events in North America and its settlement by the colonies of the Spaniards, the British and the French, the features that preceded the formation of the modern city system were also revealed. The structure according to which cities were created in the USA in the 18th and 19th centuries is determined, it is shown how it has changed from the time of the settlement of territories by colonies to our time. An analysis was made of the impact of large-scale natural disasters on changing the planning structure of the city, how these events make it possible to change the urban planning system and move in a new direction. Summing up the results of the article, similar features of the planning of cities of the ancient period and modern cities were revealed, and what factors influenced the development of these structures.

Subject of research. Planning structure of ancient and modern cities.

Materials and methods. In the process of studying materials on the topic of publication, the following methods were applied: deduction, theoretical scientific analysis and synthesis, the method of analogy.

To identify similar features of the urban structure, a comparative analysis of the ancient and modern city is used.

Outcomes. An analysis of the planning structure of cities is carried out, similar and different features are revealed. Urban planning problems are identified and studied. An analysis of the chronology of events that influenced the planning of cities is carried out.

Findings. Studying the historical factors and principles of the formation of cities of different periods, the main planning structure was revealed, which was used not only in ancient cities, but also in modern ones. This urban planning principle was identified and proved on the example of the city of Chersonese and Chicago.

Key words: planning, structure, urban development, ancient city, modern city, Chersonese, Chicago.

УДК: 72.007

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНОЙ ПРОФЕССИИ

Суворов¹ А.И., Волкова² Н.Н., Живица³ В.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,
Институт «Академия строительства и архитектуры»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181.
E-mail.: ¹suv_a_i@mail.ru; ²knatashe@list.ru; ³vzhivisa@mail.ru

Аннотация. В статье обозначен круг тем и вопросов для разработки методических материалов в помощь преподавателям учреждений довузовской подготовки, в том числе: популярное освещение особенностей архитектурного творчества и архитектурной профессии для школьников, их родителей и учителей с целью помочь абитуриентам в выборе профессии. Рассмотрено решение проблемы кадрового дефицита архитекторов-проектировщиков путем увеличения притока молодежи в архитектурные ВУЗы с помощью активизации работы по довузовской подготовке. В качестве методических материалов предлагаются: краткое определение специальности, а также роль и значение творческой деятельности в жизни человека. Аналитически рассмотрены сложность и специфика архитектурного образования, универсальный характер знаний, значение практической деятельности по созданию окружающей среды, а также причины высокого авторитета и престижа профессии архитектора в обществе.

Предмет исследования: изучается процесс профессиональной ориентации молодежи, желающей получить высшее образование, а также уровень представлений населения об архитектуре и архитектурной деятельности.

Материалы и методы: материалом данной статьи является в основном многолетний проектный и педагогический опыт авторов в русле изучаемой профессии, который может принести пользу молодым преподавателям в системе довузовской подготовки и в процессе преподавания на младших курсах архитектурного института. Применены методы: логического анализа, аналогий, критического использования опыта отечественных ВУЗов.

Результаты: ввиду существующего кадрового дефицита в части разработки проектно-сметной документации для отечественной строительной отрасли, предпринята попытка улучшить ситуацию путем организации работы по раскрытию привлекательных особенностей архитектурно-градостроительного творчества, а также с целью помочь абитуриентам определиться с выбором профессии.

Обозначена необходимость преодоления некоторая цеховой замкнутости и закрытости области архитектурной деятельности, которая нуждается в популярном освещении, что частично сделано в данной статье. Это необходимо и потому, что в создании эстетически полноценной городской среды должны участвовать не только профессионалы, но и широкие слои населения.

Авторы, по мере сил, постарались подробно и популярно обсудить и обосновать необходимость прививать студентам компетенции для умения контактировать с населением с целью популяризации достоинств этого рода созидательного творчества.

Перечислены также основные моменты и характерные особенности образовательного процесса в Институте «Академия строительства и архитектуры», на которых преподавателям необходимо акцентировать внимание студентов. В качестве фактора, мотивирующего к напряжению в учёбе, является разъяснение универсальных качеств, умений и знаний, которые приобретает студент в процессе обучения.

Содержание статьи поможет молодым преподавателям на начальном этапе обучения студентов создать методический материал об увлекательности творческой работы над овладением профессией и осветить трудности, ждущие будущих архитекторов на этом пути.

В статье рекомендовано в работе со студенческой аудиторией больше уделять внимание факту высокого престижа градостроительной профессии в обществе, что должно укрепить уверенность будущих специалистов в верности выбранного вида деятельности и мобилизовать силы для серьезного труда.

Выводы: главным мотивом в работе над данной статьей явилось стремление авторов способствовать решению проблемы дефицита архитектурно-градостроительных кадров в проектных организациях Крыма.

Студенты должны понимать, почему творческая работа в области архитектуры и совершенствования городской среды полуострова должна выполняться, в первую очередь, выпускниками именно крымских учебных заведений. Специалисты из других регионов, как правило, недостаточно знакомы с местной спецификой, которую необходимо изучать в течение длительного времени.

Ключевые слова: профориентация молодёжи, довузовская подготовка, архитектурное образование, универсальная специализация, методология обучения, индивидуальный подход.

ВВЕДЕНИЕ

Образовательные программы начальных курсов архитектурного вуза должны содержать идеи следующего характера:

- проблема профессиональной преемственности в области архитектурно-градостроительного творчества, также как и в других областях культуры и экономики, должна иметь государственное значение;

- создание материальной среды для решения индивидуально-жизненных проблем и осуществления общественной деятельности – того, что мы называем социальными процессами, должно происходить непрерывно; постоянное и своевременное восполнение трудовых ресурсов в экономике и культуре является необходимым условием успеха в глобальной конкуренции;

- в стремительном потоке развития мировой цивилизации приоритетная роль строительного комплекса, создающего материальные условия для всех видов человеческой деятельности, ни у кого не вызывает сомнения; отправным пунктом строительного процесса во все времена было создание проектно-сметной документации;

- жилые дома, производственные сооружения, общественные здания торгового, культурного и спортивного назначения прежде чем возникнуть в реальной среде, должны родиться в виде творческого замысла архитектора-проектировщика; «творческого» означает художественно совершенного, так как человечество в ходе длительной эволюции в потоке развития культуры приобрело высокий уровень эстетических запросов и, кроме физического комфорта, нуждается в духовных ценностях;

- здания и монументы являются каменной летописью истории и культуры, а также источником чувства художественной гармонии, без которого жизнь человека не может считаться полноценной;

- будущие архитекторы еще на скамье института должны уяснить свою социальную роль, свой долг перед обществом: создатели городского пространства не могут руководствоваться только своими личными вкусовыми и художественными предпочтениями, если эта среда предназначена для широких масс населения; социальный заказ обязывает архитектора постоянно знать и чувствовать потребности широких масс населения и стараться удовлетворять эти запросы;

- поскольку художественная подготовка рядового человека не всегда имеет достаточно высокий уровень, архитектура важна еще и тем, что в ряду факторов, повышающих этот уровень, ей принадлежит первое место; художественный уровень потребителя и эстетические качества окружающей среды должны создаваться в процессе диалога архитектора и представителей общественности.

Роль пропагандиста и популяризатора художественной национально-исторической культуры среди населения сложна и многогранна.

Сложной и многогранной должна быть и личность, на которую возложена эта миссия.

Поэтому архитектурное высшее учебное заведение должно выпускать не только проектировщиков строительных объектов, но и создавать разносторонне подготовленных, обладающих универсальными знаниями специалистов в области художественной деятельности.

Вот почему, учитывая сложность задач, стоящих перед архитектурным институтом, в последнее время огромное значение придается довузовской подготовке.

И одна из целей преподавателей – читателей этой статьи в том, чтобы объяснить: ценность архитектурной профессии стоит того, чтобы преодолеть трудности, с которыми сопряжено ее приобретение.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Проблемы социальной адаптации личности и роль в этом процессе высшего образования рассмотрела Абрамова М.А. [1].

Тему дополнительного образования школьников за счет интеграции общего и дополнительного образования разработали Гущина Т.Н., Иобидзе Н.Г., Талова Т.М. [4], Грабовенко И.А. [5], Афанасьева Е.А. [6].

Вопросы архитектурного образования, рассмотрены в научных работах Чудинова В.Г. [7], Пак Л.Г., Бесединой И.В. [8], Гришиной Т.В. [9], Китова С.А., Лицаревой М.М., Ермошина Е.А. [10], Шенцовой О.М., Веремей О.М., Шишлянниковой Т.О. [11].

Анализ публикаций свидетельствует о том, что проблема выбора и освоения профессии должна решаться объединенными усилиями семьи, школы и системы высшего образования.

Для оптимизации учебного процесса в архитектурном ВУЗе необходима организованная система довузовской подготовки абитуриентов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом данной статьи является в основном многолетний проектный и педагогический опыт авторов в русле изучаемой профессии. Рассмотрен и использован отечественный опыт довузовской подготовки преподавателей других регионов. Применены методы: логического анализа, аналогий, критического использования опыта отечественных ВУЗов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В учебной деятельности молодого преподавателя, работающего на младших курсах, необходимо для начала проработать со студентами следующие вопросы: первый – что такое архитектура и чем занимается архитектор? То есть

чем придется заниматься после окончания архитектурного ВУЗа? Второй вопрос: как будет происходить освоение профессии? Это большая тема и раскрывается постепенно на протяжении всей жизни: сначала в учебе, а после и в работе.

Окружающая среда и качество жизни. В тезисном виде материал вводных лекций для первокурсников может быть построен на следующих темах.

«Архитектура» в смысловом переводе с древнегреческого – искусство строить. В современном понимании это слово означает искусство создавать окружающую среду. Именно искусство, а не просто умение, потому что среда,



окружающая человека, должна быть красивой, эстетически совершенной, художественно богатой и гармоничной (рис. 1-2). То есть это область художественной деятельности. Необходимость и важность эстетического совершенства среды доказывает вся история развития человеческой цивилизации. В сжатом виде значение уровня архитектуры в нашей жизни можно выразить так: гармоничное общество с развитой экономикой и высокой культурой может быть создано только людьми с высокой внутренней душевной организацией, а воспитание таких людей, в большой мере, зависит от эстетического совершенства окружающей среды.



Рис. 1-2. Примеры архитектурных решений усадебных домов
Fig. 1-2. Examples of architectural solutions of manor houses

Рассуждая более приземленно, можно также вспомнить о качестве жизни каждого человека в каком-либо месте. Понятно, что это качество очень зависит от того, какая вокруг среда: природа, архитектура. Не случайно ведь люди стремятся перебраться в крупные города с более высоким уровнем благоустройства и большим количеством хорошей архитектуры, в основном, конечно, исторической. Среда эту создал и преобразовывает человек, а среда, как уже было сказано, создает человека.

Человек, от которого зависит качество среды, а вместе с ней и качество нашей жизни – это архитектор. «Архи» – это превосходная степень чего-либо. «Тектор» – строитель. Таким образом слово «архитектор» в буквальном переводе означает – главный строитель. Тектоника – это первый и основной признак понятия «архитектура». Строит здание не один человек, а целая команда, но именно архитектор создаёт чертежи, по которым коллектив строителей возводит здание.

Сначала дворцы и храмы. Поскольку изучение многих дисциплин начинается с истории, начальная часть лекции также может быть в виде исторического экскурса примерно следующего содержания:

По мере развития общества, его социальной структуры появилась потребность в красивых зданиях.

Какие же зданиям люди отдавали предпочтение? Прежде всего – храмам – символическим жилищам

бога, к которому народ приходит поклониться и обратиться с молитвами. В красоте храма люди хотели выразить величину своего почтения к божественной власти, глубину своей веры в высшую мудрость.

После бога на красивые дворцы претендовали представители властной элиты, чтобы подчеркнуть свое положение в социальной иерархии. Возникла потребность в строителях, способных создавать здания, совершенством своего облика выражающие могущество и знатность владельцев. Появилось понятие монументальности и декоративности, – основных черт, которые вместе с тектоникой составляют красоту архитектуры. Дворцы и храмы украшались декоративными деталями, скульптурами, настенными живописными росписями. Понадобились специалисты монументально-декоративного искусства – скульпторы и живописцы. Именно архитектура стимулировала развитие этих искусств, которые с течением времени стали существовать не для украшения и завершения архитектуры, а обрели самостоятельность, и называются не только монументально-декоративными искусствами, а еще и станковыми.

Трудности выбора. Главный фактор при выборе молодым человеком профессии – это советы и наставления родителей, у которых есть жизненный опыт, знание разных видов деятельности, людей и отношений между ними. Критерии при выборе профессии бывают разные: соответствие с

природными способностями и наклонностями, востребованность в обществе, то есть перспектива материального благополучия и моральное удовлетворение от сознания своей значимости, престиж профессии в обществе, а также – насколько эта профессия является творческой. Этот последний фактор нуждается в комментариях.

В наше напряженное время человек проводит на работе много времени, большую часть своей жизни. И тогда напрашивается простой вывод: какова работа, такова и жизнь: хорошая работа – хорошая жизнь. Понятие «хорошая» в первую очередь включает достаточную для содержания семьи зарплату. Но поскольку все знают что счастье не только в деньгах, то сюда включаются и другие интересы.

Молодому человеку необходимо объяснить, что хорошая работа, это такая, с которой не стремишься убежать побыстрее, дождавшись конца рабочего дня, как от чего-то постылого и неприятного. Работа не должна быть такой, которую выполняешь только для заработка. Интересная жизнь предполагает интересную работу. Такую работу называют творческой. При слове «творческая» возникает представление о художественной деятельности, об искусстве.

Универсальность и престиж. Профессия архитектор предполагает творческую жизнь и непрерывные поиски вдохновения – это может быть следующим тезисом для рассмотрения на вводной лекции.

Архитектура – это искусство. И не просто искусство: архитектуру называют «Матерью всех искусств». Потому что произведение архитектуры – дворец, собор, вокзал, театр, всегда органично включало в себя произведения скульптуры и живописи. Поэтому архитектор должен иметь основательную художественную подготовку. Для этого архитектурное образование включает занятия живописью и скульптурой. В основе архитектурного творчества лежит сложное художественно-композиционное мышление. Архитектор – это творческий универсал: кроме

основной специальности, он владеет знаниями и умениями скульптора, живописца, графика. Реставрация исторических сооружений предполагает также глубокие знания в истории, которые нужны для работы и интересны самому их обладателю.

В области композиции архитектору, при сравнении со специалистами других областей художественной деятельности, можно смело отдать приоритет. На протяжении всей жизни ему приходится решать масштабные задачи. Кроме живописи, графики, скульптуры, ландшафтного дизайна есть еще большое количество прикладных искусств, где архитекторы чувствуют себя вполне уверенно. Владение композицией изначально предполагает лидирующую роль специалиста этой области во многих созидательных процессах. Этим объясняется престиж и авторитет архитектора в обществе.

Социальный заказ. В разделе о престиже необходимо разъяснить еще одно обстоятельство, – архитектура это социальное искусство. «Социум» означает – «общество». Экономическое, политическое и культурное развитие общества немислимо без строительства и архитектуры. Кроме удовлетворения сугубо материальных потребностей людей, окружающая среда влияет на духовный мир человека. Концертный или выставочный зал, библиотека – это тоже средоточия духовной жизни, но туда люди идут по желанию. От объектов же архитектуры никуда не уйдешь – они окружают нас всюду, мы пользуемся ими и созерцаем их постоянно, независимо от того, хотим мы этого или нет. И также независимо от нашего желания испытываем их воздействие на наш внутренний мир. Вряд ли нужно объяснять, насколько он зависит от образной выразительности и художественного богатства окружающей среды. Для этого достаточно оценить свои впечатления, находясь в центре крупного административно-культурного центра, особенно в исторической его части (рис. 3).

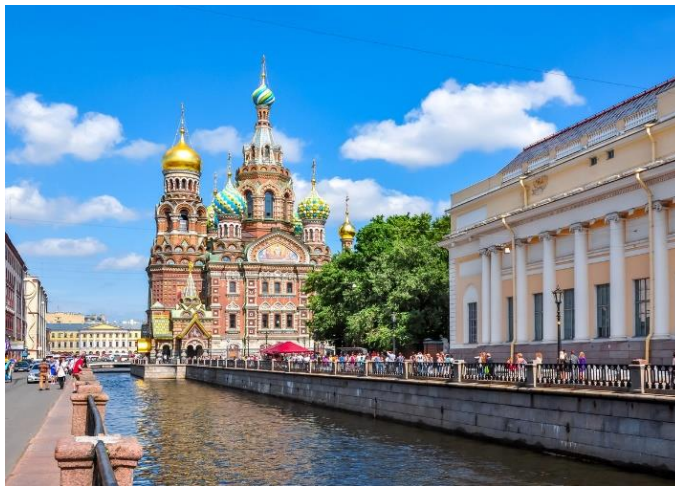


Рис. 3. г. Санкт-Петербург. Вид с набережной канала Грибоедова на Храм Спаса на Крови
Fig. 3. St. Petersburg. View from the embankment of the Griboyedov Canal to the Church of the Savior on Spilled Blood

Оправданные трудности. Высокой роли и положению необходимо соответствовать. Для приобретения всех вышеперечисленных качеств архитектору надо затратить немало труда и времени, зато личностный и профессиональный уровень такого специалиста становится недостижимым и, часто, даже непостижимым для окружающих. В течение многих лет, постоянно, день за днём, упражняя свой интеллект решением сложного сплетения технических и творческих проблем, развивая и углубляя художественное мастерство, архитектор становится специалистом и человеком, с которым трудно сравниться представителям других профессий.

Специфика преподавания и обучения. На завершающем этапе беседы о профессии полезно довести до сведения студенческой аудитории представление об иерархии учебных дисциплин.

Одна из трудностей обучения архитектурной профессии в том, что все теоретические изыскания в области архитектуры не могут претендовать на исчерпывающую точность и не обладают таким единодушием их авторов, как это было во времена преобладания исторической традиции. Специальная литература, посвящённая архитектурным проблемам сейчас не может быть применена в качестве учебников для студентов уже хотя бы потому, что большая часть этой литературы возникла в период преобладания модернистского направления в архитектуре, которое на протяжении 20-го века дискредитировало себя своей неэстетичностью и функционалистской бездуховностью. Основным источником теоретических знаний является история архитектуры и градостроительства с классификацией стилей и анализом традиционных творческих методов.

История архитектуры даёт нам представление о закономерностях художественной композиции и методах пластической гармонии.

Архитектура – это эмпирическая область творчества, то есть знание, основанное на опыте, проверенное в течение длительного времени и передаваемое из рук в руки. Опыт добывается практической деятельностью и передаётся в индивидуальном порядке от человека к человеку.

Основным методом обучения является практическая работа студентов над проектами под руководством преподавателей. От проекта к проекту сложность заданий увеличивается, и к моменту защиты дипломной работы студент разрабатывает объект в объёме комплекса сооружений.

Параллельно с архитектурным и градостроительным проектированием студенты изучают ряд дисциплин, которые требуется знать в силу многообразия и разносторонности архитектурной деятельности. В этом ряду главными дисциплинами являются архитектурное и градостроительное проектирование, а также история и теория архитектуры и градостроительства. Приобретённые знания и компетенции дадут возможность в реальной практической работе продолжить движение к высокому уровню владения профессией.

Довузовская подготовка. В архитектурный ВУЗ значительная часть молодёжи приходит, не имея достаточной художественно-графической подготовки, необходимой для освоения программ высшего образования. В связи с этим возникает необходимость в организации такой подготовки силами и на базе самих институтов (рис 4-5).

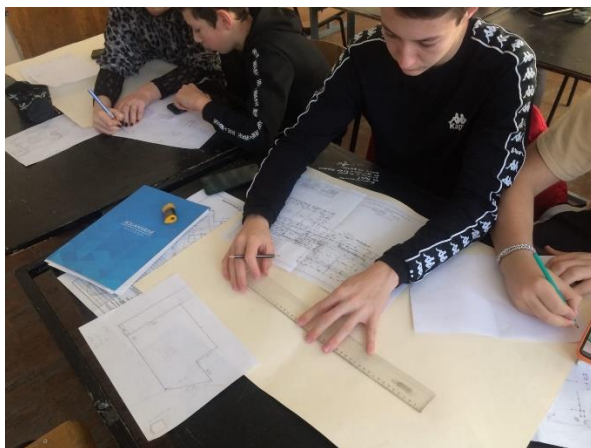


Рис. 4-5. Школьники 10 – 11 классов на профориентационных курсах в Институте «Академия строительства и архитектуры» – проект «Градостроительный класс» (слева). Студенты 2 курса кафедры градостроительства в процессе работы над проектом индивидуального жилого дома (справа)

Fig. 4-5. Students of grades 10-11 at vocational guidance courses at the Institute "Academy of Construction and Architecture" – the project "Urban Planning class" (left). 2nd year students of the Department of Urban Planning in the process of working on the project of an individual residential building (right)

Преподавателям, участвующим в довузовской подготовке рекомендуется, проводя беседы со школьниками, их родителями и учителями,

обратить их внимание на следующие обстоятельства в качестве мотивирующих факторов:

1. До появления в архитектурной области системы высшего образования на протяжении веков детей отдавали в обучение профессии в отроческом возрасте. Не углубляясь в анализ этого метода, необходимо отметить одно его существенное достоинство: молодые люди того времени намного раньше достигали профессиональной и человеческой зрелости, чем это происходит в современности.

2. Раннее развитие позволяло человеку на протяжении жизни успеть достичь достаточно многого благодаря тому, что время обретения мастерства совпадало с расцветом молодых сил и энергии.

В наше время мудро поступят те родители, которые как можно раньше постараются выявить способности и наклонности ребёнка и помогут ему приобрести и развить необходимые навыки и умения. К сожалению, участие школы в этом процессе с каждым годом все более сокращается.

Реформаторы школьного образования, отменив обучение рисунку и черчению, не учли того явного обстоятельства, что пространственное представление и воображение, которые развивают эти дисциплины, требуются не только будущим художникам, а и специалистам практически всех областей деятельности.

ВЫВОДЫ

Профессорско-преподавательскому составу архитектурных вузов предлагается приложить усилия чтобы студенты и выпускники имели твёрдую убеждённость в том, что творческая работа в области архитектуры и совершенствования городской среды крымского полуострова должна выполняться, в первую очередь, выпускниками именно крымских учебных заведений, жителями Крыма. Специалисты из других регионов, как правило, недостаточно знакомы с местной спецификой (историей и национальными особенностями архитектуры, ландшафтом, рельефом и пр.), которую необходимо изучать в течение длительного времени.

Главным мотивом в работе над данной статьей явилось стремление авторов способствовать решению проблемы дефицита архитектурно-градостроительных кадров в проектных организациях Крыма.

Необходимо готовить выпускников кафедры градостроительства к работе в направлении повышения уровня осведомлённости широких масс населения о специфике архитектурного творчества. Это сделает реальным участие всех членов общества в создании качественной окружающей среды.

Важно как можно раньше привить студентам-архитекторам сознание социальной значимости выбранной профессии. Это поможет молодым специалистам быстрее обрести профессиональную зрелость по окончании ВУЗа.

Решение всех вышеназванных задач станет более реальным при активной работе по довузовской подготовке школьников с целью помочь им в выборе профессии и привлечь в Институт «Академия строительства и архитектуры».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамова, М.А. Образование и социокультурная адаптация личности [Текст] / М.А. Абрамова. – Педагогическое образование и наука. 2011. № 6. – С. 30 – 37.

2. Абрамова, М.А. Интеграция в архитектурно-художественном образовании [Текст] / М.А. Абрамова, О.Л. Кошеутова. – Новосибирск: Сибприн. 2013. – 142 с.

3. Ануфриева, Д.Ю. Основные подходы к герменевтической концепции смыслообразования в процессе обучения [Текст] / Д.Ю. Ануфриева, – Идеи и идеалы. 2010. № 2. Т. 2. – С. 93 – 98.

4. Гущина, Т.Н. Модель развития учреждения дополнительного образования детей за счет возможностей интеграции общего и дополнительного образования [Текст] / Т.Н. Гущина, Н.Г. Иобидзе, Т.М. Талова. – Педагогика. 2008. № 3 (56). – С. 66 – 72.

5. Грабовенко, И.А. Новые концепции воспитания будущих архитекторов и дизайнеров с младшего возраста [Текст] / И.А. Грабовенко. – Архитектура и дизайн: история, теория, инновации, 2016. № 1. – С. 305-307.

6. Афанасьева, Е.А. Выбор профессии архитектора - причины и цели [Текст] / Е.А. Афанасьева. – Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2010. № 1 (13). – С. 62-66.

7. Чудинов, В.Г. Трансформация профессии архитектора в XXI веке [Текст] / В.Г. Чудинов. – Архитектура, градостроительство и дизайн, 2019. № 3 (21). – С. 3-10.

8. Пак, Л.Г. Возможности профессионального образования в развитии творческого потенциала будущих архитекторов [Текст] / Л.Г. Пак, И.В. Беседина. – Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал, 2015. № 2 (14). – С. 169-174.

9. Гришина, Т.В. Особенности профессиональной подготовки будущих архитекторов в архитектурно-строительном вузе [Текст] / Т.В. Гришина. – Казанский педагогический журнал. 2019. № 6 (137). – С. 58-62.

10. Китов, С.А. Профессия архитектор [Текст] / С.А. Китов, М.М. Лицарева, Е.А. Ермошина. – Символ науки: международный научный журнал, 2018. № 5. – С. 147-151.

11. Шенцова, О.М. Влияние саморазвития, как качества личности, на профессиональное становление будущего архитектора [Текст] / О.М. Шенцова, О.М. Веремей, Т.О. Шишлянникова. –

Современный педагогический взгляд, 2018. № 12 (25). – С. 93-99.

12. Кияненко, К.В. Высшие архитектурные школы России: попытка инвентаризации. [Электронный источник] / К.В. Кияненко. – Режим доступа: <http://www.uar.ru/pdf/kiyanenko.pdf> (дата обращения 20.12.2021)

13. Кошеутова, О.Л. Довузовская подготовка как этап профессионального самоопределения [Текст] / О.Л. Кошеутова. – Философия образования. 2012. № 4. С. 174 – 180.

14. Ромм, Т.А. Социальность современного образования [Текст] / Т.А. Ромм. – Идеи и идеалы. 2010. № 1. Т. 1. С. 87 – 92.

15. Троцкая, А.И. Социально-профессиональные ценности как смыслообразующая основа профессиональной подготовки студентов [Текст] / А.И. Троцкая. – Сибирский педагогический журнал. 2013. № 4. С. 80 – 84.

16. Cizer O., Van Balen K., Van Gemert D. Crystal morphology of precipitated calcite crystallized calcite crystals from accelerated carbonation of lime binders // Proceedings of the 2nd International Conference on Accelerated Carbonation for Environmental and Materials Engineering. 2008. pp. 149 – 158.

REFERENCES

1. Abramova, M.A. Obrazovanie i sociokul'turnaya adaptaciya lichnosti [Tekst] / M.A. Abramova. – Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka. 2011. № 6. – S. 30 – 37.

2. Abramova, M.A. Integraciya v arhitekturno-hudozhestvennom obrazovanii [Tekst] / M.A. Abramova, O.L. Kosheutova. – Novosibirsk: Sibprin. 2013. – 142 s.

3. Anufrieva, D.YU. Osnovnye podhody k germenevticheskoj koncepcii smysloobrazovaniya v processe obucheniya [Tekst] / D.YU. Anufrieva, – Idei i idealy. 2010. № 2. Т. 2. – S. 93 – 98.

4. Gushchina, T.N. Model' razvitiya uchrezhdeniya dopolnitelnogo obrazovaniya detej za schet vozmozhnostej integracii obshchego i dopolnitelnogo obrazovaniya [Tekst] / T.N. Gushchina, N.G. Iobidze, T.M. Talova. – Pedagogika. 2008. № 3 (56). – S. 66 – 72.

5. Grabovenko, I.A. Novye koncepcii vospitaniya budushchih arhitektorov i dizajnerov s mladshego vozrasta [Tekst] / I.A. Grabovenko. – Arhitektura i dizajn: istoriya, teoriya, innovacii, 2016. № 1. – S. 305-307.

6. Afanas'eva, E.A. Vybor professii arhitekтора - prichiny i celi [Tekst] / E.A. Afanas'eva. – Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta, 2010. № 1 (13). – S. 62-66.

7. CHudinov, V.G. Transformaciya professii arhitekтора v XXI veke [Tekst] / V.G. CHudinov. – Arhitektura, gradostroitel'stvo i dizajn, 2019. № 3 (21). – S. 3-10.

8. Pak, L.G. Vozmozhnosti professional'nogo obrazovaniya v razvitii tvorcheskogo potentsiala budushchih arhitektorov [Tekst] / L.G. Pak, I.V. Besedina. – Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Elektronnyj nauchnyj zhurnal, 2015. № 2 (14). – S. 169-174.

9. Grishina, T.V. Osobennosti professional'noj podgotovki budushchih arhitektorov v arhitekturno-stroitel'nom vuze [Tekst] / T.V. Grishina. – Kazanskij pedagogicheskij zhurnal. 2019. № 6 (137). – S. 58-62.

10. Kitov, S.A. Professiya arhitekтор [Tekst] / S.A. Kitov, M.M. Licareva, E.A. Ermoshina. – Simvol nauki: mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal, 2018. № 5. –S. 147-151.

11. SHencova, O.M. Vliyanie samorazvitiya, kak kachestva lichnosti, na professional'noe stanovlenie budushchego arhitekтора [Tekst] / O.M. SHencova, O.M. Veremej, T.O. SHishlyannikova. – Sovremennyy pedagogicheskij vzglyad, 2018. № 12 (25). – S. 93-99.

12. Kiyankenko, K.V. Vysshie arhitekturnye shkoly Rossii: popytka inventarizacii. [Elektronnyj istochnik] / K.V. Kiyankenko. – Rezhim dostupa: <http://www.uar.ru/pdf/kiyanenko.pdf> (data obrashcheniya 20.12.2021)

13. Kosheutova, O.L. Dovuzovskaya podgotovka kak etap professional'nogo samoopredeleniya [Tekst] / O.L. Kosheutova. – Filosofiya obrazovaniya. 2012. № 4. S. 174 – 180.

14. Romm, T.A. Social'nost' sovremennogo obrazovaniya [Tekst] / T.A. Romm. – Idei i idealy. 2010. № 1. Т. 1. S. 87 – 92.

15. Trockaya, A.I. Social'no-professional'nye cennosti kak smysloobrazuyushchaya osnova professional'noj podgotovki studentov [Tekst] / A.I. Trockaya. – Sibirskij pedagogicheskij zhurnal. 2013. № 4. S. 80 – 84.

16. Cizer O., Van Balen K., Van Gemert D. Crystal morphology of precipitated calcite crystallized calcite crystals from accelerated carbonation of lime binders // Proceedings of the 2nd International Conference on Accelerated Carbonation for Environmental and Materials Engineering. 2008. pr. 149 – 158.

SOME FEATURES OF THE ARCHITECTURAL PROFESSION

Suvorov¹ A.I., Volkova² N.N., Zhivitsa³ V.V.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation
E-mail.: ¹suv_a_i@mail.ru; ²knatashe@list.ru; ³vzhivisa@mail.ru

Abstract. The following tasks are set in the article:

- identify a range of topics and issues for the development of methodological materials to help teachers of pre-university training institutions, including: popular coverage of the features of architectural creativity and the architectural profession for schoolchildren, their parents and teachers in order to help schoolchildren in choosing a profession;
- to identify methods that require inclusion in the BEP (main educational programs), with the aim of helping primary students quickly adapt to the field of architectural knowledge, which has unusual specifics;
- to recommend to teachers of architectural universities to strengthen the work on the formation of a professional vocabulary of students to popularize knowledge about architectural activity among the population in order to involve it in public discussions of new projects;
- to contribute to solving the problem of staff shortage of architects-designers by increasing the influx of young people to architectural universities by intensifying work on pre-university training;

As methodological materials are offered: a brief definition of the specialty, as well as the role and importance of creative activity in human life. The complexity and specificity of architectural education, the universal nature of knowledge, the importance of practical activities in creating the environment, as well as the reasons for the high authority and prestige of the profession of architect in society are analyzed analytically.

Subject of research: the process of professional orientation of young people who want to get higher education, as well as the level of the population's ideas about architecture and architectural activity, is being studied.

Materials and methods: the material of this article is mainly the long-term design and pedagogical experience of the authors in line with the profession being studied, which can be of benefit to young teachers in the system of pre-university training and in the process of teaching at the junior courses of the architectural institute. Methods were applied: logical analysis, analogies, critical use of the experience of domestic universities.

Results: due to the existing shortage of personnel in terms of developing design and estimate documentation for the domestic construction industry, an attempt was made to improve the situation by organizing work to reveal the attractive features of architectural and urban planning in order to help yesterday's schoolchildren decide on a profession.

The need to overcome some guild closure and closedness of the field of architectural activity, which needs popular coverage, is indicated, which is partially done in this article. This is also necessary because not only professionals, but also the general population should participate in the creation of an aesthetically complete urban environment.

The authors, to the best of their ability, tried to discuss and substantiate in detail and popularly the need to instill in students competencies for the ability to contact the population in order to popularize the merits of this kind of creative creativity.

The main points and characteristic features of the educational process at the Institute "Academy of Construction and Architecture" are also listed, on which teachers need to focus the attention of students. As a factor motivating to study stress is an explanation of the universal qualities, skills and knowledge that a student acquires in the process learning.

The content of the article will help young first-year teachers at the initial stage of training create methodological material about the fascination of creative work on mastering the profession and highlight the difficulties that await future architects along the way.

The article recommends that in working with a student audience, more attention be paid to the fact of the high prestige of the urban planning profession in society, which should strengthen their confidence in the correct choice of future activities and mobilize forces for serious work.

Conclusions: the main motive in the work on this article was the desire of the authors to contribute to solving the problem of the shortage of architectural and urban planning personnel in the design organizations of the Crimea.

Students should understand why creative work in the field of landscape design and improvement of the urban environment of the peninsula should be carried out, first of all, by graduates of the Crimean educational institutions. Specialists from other regions, as a rule, are not familiar enough with local specifics, which need to be studied for a long time.

Key words: youth career guidance, pre-university training, architectural education, universal specialization, teaching methodology, individual approach.

УДК:69.03

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ РЕЛЬЕФА УЧАСТКА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

Яковенко¹ Н.Е., Тулянов² А.С.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,
Институт «Академия строительства и архитектуры»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181.
E-mail: ¹natiknet2@mail.ru; ²tyluanov@mail.ru

Аннотация. Предметом исследования являются особенности рельефа участка при проектировании, анализ ландшафта и выбор метода проектирования. Поставлена задача разобраться во всех особенностях и нюансах проектирования на разных формах рельефа. Выяснить отличие между поляризацией и интеграцией. Особое внимание уделялось примерам объемно-планировочных решениях мировых архитекторов, которым удалось продемонстрировать яркое противопоставление и тонкое слияние архитектуры и природы.

Предмет исследования: Рельеф участка при проектировании.

Материалы и методы: В ходе исследования применялся анализ архитектурных объектов. Проводились исследования рельефа территории. Для выявления разницы между двумя типами проектирования проводился сравнительный анализ

Результаты: проведенное исследование дает понять, как рельеф местности влияет на архитектурное решение проектируемых объектов, на сколько зависит выбор планировочного решения.

Вывод: проектирование объекта начинается с анализа рельефа и правильно проведенное исследование дает возможность создать архитектурное сооружение, вписанное в ландшафт или доминирующее.

Ключевые слова: рельеф, ландшафт, проектируемая территория.

ВВЕДЕНИЕ

Для кого-то рельеф – это всего лишь слово из шести букв, участок земной поверхности, имеющий неровности и состоящий из возвышенностей и впадин. Но для архитектора, рельеф является произведением природы, застывшем во времени, некое поле для изучения и экспериментов. Так что же такое рельеф, и какие особенности необходимо учитывать при проектировании?

В современном мире внимательно относятся к рациональному использованию территорий, к сохранению их природной уникальности. Это очень важно для урбанизированных территорий. Степень деградации природных ресурсов растет прямо пропорционально росту городов. К таким ресурсам относятся и территории со сложным рельефом, выразительным рельефом, которые могут обладать высокими рекреационными и эстетическими качествами. Естественный рельеф территории диктует характер планировки застройки.

На сегодня градостроители и архитекторы все больше предлагают и реализовывают проекты на неудобных землях, к которым относятся и территории со сложным рельефом.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В литературе посвященной строительству и проектированию зданий на сложном рельефе (труды

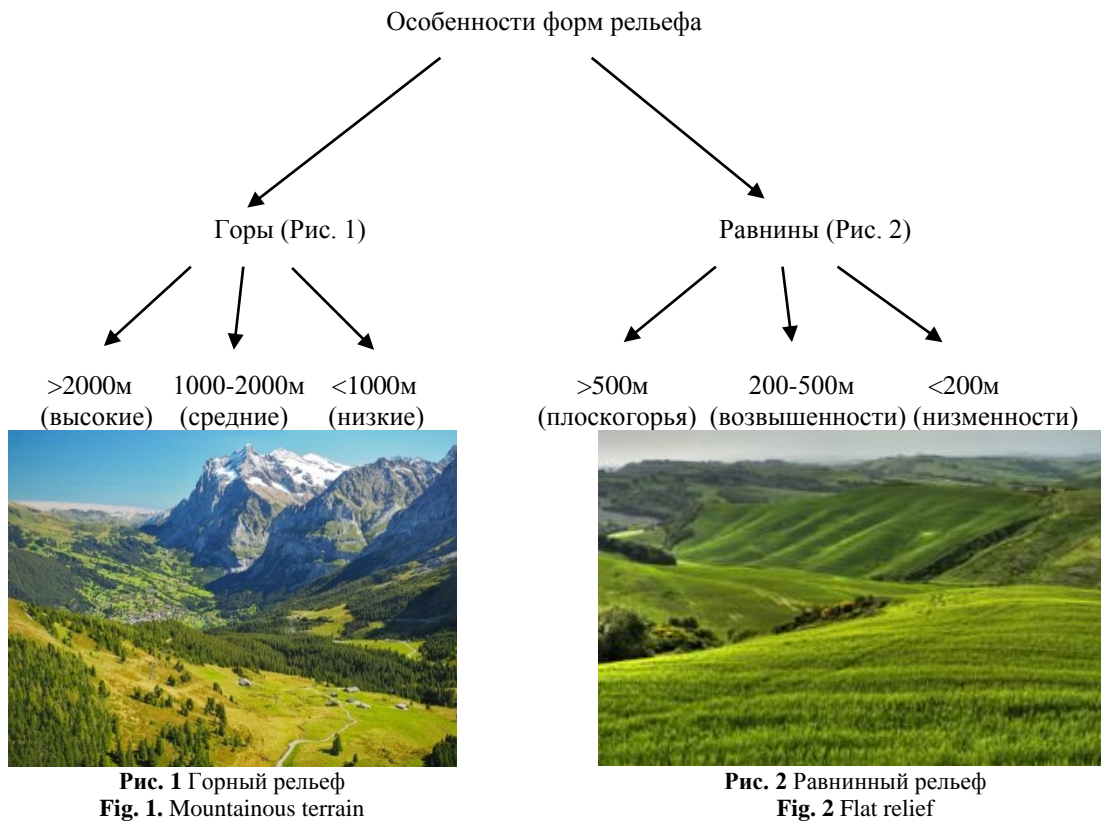
В.О. Суворов [2] и Ю.И. Курбатова [5]) проработаны типы зданий, применяемые в таких условиях, используемые конструктивные схемы. Подробно описываются типы сложного рельефа и системы жилищного строительства, которые позволяют выбрать тип здания максимально подходящий данному виду склона. Но применяемые на практике новые типы зданий, требует усовершенствование типологии, что даст возможность при проектировании зданий учитывать уникальные свойства природного ландшафта, позволить сохранять уникальные ландшафты.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В данном исследовании проведен анализ научной литературы по теме строительства в условиях сложного рельефа. На втором этапе выполнен анализ мировых аналогов проектов и созданных сооружений на склонах.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Рельеф – это основной элемент ландшафта, определяющий композиционно-планировочное решение.



В работе архитектора очень редко встречаются идеальные участки. Поэтому, приступая к работе необходимо провести тщательный анализ территории, в том числе и рельефа. Анализируется характер рельефа, ориентация по сторонам света, направление господствующих ветров, основные визуальные раскрытия, параллельно ведется и градостроительный анализ.

Такие исследования, дают возможность принять решение, соответствует ли ландшафт участка характеру будущего здания. Возможно, использовать контрастное сочетание ландшафта и здания или практические полное соподчинение

зданию рельефу.[4] Это два пути по которым может идти проектировщик.

Проектирование на рельефе можно поделить на два типа:

- Противопоставление (поляризации) - способ проектирования, при котором рельеф остается не тронутым и соприкосновения со зданием минимальны, но на точки прикосновения ложится несущая нагрузка. (Рис.3)
- Слияние (интеграции) – способ проектирования, при котором сооружение и рельеф становится одним целым, дополняют друг друга и находятся в равновесии. (Рис. 4)

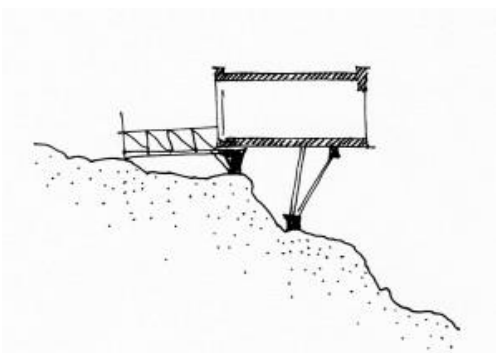


Рис. 3 Принцип поляризации (противопоставление)
Fig. 3. Principle of polarization (opposition)

В первом варианте здание противопоставляется природному рельефу, объем здания отрывается от земли, корпус здания поднимается над ландшафтом при помощи колонн и опор. (рис.3) В этом случае

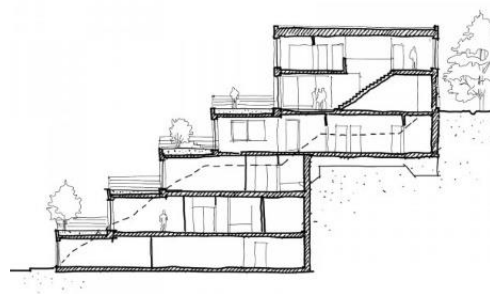


Рис. 4 Принцип интеграции (слияние)
Fig. 4 Principle of integration (fusion)

природа остается неизменной, при этом точки соприкосновения постройки с рельефом минимальны. Это точки становятся фокусом, местом эстетической нагрузки, границей между

природным и искусственным. Конструкция здания становится главным средством выразительности, а само здание становится инженерным сооружением. Такой дом-мост был предложен американским архитектором Крегом Эльвудом, расположив его между двумя горными вершинами, противопоставляя конструкцию природе.

В принципе противопоставления играют роль мостики, пандусы, лестницы и являются подчиненными элементами основного здания. Мы видим дом с разных ракурсов, непривычных для нас - снизу, как-будто из-под земли. Но в это время включается перспектива, которая добавляет образу дома динамику. Применяя в конструкциях таких зданий консоли, усиливается визуальный эффект, контраст между природой и конструкциями.

При варианте слияния здание «растворяется» в природном ландшафте. Она вписывается в рельеф при помощи террас, пандусов, лестниц, опорных стен. Главным приемом является – подчинение

архитектуры перепадам и изломам рельефа. В отделке здания применяются естественные материалы, что усиливает единение природы и здания. В этом варианте важную роль играет озеленение вертикальных и горизонтальных плоскостей здания. Главным средством выразительности служит ступенчатая форма, подчеркивающая динамику. (рис. 4)

Можно выделить еще принцип «глубокой интеграции», когда здание сильно врезается в склон. В этом варианте пещера или расщелина в скале может стать основой здания. В этом случае естественный рельеф включается в конструктивно-морфологическую основу постройки.

Тонкое вмешательство в природный ландшафт, с целью создать единственный, в своем роде примечательный дом, который не только оставляет нетронутым поверхностный рельеф, но и дарует внутренний каркас, т.е. гарантию неизменности природного творения.



Рис. 5 Вилла Вальс, Швейцария, 2009
Fig.5 Villa Vals, Switzerland, 2009

Вилла Вальс вписана в природный холм, наружу выдвинут круглый патио, который освещает все помещения виллы. Подземный тоннель соединяет жилые помещения и мастерскую. (рис. 5)

Принципы противопоставление и слияния – это различные подходы работы с рельефом, но у них есть и общие черты - это динамика и раскрытие интерьера на природу.

Примером развития композиции здания, на принципе динамики служит медунардный отель в

парке развлечений в Шанхае. [6] Построенный на месте каменного карьера. Противоречие всем правилам и нормам строительства, риски и желание сделать невозможное, вот что двигало архитекторами, при проектировании такого невероятного сооружения. Создателям идеально удалось не только подчиниться рельефу заброшенного каменного карьера, но и сохранить формы, которые четко прослеживаются в фасаде всего сооружения. (рис.6)

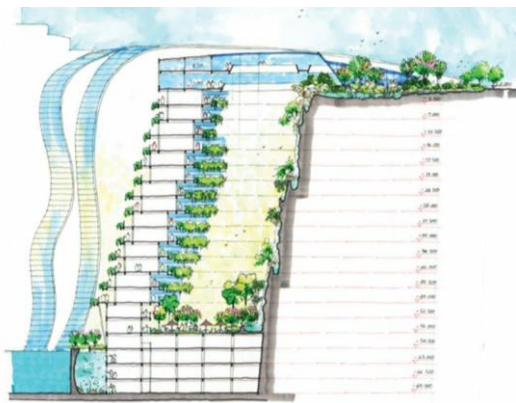


Рис. 6 Международный отель/парк развлечений Шанхай 2018
Fig. 6 Shanghai International Hotel/Amusement Park 2018

Данные принципы работают и в градостроительном проектировании, когда целые районы создаются по одному правилу. Таким примером может служить проект «Горной деревни» в горах Хуаншаня в Китае. (рис.7) В этом проекте здания своей формой повторяют формы гор, плавные очертания этажей напоминают ярусы горных склонов. [6]

Продолжение горного ландшафта, дополнение архитектуры окружающего леса, гармония между природой и коммуникациями, по моему мнению, это то, чем задавался архитектор, проектируя «Горную деревню». Ссылаясь на естественные формы, ему удалось создать пространство, где люди могут воссоединиться с природой.



Рис. 7 Горная деревня, Хуаньшань, 2017
Fig. 7 Huangshan Mountain Village, Huanshan, 2017

ВЫВОДЫ

Подводя итог ко всему вышесказанному, можно сделать вывод, что архитектору, прежде чем творить и реализовывать свои идеи или идеи заказчика, необходимо хорошо изучить структуру, проектируемого участка, учесть все его особенности, чтобы создать целостную картину либо, яркого контраста архитектуры и природы, либо же слияния их в одно целое. Для достижения этого выделяются следующие принципы:

- активное противопоставление сооружения рельефу. Развитие архитектурного решения, против склона. Композиции строятся на контрасте. Здание стоит поперек горизонталей.

- интеграция здания с рельефом. Архитектурное решение, подчеркивает форму склона. Сооружение ярусами спускается по склону вдоль горизонталей.

- глубокая интеграция. Здание списывается в рельеф, с минимальным контрастом. Рельеф интегрирован с конструкциями здания.

Применяя выше рассмотренные принципы все больше создается интересных, архитектурных решений зданий, подчеркивающих красоту природы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калабин А.В. Дом на рельефе / А.В. Калабин. - Екатеринбург: Вебстер, 2012. – 160-163 с.
2. Суворов В.О. Типология жилья в условиях сложного рельефа по архитектурно-пространственной компоновке относительно склона / В.О. Суворов // Фундаментальные и прикладные

проблемы науки: Мат. VIII Междунар. симпоз. - Т. 7. - М., 2013.

3. Поморов С. Б. Второе жилище горожан, или дом на природе. Урбоэкологические аспекты эволюции городского жилища: /Научная монография. – Новосибирск: издательство НГАХА, 2004 – 472с., ил. 271

4. Особенности проектирования домов на рельефе/ Интернет-портал. – URL: <https://www.magazindomov.ru/2013/08/01/osobennost-i-proektirovaniya-domov-na-relefe/> (дата обращения 12.04.2022)

5. Курбатов Ю.И. Архитектурные формы и природный ландшафт: композиционные связи / Ю.И. Курбатов. - Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1988. - 76 с.

6. Здания на рельефе/ Интернет-портал. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/archsafety/zdaniia-na-relefe-5dd4e4fa0d682f6da91c4330> (дата обращения 12.04.2022)

REFERENCES

1. Kalabin A.V. House on relief / A.V. Kalabin. - Yekaterinburg: Webster, 2012. - 160-163 p. (In Russian)
2. Suvorov V.O. Typology of housing in conditions of complex relief according to the architectural and spatial layout relative to the slope / V.O. Suvorov // Fundamental and applied problems of science: Mat. VIII Intern. sympos. - T. 7. - M., 2013. (In Russian)
3. Pomorov S. B. The second dwelling of the townspeople, or a house in nature. Urban-ecological aspects of the evolution of urban housing: /Scientific monograph. - Novosibirsk: NGAHA publishing house, 2004 - 472 pp., ill. 271

4. Features of designing houses on relief / Internet portal.
<https://www.magazindomov.ru/2013/08/01/osobennost-i-proektirovaniya-domov-na-relefe/> (accessed 12.04.2022)

5. Kurbatov Yu.I. Architectural forms and natural landscape: compositional connections / Yu.I. Kurbatov.

- L. : Publishing House of the Leningrad University, 1988. - 76 p.

6. Buildings on relief / Internet portal. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/archsafety/zdaniia-na-relefe-5dd4e4fa0d682f6da91c4330> (accessed 12.04.2022)

CONSIDERATION OF THE FEATURES OF THE RELIEF OF THE PLOT WHEN DESIGNING BUILDINGS

Yakovenko¹ N.E., Tulyanov² A.S.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation
E-mail: ¹natiknet2@mail.ru; ²tyluanov@mail.ru

Abstract. The subject of the study is the features of the relief of the site in the design, analysis of the landscape and the choice of design method. The task was set to understand all the features and nuances of designing on different forms of relief. Explain the difference between polarization and integration. Particular attention was paid to examples of space-planning solutions of world architects who managed to demonstrate a vivid contrast and subtle fusion of architecture and nature.

Subject: The relief of the site during the design.

Materials and Methods: The analysis of architectural objects was used in the course of the study. Studies of the relief of the territory were carried out. A comparative analysis was carried out to identify the difference between the two types of design.

Results: the conducted study makes it clear how the terrain affects the architectural solution of the designed objects, how much the choice of planning solution depends.

Conclusion: the design of an object begins with an analysis of the relief, and a properly conducted study makes it possible to create an architectural structure that fits into the landscape or dominates.

Key words: relief, landscape, projected territory.

УДК 711:712

КРИТЕРИИ И ЭТАПЫ ПРИНЯТИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПО БЛАГОУСТРОЙСТВУ ТЕРРИТОРИЙ

Журавлев¹ П. А., Марукян² А. М., Сборщиков³ С. Б.

^{1,2,3}НИУ МГСУ Московский государственный строительный университет».

Адрес: 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26

E-mail: ¹tous2004@mail.ru, ²A8874316@yandex.ru, ³sbs@mgsu.ru

Аннотация. Обеспечение устойчивого развития территории достигается её преобразованием и пространственной организацией. Важной составляющей в преобразовании и пространственной организации является благоустройство территории. Формирование современной комфортной городской среды осуществляется на основании принципа эффективного использования территорий и реализацией основных компонентов градостроительной деятельности - территориальным планированием, градостроительным регулированием и архитектурно-строительным проектированием. Указанные компоненты связаны между собой организационно и технологически, обеспечивая устойчивое развитие территорий, в которых выражены комфортные и благоприятные условия для проживания и жизнедеятельности населения. **Предмет исследования:** Предметом исследования являются совокупность требований и принципов, предъявляемых к решениям по благоустройству территории и объектов строительства. Метод исследования – структурный и функциональный анализ.

Материалы и методы: Дана оценка объектам благоустройства. Констатируется, что создание проектных решений по благоустройству территории осуществляется на стадиях предпроектной проработки, проектной документации, стадии экспертизы проектной документации и рабочей документации. Отмечено, что подходы в организации системы благоустройства (состав, содержание, объемы работ и эксплуатация отдельных элементов) зависят от специфики функционально-планировочной организации различных типов территории.

Результаты: На основе принципов и требований, предъявляемых к мероприятиям (работам) по благоустройству территории, формализованы критерии принятия организационно-технологических решений, связанных с благоустройством.

Выводы: Описаны этапы принятия организационно-технологических решений по реализации мероприятий (работ) благоустройства территорий, как в рамках самостоятельных работ, так и как часть инвестиционно-строительного проекта в составе объектов капитального строительства.

Ключевые слова: объект благоустройства территории, элементы благоустройства, комплексное развитие территории, организационно-технологические решения.

ВВЕДЕНИЕ

Целью градостроительной политики является формирование благоприятной среды для проживания и деятельности населения. Для достижения указанной цели реализуется целый комплекс мероприятий по развитию и содержанию территории, который включает проектирование и размещение объектов, направленных на обеспечение и повышение комфортности условий проживания граждан, поддержанию и улучшению санитарного и эстетического состояния территории.

Формирование комфортной городской среды предусматривает реализацию муниципальных проектов в каждом населенном пункте. Разработка муниципальной программы по формированию комфортной городской среды включает управление благоустройством территорий муниципалитетов путем утверждения правил благоустройства, требований нормативных документов, проектирования и соответствующего финансирования.

Объектами благоустройства являются территории муниципальных образований [1,2], для которых утверждены нормы и правила благоустройства территорий. К таким объектам относятся, в том числе:

- площадки различного функционального

назначения;

- пешеходные коммуникации и проезды;
- общественные пространства;
- участки (зоны) общественной и жилой застройки;
- санитарно-защитные зоны производственной застройки;
- объекты рекреации;
- объекты рекультивации;
- внутригородские территории объектов здравоохранения, образования, спорта, культуры, досуга;
- улично-дорожная сеть населенного пункта;
- технические (охранно-эксплуатационные) зоны инженерных коммуникаций и инженерной защиты.

Разрабатываемая проектная документация, или проектные решения по благоустройству территории являются неотъемлемой частью как градостроительной, так и архитектурно-строительной документации и осуществляются проектной организацией.

По инициативе застройщика или технического заказчика разработка проектной документации (проектных решений) по благоустройству территорий может осуществляться:

- в составе объекта капитального строительства (реконструкции);
- в качестве выделенного отдельного этапа

объекта капитального строительства, или реконструкции объекта капитального строительства;

- в отношении территории благоустройства без привязки к объекту капитального строительства.

Создание проектных решений по благоустройству территорий осуществляется на [3]:

- стадии предпроектной проработки (эскизный проект, архитектурная концепция, визуально-ландшафтный анализ);

- стадии проектной документации (П);

- стадии экспертизы проектной документации;

- стадии рабочей документации (РД).

На каждом этапе формируется определенный перечень документов, уточняемых и детализируемых в процессе разработки.

Специфика функционально-планировочной организации различных типов территорий предопределяет различный подход в организации системы благоустройства, содержании и эксплуатации отдельных ее элементов.

Цель работы - на основе принципов и требований, предъявляемых к мероприятиям (работам) по благоустройству территории, обеспечивающим комплексное преобразование, пространственную организацию (развитие) территории, создание комфортных и безопасных условий для жизнедеятельности человека, установить (формализовать) структуру критериев и этапов принятия организационно-технологических решений, связанных с благоустройством.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Организационно-технологические решения по обеспечению благоустройства территории по своему определению являются результатом профессиональной деятельности соответствующих специалистов, обладающих определенными компетенциями.

В создании пространственной среды города и комфортных условий проживания участвуют городские власти, профессиональные архитекторы, градостроители, дизайнеры, проектировщики, строители, а также эксплуатирующие организации и городские жители.

Следует отметить, что требования СП 42.13330 направлены на обеспечение градостроительными средствами безопасности и устойчивости развития муниципальных образований, рациональное использование природных ресурсов и охрану окружающей среды, защиту территорий поселений от неблагоприятных воздействий природного и техногенного характера, а также на создание условий и социальных гарантий граждан обеспечения объектами социального и культурно-бытового обслуживания, инженерной и транспортной инфраструктуры и благоустройства.

Согласно СП 42.13330 планировочную структуру жилых зон следует формировать в увязке с зонированием и планировочной структурой

поселения в целом с учетом градостроительных и природных особенностей территории. При этом необходимо предусматривать взаимоувязанное размещение жилых домов, общественных зданий и сооружений, улично-дорожной сети, озелененных территорий общего пользования, а также других объектов, размещение которых допускается на территории жилых зон по санитарно-гигиеническим нормам, требованиям безопасности и доступности для маломобильных групп населения.

Состав, содержание и объемы работ по отдельным направлениям благоустройства территорий зависят от многих факторов: от периода постройки жилых зданий, состояния инженерной инфраструктуры, насыщенности и уровня обеспеченности территорий учреждениями социально-бытового обслуживания, особенностей градостроительной ситуации, инженерно-транспортной и экологической ситуации на территориях жилой застройки и прилегающих районах.

Требования к размещению и к территории медицинских организаций установлены СанПин 2.1.3.2630-10. В зависимости от коечной емкости стационара изменяется требуемая площадь земельного участка. Особенности благоустройства территорий медицинских организаций включают требования по обеспечению площади зеленых насаждений и газонов не менее 50% общей площади участка стационара, с учетом критерия о недопустимости снижения деревьями естественной освещенности и инсоляции светонесущих проемов зданий.

Следует отметить, что задача городского планирования включает не только создание новой городской формы, но реорганизацию уже сложившегося облика (структуры) города.

Городские территории включают развитые сети инженерно-технического обеспечения, а также застроенные территории, которые охватывают достаточно большие площади поверхностного слоя земли из водонепроницаемых покрытий (асфальт, брусчатка), что при отсутствии необходимой сети ливневой канализации в период интенсивных осадков нередко приводит к техногенному подтоплению таких территорий.

Особенности создания комфортной для проживания человека городской среды включают требования (методы), которые создают и поддерживают естественный водный баланс территории. Баланс покрытий и, соответственно, объем поверхностного стока зависит от технических решений по планировке и благоустройству территорий. Вместе с тем, в целях понижения горизонта подземных вод городских территорий применяются мероприятия по инженерной подготовке и благоустройству [4,5].

Согласно требованиям СП 42.13330 санитарно-защитные зоны объектов транспорта, связи, инженерных коммуникаций подлежат благоустройству и озеленению, учитывая рассчитываемые расстояния высадки деревьев и

кустарников от соответствующих зданий и сооружений.

На основе комплексной оценки территорий особенности принятия организационно-технологических решений по благоустройству промышленных городов включают создание природного каркаса города, предусматривая при этом дифференцированный подход и учитывая своеобразие сложившейся функционально-планировочной структуры города, пространственных и композиционных взаимосвязей различных функциональных зон прилегающих территорий, экологических качеств ландшафтной составляющей территорий, территорий прибрежных зон рек, влияние природных и техногенных факторов на состояние городских территорий [6-8].

Комфортная среда прибрежных территорий (набережных) создается благодаря образованию устойчивой системы сохранения природного и экологического баланса, а также планировочной структуры, учитывающей особенности потоков транспорта и пешеходов.

Проектирование прибрежных территорий включает определение набора элементов, используемых при благоустройстве, в зависимости от типа набережной. А территорию проектирования необходимо рассматривать с позиции ее градостроительных, правовых и природных характеристик [9].

Особенности проектирования благоустройства и озеленения набережных включают мероприятия по обеспечению сохранения ценных ландшафтов, существующего природного рельефа, почвенного покрова, зеленых насаждений, условий существующего поверхностного водоотвода, рационального использования вытесняемых грунтов на площадке строительства, а также защиту набережных от техногенных нагрузок объектов, располагаемых на прилегающих территориях (СП 398.1325800).

Естественные и искусственные водоемы в сочетании с зелеными массивами являются одним из элементов благоустройства городской среды. Нередко требуется выполнение мероприятий по инженерной защите территорий, укреплению берегов естественных и искусственных водоемов, вертикальной планировке территории, организации рельефа, ландшафтной организации в целях повышения привлекательности, устойчивости и созданию безопасных условий использования природных территорий [10,11].

Организация территориальных систем природопользования (заповедников, заказников, национальных парков, природных и дендрологических парков, ботанических садов, памятников природы) федерального и регионального значения имеет свои особенности, и тщательно планируется с учетом перспективы развития городов. Особенности принятия организационно-технологических решений по обеспечению благоустройства особо охраняемых

природных (культурно-исторических) территорий включают применение принципов рациональной архитектурно-планировочной организации таких территорий, с распределением (уменьшением) рекреационной нагрузки и антропогенного вмешательства [12-15].

При проектировании, производстве и приемке работ по благоустройству территории, включающих работы с растительным грунтом, устройство проездов, тротуаров, пешеходных дорожек, наружных лестниц и пандусов, подпорных стен, откосов, площадок, оград, открытых плоскостных спортивных сооружений, элементов инженерных коммуникаций, работ по оборудованию мест отдыха и озеленения, мероприятий по повышению микроклиматического комфорта территории, следует руководствоваться правилами и требованиями СП 82.13330. При этом элементы благоустройства должны обеспечивать возможность снижения внешнего шума на участках жилой застройки, образовательных организаций, детских игровых площадок и площадок для отдыха взрослого населения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании принципов и требований, предъявляемых к мероприятиям (работам) по благоустройству территории, обеспечивающим комплексное преобразование, пространственную организацию (развитие) территории, создание комфортных и безопасных условий для жизнедеятельности человека можно установить (сформулировать) структуру критериев организационно-технологических решений, связанных с благоустройством:

I. По виду разрабатываемой документации:

- 1) градостроительная документация.
- 2) проектная документация, включая стадии предпроектной проработки, архитектурно-строительного проектирования, рабочей документации.

II. По целевому признаку территориального размещения объектов:

- 1) объекты производственного назначения за исключением линейных объектов.
- 2) объекты непромышленного назначения (жилые, социальные, бытовые, общественные).
- 3) линейные объекты (трубопроводы, автомобильные и железные дороги, линии электропередачи).
- 4) рекреационные территории, районы, зоны (оздоровительные, курортные, спортивные, особо охраняемые природные территории).
- 5) объекты культурного наследия.
- 6) территории полигонов ТБО и других полигонов.
- 7) объекты инженерной защиты территории.

III. По содержанию разрабатываемых разделов документации, учитывающих требования предъявляемые к территории благоустройства, земельному участку:

- 1) функциональное назначение и зонирование.
- 2) объемно-пространственная структура.
- 3) планировочная организация земельного участка.
- 4) мероприятия по охране окружающей среды.
- 5) мероприятия по обеспечению доступа маломобильных групп населения объектов и элементов благоустройства.
- б) технология и организация работ.
- 7) инженерно-технические мероприятия гражданской обороны и предупреждения чрезвычайных ситуаций.

IV. По видам работ по благоустройству:

- 1) расчистка территории.
- 2) подготовка территории, включая демонтажные работы.
- 3) озеленение территории.
- 4) устройство дорожно-тропиночных сетей (покрытий) и ограждение территории.
- 5) устройство малых архитектурных форм.
- б) устройство плоскостных площадок и спортивных площадок.
- 7) рекультивация.

Принимая во внимание многообразие видов, индивидуальных особенностей и характеристик территорий (земельных участков) структура принятия организационно-технологических решений по реализации мероприятий (работ) благоустройства территории (распространяется как в рамках самостоятельных работ по благоустройству территорий, так и как часть инвестиционно-строительного проекта в составе объектов капитального строительства) включает этапы:

1. Предпроектного анализа территории благоустройства. Идентификация территории и объектов благоустройства, определение пользователя (собственника) территории, определение границ участка, анализ существующего положения, выявление особенностей территории, учет пожеланий заказчика, сбор исходных данных. Итогом предпроектного анализа является выявление потребности в мероприятиях по благоустройству территории, формирование основных направлений, общих подходов к функциональному зонированию территории, с учетом положений градостроительной документации, учитывающей территориальное планирование и развитие территорий, общественных, государственных интересов, а также граждан.

2. Разработки концепции (создание дизайн-проекта) благоустройства территории с оформлением альбома проекта для согласования с заказчиком (уполномоченными органами государственной власти, органами местного самоуправления). В составе концепции отражаются визуальная информация по принципиальным архитектурно-художественным и функционально-планировочным решениям, перечень элементов благоустройства, характер и вид использования территорий.

3. Публичного обсуждения концепции благоустройства общественных территорий. Внесение изменений (при необходимости) в региональные и муниципальные программы благоустройства территорий (общественных, дворовых).

4. Архитектурно-строительного проектирования. Разработка проектно-сметной документации на основании согласованной концепции благоустройства территории.

5. Определения вариантов финансирования и обоснование потребности в финансировании мероприятий по благоустройству территорий.

6. Выбора подрядной организации.

7. Разработки рабочей документации по благоустройству территорий и производства строительно-монтажных работ. Строительный контроль, авторский надзор за реализацией проектных решений по благоустройству территории.

8. Принятия выполненных работ, ввод в эксплуатацию, формирование правил пользования территорий благоустройства.

9. Внесения изменений (при необходимости) в утвержденную градостроительную документацию (правила землепользования и застройки, проекты планировки территории и проекты межевания территории).

Формирование концепции благоустройства территории, направленной на преобразование территорий различного назначения, удовлетворение и обеспечение потребности граждан, реализуется с учетом следующих основных подходов и принципов, выраженных в:

- выборе стиля архитектурного развития и предметно-пространственной среды с учетом сложившегося облика территории населенных пунктов;
- сохранении исторической планировки, памятников истории, в сочетании с элементами ландшафта;
- поэтапном совершенствовании существующей архитектурно-художественной среды территории населенных пунктов, с учетом стилистических и архитектурных характеристик;
- раскрытии ресурсных возможностей территорий;
- восстановлении экосистемы и обеспечении безопасности городских территорий;
- анализе и учете условий общественной жизни
- в виде национальных, этнических и религиозных интересов.

ВЫВОДЫ

На основе принципов и требований, предъявляемых к мероприятиям (работам) по благоустройству территории, формализованы критерии принятия организационно-технологических решений, связанных с благоустройством.

Описаны этапы принятия организационно-

технологических решений по реализации мероприятий (работ) благоустройства территорий, как в рамках самостоятельных работ, так и как часть инвестиционно-строительного проекта в составе объектов капитального строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Журавлев П.А., Сборщиков С.Б., Марукян А.М., Абдрахманов С.С. Региональное и федеральное регулирование деятельности по благоустройству территории (часть 1) // Транспортное строительство. 2021 № 2. С. 29-31.
2. Журавлев П.А., Сборщиков С.Б., Марукян А.М., Абдрахманов С.С. Региональное и федеральное регулирование деятельности по благоустройству территории (часть 2) // Транспортное строительство. 2021 № 3. С. 30-32.
3. Журавлев П. А., Марукян А. М. Особенности предпроектных проработок в инвестиционно-строительной деятельности (Часть 1) // Инженерно-строительный вестник Прикаспия: научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2021. № 3 (37). С. 10–16.
4. Белов А.А., Кирюшин А.В., Маскайкин В.Н. Инженерная подготовка городской территории при подтоплении // Научное обозрение. 2017. №1. С. 1-12.
5. Тиганова И.А. Индекс водного баланса застраиваемой территории // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2013. №4. С. 30-32.
6. Волкова А.С. Развитие природного каркаса города Красноярска на основе метода экологической компенсации // Вестник ЮУрГУ. Серия: Строительство и архитектура. 2018. №3. С. 5-9.
7. Исмагилова С.Х., Залетова Е.А., Корягина А.Е. Ландшафтно-планировочные предпосылки формирования природного каркаса крупного города на примере г. Уфы // Известия КазГАСУ. 2018. №4 (46). С. 178-184.
8. Исмагилова С.Х. Формирование природного каркаса в структуре крупного промышленного города // Известия КазГАСУ. 2017. №4 (42). С. 129-135.
9. Мотова Ю.О., Кулеева Л.М. Особенности современных приемов формирования набережных // Известия КазГАСУ. 2018. №4 (46). С. 82-88.
10. Волков С.Н., Махоткина О.И. Благоустройство и озеленение объектов ландшафтной архитектуры с учетом экотуризма // Вестник РУДН. Серия: Агрономия и животноводство. 2013. №5. С. 49-60.
11. Журавлев П.А., Марукян А.М. Инженерная защита зданий, сооружений и территорий как фактор инновационного развития территориального планирования // Вестник МГСУ. 2020. т. 15. вып. 10. с. 1440–1449.

12. Воробьева В.С., Глухая С.Е. Проблемы и перспективы благоустройства особо охраняемых природных территорий в г. Владивосток // Вестник науки и образования. 2018. №7 (43). С. 71-76

13. Минченко В.Г., Заднепровская Е.Л. Территориальная система природопользования как основа развития туризма в Краснодарском крае // Современные проблемы сервиса и туризма. 2017. №4. С. 68-77.

14. Сомова Е.Г., Сазыкин А.М. Оценка потенциальной устойчивости ландшафтов национального парка "Земля леопарда" и заповедника "Кедровая падь" к рекреационным нагрузкам // Самарский научный Вестник. 2018. №1 (22). С. 116-123.

15. Аткина Л.И., Булатова Л.В., Вишнякова С.В., Луганская С.Н. Особенности формирования объектов рекреации на особо охраняемых природных территориях в городе Екатеринбурге // Природообустройство. 2017. №4. С. 97-103.

REFERENCES

1. ZHuravlev P.A., Sborshchikov S.B., Marukyan A.M., Abdrahmanov S.S. Regional and federal regulation of territory improvement activities (Part 1). Transport construction. 2021. No. 2. Pp. 29-31. (In Russian).
2. ZHuravlev P.A., Sborshchikov S.B., Marukyan A.M., Abdrahmanov S.S. Regional and federal regulation of territory improvement activities (Part 2). Transport construction. 2021. No. 3. Pp. 30-32. (In Russian).
3. ZHuravlev P. A., Marukyan A. M. Features of pre-project studies in investment and construction activities (Part 1). Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region: Scientific and Technical Journal. Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering. Astrakhan: GAOU "AGASU", 2021. No. 3 (37). Pp. 10-16. (In Russian).
4. Belov A. A., Kiryushin A.V., Maskaikin V. N. Engineering preparation of the urban territory during flooding. Nauchnoe obozrenie. 2017. No. 1. Pp. 1-12. (In Russian).
5. Tiganova I. A. Index of the water balance of the built-up territory Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN. 2013. No. 4. Pp. 30-32. (In Russian).
6. Volkova A. S. Development of the natural framework of the city of Krasnoyarsk on the basis of the method of environmental compensation. Vestnik YUUrGU. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2018. No. 3. Pp. 5-9. (In Russian).
7. Ismagilova S. Kh., Zaletova E. A., Koryagina A. E. Landscape-planning prerequisites for the formation of the natural framework of a large city on the example of Ufa. Izvestiya KazGASU. 2018. No. 4 (46). Pp. 178-184. (In Russian).
8. Ismagilova S. H. The formation of a natural framework in the structure of a large industrial city. Izvestiya KazGASU. 2017. No. 4 (42). Pp. 129-135. (In Russian).

9. *Motova Yu. O., Kuleeva L. M.* Features of modern methods of forming embankments. *Izvestiya KazGASU*. 2018. No. 4 (46). Pp. 82-88. (In Russian).

10. *Volkov S. N., Makhotkina O. I.* Landscaping and landscaping of landscape architecture objects taking into account ecotourism. *Vestnik RUDN. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*. 2013. No. 5. Pp. 49-60. (In Russian).

11. *Zhuravlev P.A., Marukyan A.M.* Engineering protection of buildings, structures and territories as a factor of innovative development of spatial planning. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2020; 15(10):1440-1449. (In Russian).

12. *Vorobyeva V. S., Tlustaya S. E.* Problems and prospects of improvement of specially protected natural territories in Vladivostok. *Vestnik nauki i obrazovaniya*. 2018. No. 7 (43). Pp. 71-76. (In Russian).

13. *Minchenko V. G., Zadneprovskaya E. L.* The territorial system of nature management as the basis for the development of tourism in the Krasnodar Territory. *Sovremennye problemy servisa i turiz*. 2017. No. 4. Pp. 68-77. (In Russian).

14. *Somova E. G., Sazykin A.M.* Assessment of the potential stability of landscapes of the national Park "Land of the Leopard" and the reserve "Cedar Pad" to recreational loads. *Samarskij nauchnyj Vestnik*. 2018. No. 1 (22). Pp. 116-123. (In Russian).

15. *Atkina L. I., Bulatova L. V., Vishnyakova S. V., Luganskaya S. N.* Features of the formation of recreational objects in specially protected natural territories in the city of Yekaterinburg. *Prirodoobustrojstvo*. 2017. No. 4. Pp. 97-103. (In Russian).

CRITERIA AND STAGES OF MAKING ORGANIZATIONAL DECISIONS ON THE IMPROVEMENT OF TERRITORIES

Zhuravlev P.A.¹, Marukyan A.M.², Sborshikov S.B.³

^{1,2,3} Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU); 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation.

E-mail: ¹tous2004@mail.ru, ²A8874316@yandex.ru, ³sbs@mgsu.ru

Abstract. Ensuring the sustainable development of the territory is achieved by its transformation and spatial organization. An important component in the transformation and spatial organization is the landscaping of the territory. The formation of a modern comfortable urban environment is carried out on the basis of the principle of effective use of territories and the implementation of the main components of urban planning activities - territorial planning, urban planning regulation and architectural and construction design. These components are interconnected organizationally and technologically, ensuring the sustainable development of territories in which comfortable and favorable conditions for living and vital activity of the population are expressed.

Subject of research: The subject of the study is a set of requirements and principles for decisions on the improvement of the territory and construction facilities. The research method is structural and functional analysis.

Materials and methods: The assessment of the objects of improvement is given. It is stated that the creation of design solutions for the improvement of the territory is carried out at the stages of pre-project study, project documentation, the stage of examination of project documentation and working documentation. It is noted that approaches to the organization of the landscaping system (composition, content, scope of work and operation of individual elements) depend on the specifics of the functional planning organization of various types of territory.

Results: The structure of making organizational and technological decisions for the implementation of measures for the improvement of the territory is presented.

Conclusions: Based on the principles and requirements for measures (works) for the improvement of the territory, the criteria for making organizational and technological decisions related to landscaping are formalized.

Key words: the object of landscaping, elements of landscaping, integrated development of the territory, organizational and technological solutions.

Раздел 2. Строительство

УДК 628.15.12.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ Г. ИГАРКИ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Красавин Г.В.

Сибирский федеральный университет. Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79.
E-mail info@kvkp.ru

Аннотация: Изложены некоторые особенности исполнения систем водоснабжения в условиях Крайнего Севера. Из использованных в данной работе публикаций следует, что наиболее надежны на Севере водозаборы инфильтрационного типа с фильтрующими водоприемниками, менее других подверженными шуголедовому воздействию. Наиболее предпочтительным источником водоснабжения на Крайнем Севере являются малые и средние реки, перемерзающие на отдельных участках или на всем протяжении. Источниками инфильтрационной воды в зимний период служат талики под руслами и долинами рек. На средних и крупных реках Крайнего Севера для обеспечения водоснабжения населенных пунктов и городов, включая промышленные предприятия, экономически целесообразно использовать открытые водозаборы руслового или берегового типов.

Рассмотрены системы водоснабжения г. Игарки до реконструкции. Представлены причины необходимости реконструкции существующих водозаборных сооружений. Изложен состав реконструированных сооружений. Обобщен опыт эксплуатации реконструированных сооружений водоснабжения. До проведения реконструкции водозаборных сооружений в г. Игарке хозяйственно-питьевое водоснабжение осуществлялось из временного открытого водозабора на р. Гравийка. Более полувека система водоснабжения Игарки эксплуатировалась без капитального ремонта, при этом износ сетей и оборудования составил до 95%. Качество воды из водозабора не соответствовало действующим нормам. Кроме того, в отдельные годы река перемерзала полностью, что приводило к остановке забора воды.

Для решения назревших проблем требовалась реконструкция водоснабжения в целом и, в частности, реконструкция водозаборных сооружений. С этой целью в ОАО «Красноярский институт ВОДОКАНАЛПРОЕКТ» была разработана проектная документация на строительство сооружений водоснабжения. Проектом реконструкции предусмотрен вариант современного водозаборного узла из р. Енисей.

Предмет исследования: водоснабжение в криолитозоне Крайнего Севера

Материалы и методы: фильтрующие русловые оголовки, самотечно-сифонные водоводы, насосные станции первого и второго подъемов, стальные водоводы надземной прокладки, водоочистные сооружения и обеззараживающее оборудование.

Результаты: с момента сдачи в эксплуатацию в сентябре 2017 года город Игарка получил надежное и качественное водоснабжение.

Выводы: в результате проведенной реконструкции сооружений и оборудования системы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Игарки по проектной документации ОАО «Красноярский институт ВОДОКАНАЛПРОЕКТ» в Игарке создана и эксплуатируется современная система водоснабжения, чему способствовало внедрение передовых технологий водоподготовки и подачи воды потребителям с внедрением автоматизации основных технологических процессов и контролю с управлением всех узлов подачи воды. Повышению надежности работы систем водоснабжения способствует применение современного гидромеханического, электрического оборудования КИП и автоматики, систем диспетчеризации и связи.

Ключевые слова: криолитозона Крайнего Севера, проектирование и расчет водозаборов, поверхностные и инфильтрационные источники водоснабжения, реконструкция водозаборных сооружений, очистка и обеззараживание питьевой воды

ВВЕДЕНИЕ

Освоение Севера России является важнейшей частью экономической стратегии страны. Основные запасы природных богатств, включая запасы пресной воды, сосредоточены на территории, занимающей почти три четверти Российской Федерации и отнесены к северной строительно-климатической зоне. Хозяйственно-экономические и природно-климатические условия Севера различны, но общими для них являются: суровый климат, повсеместное сплошное, прерывистое или островное залегание многолетнемерзлых грунтов (криолитозона), продолжительные зимы до 8-9 месяцев, снеготаносы, пурги, малый меженный сток рек при их перемерзании и др.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Для освоения северных территорий требуется надежное бесперебойное круглогодичное водоснабжение населенных мест и объектов промышленности. Водоснабжение в криолитозоне – один из главнейших факторов развития экономики, повышения уровня и качества жизни северян, снижения себестоимости продукции любых производств. [1, 2, 3, 4].

При организации водоснабжения объектов в любом районе криолитозоны учитывается реальная угроза перемерзания систем водоснабжения, в том числе и самих водоисточников. [5, 6, 7, 8].

Повышение надежности систем водоснабжения в зоне мерзлоты сводится к поддержанию

незамерзаемости водоисточника и всех элементов водозаборного узла.[12, 13, 14, 15, 16].

Наиболее надежны на Севере водозаборы инфильтрационного типа с фильтрующими водоприемниками, менее других подверженными шуголедовому воздействию. Они обладают хорошими рыбозащитными свойствами и обеспечивают требуемое качество воды при ее отборе. Поэтому при выборе типа водозабора для условий Севера всегда анализируют возможности использования инфильтрационных или фильтрующих водоприемников. [11].

Малые и средние реки, перемерзающие на отдельных участках или на всем протяжении, являются наиболее вероятным источником (до 85%) водоснабжения на Крайнем Севере [17, 18, 19].

За период освоения Севера выработаны различные приемы и технические решения водоснабжения из рек, не имеющих зимой достаточного объема поверхностного стока. Одними из них являются инфильтрационные водозаборы на малых реках Крайнего Севера, позволяющие обеспечивать надежный водозабор во всех случаях, когда годовое водопотребление составляет не менее 3-5 тыс. м³/сут. Источниками инфильтрационной воды в зимний период служат талики под руслами и долинами рек. [10, 12, 20, 21].

Для повышения надежности работы инфильтрационных водозаборов в зимний период на малых реках Крайнего Севера используют временные (сезонные) водохранилища путем создания ледовых и ледово-грунтовых плотин, создаваемых в период начала ледостава и разрушающихся естественным образом в весенний период ледохода. При этом обводняются подрусловые отложения, предотвращается образование наледей, улучшается тепловой режим

водозаборов. При необходимости запас воды может увеличиваться намораживанием льда в начале зимы по всей площади акватории водозаборов слоем до 3 – 7 м. Так как часто на малых перемерзающих реках лед тает на месте без ледохода возможно его использование в качестве материала для временных плотин, облегченных подпорных сооружений для накопления меженного стока.[9, 18, 19, 21].

На средних и крупных реках Крайнего Севера для обеспечения водоснабжения населенных пунктов и городов численностью порядка 4-5 тыс. человек, включая промышленные предприятия, экономически целесообразно использовать открытые водозаборы руслового или берегового типов. При этом необходимо учитывать специфику условий работы таких водозаборов, связанную с перепадами уровней воды в реках Севера, достигающими, к примеру, на Енисее в районе г. Игарка более 20 м, что требует специальных инженерных решений берегоукрепления в районе водозаборов, водозаборы из открытых источников, как правило, требуют дополнительной очистки и обеззараживания согласно требованиям санитарных правил и норм. [22]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Конкретным примером современного инженерного решения водоснабжения северного города Игарки (рис.1) служит реконструкция водоснабжения из р. Енисей, проведенная специалистами ОАО «Красноярский институт ВОДОКАНАЛПРОЕКТ».



Рис. 1. Общий вид г. Игарка
Fig. 1. General view of Igarka

До проведения реконструкции водозаборных сооружений в г. Игарке хозяйственно-питьевое водоснабжение осуществлялось из временного открытого водозабора на р. Гравийка

производительностью 4000 м³/сут. Вода через фильтрующие оголовки по самотечным водоводам поступала в два береговых шахтных колодца и затем насосной станцией 1-го подъема после

обеззараживания гипохлоритом натрия по двум напорным водоводам диаметром 250 мм, длиной 3,5 км, поступала в магистральные сети города и насосную станцию второго подъема, подкачивающую воду в сети города. С 1969 года система водоснабжения эксплуатировалась без капитального ремонта. Износ системы составлял 80-95%, сооружения насосной станции 1-го подъема и напорные стальные водоводы находились в полуаварийном состоянии. Качество воды из водозабора не соответствовало действующим нормам. Кроме того, в отдельные годы река Гравийка перемерзала полностью, что приводило к остановке забора воды.

Водозаборные сооружения Игарского лесопильно-перевалочного комбината (ЛПК) выполнены по проекту «Ленгипродрев» и построены в 1968 году. Сооружения открытого типа из р. Енисей расположены на протоке «Игарской». Вода из реки забиралась фильтрующими оголовками и по двум самотечным водоводам диаметром 426 мм поступала в береговой колодец, совмещенный с насосной станцией 1-го подъема, на площадку Игарского ЛПК и в старую застройку огорода. В настоящее время водозаборные сооружения законсервированы и не эксплуатируются по причине их аварийного состояния.

Важным элементом транспортного сообщения г. Игарки с «большой землей» является авиационное снабжение. Аэропорт расположен на острове Игарском. Остров находится напротив города и разделен протокой Енисея. На острове помимо аэропорта расположены котельная, а также соответствующие производственные и служебные сооружения. Для обеспечения водоснабжения на острове существует водозабор. Хозяйственно-питьевые нужды населения и котельной обеспечиваются из подземного водозабора спомощью двух скважин глубиной 100 м общим дебитом 336 м³/сут. Источником воды служит водоносный пласт, расположенный ниже слоя вечной мерзлоты.

Для снабжения горячей водой бытовых и производственных нужд населения, а также отопления зданий, сооружений и водоводов наземной прокладки в городе созданы временные водозаборные сооружения центральной отопительной котельной (ЦОК). Береговая насосная станция для подачи воды в центральную отопительную котельную для отопления жилого массива была построена на берегу протоки Игарской в 1985 году. Вода этой станцией подается потребителям без очистки и обеззараживания, поэтому качество воды не соответствует действующим нормам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Анализ представленных выше водозаборных сооружений г. Игарки, выполненных в 60-80-е годы прошлого столетия, свидетельствует о крайне неудовлетворительном качестве воды, поступающей потребителям, а также о предельном износе технических средств и объектов капитального строительства. Для решения назревших проблем требовалась реконструкция водоснабжения в целом и, в частности, реконструкция водозаборных сооружений. С этой целью в ОАО «Красноярский институт ВОДОКАНАЛПРОЕКТ» была разработана проектная документация на строительство сооружений водоснабжения «КЕССОН».

Схема водоснабжения по проекту реконструкции представлена следующим образом. С помощью фильтрующих русловых оголовков по самотечно-сифонным линиям вода из протоки Игарской поступает в насосную станцию 1-го подъема и далее на водоочистные сооружения. После очистки и обеззараживания вода насосами II-го подъема по двум водоводам протяженностью 3,1 км из стальных труб диаметром 273×6 мм подается на площадку существующего водопроводного узла г. Игарки. Схема водоснабжения приведена на рис. 2.

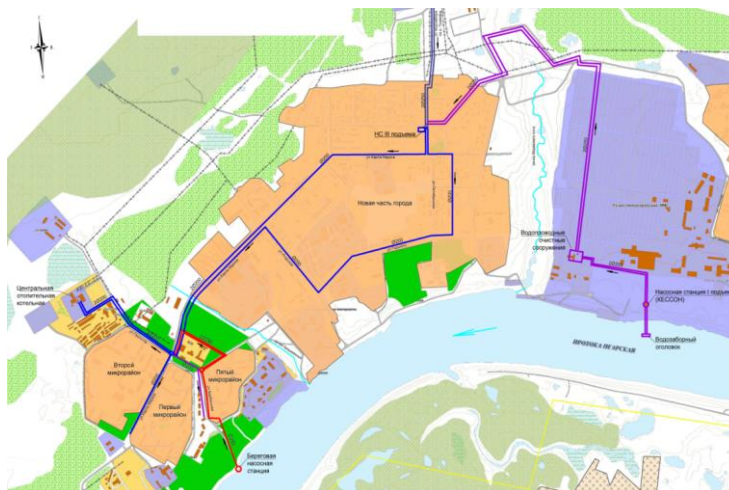


Рис. 2. Схема водоснабжения г. Игарка
Fig. 2. Scheme of water supply in igarka

В состав реконструируемых водозаборных сооружений хозяйственно-питьевого водоснабжения вошли следующие наиболее значимые объекты: русловой водозаборный оголовок; самотечно-сифонный водовод с насосной станцией 1-го подъема производительностью 4200 м³/сут.; водовод надземной прокладки в две нитки от насосной станции 1-го подъема до станции очистки воды длиной 0,6 км; сооружения очистки воды для хозяйственно-питьевых целей производительностью 4200 м³/сут.; насосная станция II-го подъема производительностью 6480 м³/сут.; резервуары чистой воды (2 шт.) емкостью 1000 м³ каждый; водовод надземной прокладки от насосной станции II-го подъема до насосной станции подкачки в городе длиной 3,1 км в две нитки.

Проектом реконструкции водозабора предусмотрено устройство нового водоприемного оголовка раструбного типа. Конструкция оголовка принята по типовому проекту. Оголовок смонтирован на железобетонной плите размером 2×2 м и состоит из двух секций. Каждая секция оборудована съемной фильтрующей рыбозащитной самоочищающейся кассетой размером 1×0,6 м, совмещенной с сороудерживающей решеткой. Рыбозащита обеспечена малыми входными скоростями воды, которые в 8-10 раз меньше скоростей течения в протоке в межень (0,3 м/с). Для защиты оголовка от плавущего льда вокруг него предусмотрена свайная защита. Незначительная мутность речной воды (4 - 62 г/м³) и конструктивная возможность самоочищения препятствуют заиливанию водоприемника.

Самотечно-сифонные водоводы подают воду от руслового водоприемного оголовка к насосной станции 1-го подъема по двум стальным трубам диаметром 325×8 мм и длиной 105 м. Глубина заложения трубопроводов составляет от 1 до 20 м. Подводная часть водоводов выполнена с усиленной наружной гидроизоляцией и внутренним лакокрасочным покрытием эмалью. Защита

наружной гидроизоляции выполнена сплошной футеровкой деревянными рейками. Стыковка труб с оголовком осуществлена с помощью полумуфт с резиновым уплотнением. Подводная часть водоводов проложена в открытой траншее методом свободного погружения, подземная часть водоводов выполнена методом продавливания от береговой черты до насосной станции 1-го подъема.

При модернизации насосной станции использовано существовавшее сооружение. Насосная станция производительностью 4200 м³/сут. сблокирована с двухсекционным водоприемником. Подземная часть насосной станции диаметром 10 м представляет собой железобетонный колодец – кессон глубиной 27,7 м. Колодец разделен вертикальной стенкой на водоприемник и «сухой» машинный зал. Водоприемник разделен перегородкой на две секции, в каждую из которых вводится самотечно-сифонный водовод. В машинном зале установлены основные насосы фирмы «GRUNDFOS» марки NB65-200/190 мощностью 18,5 кВт каждый, два рабочих, один – резервный.

Для осушения водоприемной камеры при ремонтных работах предусмотрен переносной погружной насосный агрегат «ГНОМ» 40×25 мощностью 4 кВт. Зарядка сифонных водоводов и поддержание нормального режима их работы выполнена вакуумной установкой с двумя насосами ВВН1-1,5, из которых один – рабочий, другой – резервный. Для откачки дренажных вод предусмотрены два насоса ВК 4/28 мощностью 7 кВт каждый.

В надземной части насосной станции расположено электротехническое оборудование, монтажная площадка, установка вентиляции, служебные помещения.

Все основные технологические процессы работы насосной станции автоматизированы. Управление и контроль за работой узла осуществляется с диспетчерского пункта на станции очистки воды.

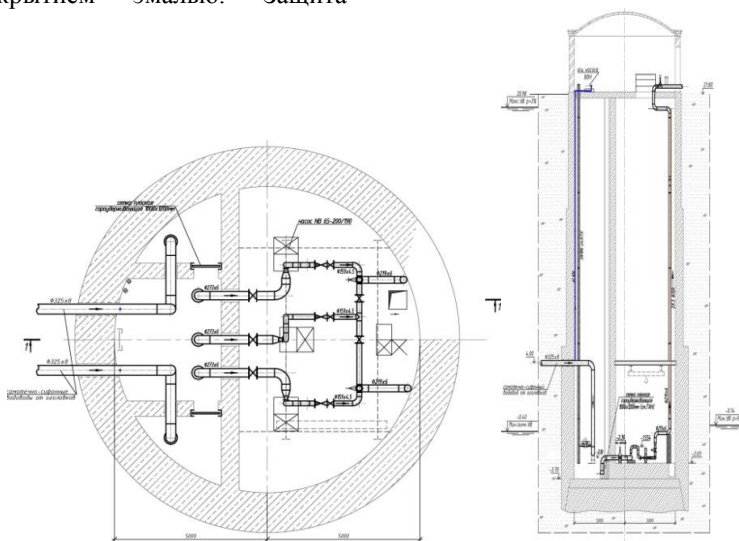


Рис. 3. Насосная станция 1-го подъема
Fig. 3. Pumping station of the 1st lift

Напорные водоводы от насосной станции 1-го подъема до площадки водопроводных очистных сооружений выполнены двумя стальными трубами диаметром 219×6 мм с тепловой пенополиуретановой изоляцией с защитной оболочкой из оцинкованной стали с саморегулирующимся греющим электрическим кабелем. Прокладка труб выполнена наземной на лежневых опорах, размещенных на грунтовых призмах. Для опорожнения напорных водоводов предусмотрена установка пожарных гидрантов в незамерзающем исполнении. Отведение воды при

опорожнении производится пожарными рукавами в пониженные места.

В период паводка и ледохода вода в районе водозабора поднимается более, чем на 22 м. Для предотвращения размыва площадки водозаборных сооружений в период паводковых высоких вод и ледохода выполнено берегоукрепление из сборных железобетонных плит размером 3×1,5 м.

Очистка исходной воды после водозабора, подъема на насосной станции 1-го подъема производится на комплексе блочно-модульной станции водоподготовки, разработанной ЗАО «Компания ЭКОС» (рис. 4).



Рис. 4. Комплекс блочно-модульной станции водоподготовки
Fig. 4. Complex of block-modular water treatment plant

Схема очистки малозагрязненных природных поверхностных вод до показателей, соответствующих санитарным нормам производится на станции очистки воды и предусматривает следующие стадии технологического процесса: фильтрация на

сетчатых фильтрах; контактное осветление; фильтрация на фильтрах с загрузкой активированным углем; обеззараживание; нагрев; наполнение в резервуары чистой воды и подача потребителю (рис. 5).



Рис. 5. Станция очистки воды
Fig. 5. Water treatment plant

Исходная вода подается под напором на сетчатые фильтры, которые промываются в автоматическом режиме. После предварительной механической очистки вода поступает во входную камеру и на контактные осветлители. Перед этим в воду вводится раствор коагулянта. Промывка контактного осветлителя водо-воздушная, подача промывной воды производится от насосов производительностью 85 м³/ч и напором 20 м. Подача воздуха осуществляется воздуходувкой с производительностью 510 м³/ч и напором 10 м. Отвод промывной воды производят в два резервуара грязных промывных вод с последующей откачкой ассенизационной машиной.

Обеззараживание воды производят низкоконцентрированным (0,8%) раствором гипохлорита натрия, полученным электролизным способом на установке Clogen CLGH-500 из пищевой соли. Производительность электролизной установки по активному хлору 12,6 кг в сутки. Расход соли при этом составляет 44,1 кг/сут. Время контакта активного хлора с водой обеспечено в резервуаре чистой воды и составляет не менее 30 мин. согласно санитарным правилам и нормам. Принятая доза по активному хлору составляет 2-3 мг/л. Доза остаточного хлора 0,3-0,5 мг/л. Контроль свободного хлора осуществляется датчиком.

Устранение в воде остатков органических веществ, цветности воды и запахов производится на фильтрах с загрузкой активированным углем. Технология фильтрации предусматривает взрыхление и промывку сорбционной загрузки. Взрыхление предусмотрено от насосов подачи промывной воды, подача воздуха от воздуходувки. Взрыхление угольных фильтров обеспечивает их промывку и регенерацию. Отвод промывной воды предусматривается в резервуары грязных промывных вод с последующей откачкой ассенизационной машиной. Несоблюдение технологии взрыхления может приводить к выбросу адсорбента и загрязнению воды.

Для исключения замерзания воды в водоводах в часы минимального водоразбора и выполнения требований эксплуатирующей организации г. Игарки в схеме водоснабжения предусмотрен подогрев воды до 20°C. После сорбционных фильтров очищенная и обеззараженная вода поступает в установку нагрева «Титан», состоящую из двух узлов «Титан-500» и Титан-750». Нагрев осуществляется индукционным электронагревателем «Эдиссон-250». Для циркуляции теплоносителя установлен циркуляционный насос. Установка нагрева работает в автоматическом режиме. Подогретая вода поступает в резервуар чистой воды и далее насосами 2-го подъема подается потребителям.

Контроль качества воды перед ее поступлением в распределительную сеть на водопроводной очистительной станции осуществляется в лаборатории по органолептическим показателям и химическому составу.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной реконструкции сооружений и оборудования системы хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Игарки по проектной документации ОАО «Красноярский институт ВОДОКАНАЛПРОЕКТ» с момента сдачи в эксплуатацию в сентябре 2017 года город получил надежное и качественное водоснабжение. Этому способствовало внедрение передовых технологий водоподготовки и подачи воды потребителям. Современный уровень водоснабжения населения и предприятий города обеспечен автоматизацией основных технологических процессов, что позволило вести контроль и управление всех узлов подачи воды с диспетчерского пункта на блочной станции очистки. Большую роль в повышении надежности работы систем водоснабжения играет применение современного гидромеханического, электрического оборудования, КИП и автоматики, систем диспетчеризации и связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матюшенко А.И. Кулагин В.А., Турутин Б.Ф. Экология водопользования в криолитозоне. М.: Маджента, 2013. 376 с.
2. Матюшенко А.И., Турутин Б.Ф., Лютов А.В. Инженерно-экологические основы систем водоснабжения Сибири и Крайнего Севера. Красноярск: КрасГАСА, 2000. 158 с.
3. Матюшенко А.И., Лютов А.В., Кулагин В.А., Турутин Б.Ф. Теплофизика систем водоснабжения. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. 224 с.
4. Матюшенко А.И., Турутин Б.Ф., Лютов А.В. Комплексное использование водных ресурсов (Восточно-Сибирские регионы); ред. Б.Ф. Турутина. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. 300 с.
5. Кулагин В.А., Крючков Г.П. Инженерно-экологическая особенность проектирования водозаборных сооружений Сибирских регионов. Экология урбанизированных территорий, 2007, 3, 65-68.
6. Матюшенко А.И., Кулагина Т.А., Шайхадинов А.А., Тугужаков Д.Б. Повышение эффективности эксплуатации трубопроводов в условиях Сибири и Крайнего Севера. Журнал СФУ. Техника и технологии, 2015, 8(2), 216-226.
7. Кулагин В.А., Кулагина Т.А., Матюшенко А.И., Турутин Б.Ф. Физика атмосферы и гидрофизика. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. 498 с.
8. Турутин Б.Ф., Лютов А.В., Матюшенко А.И. Экология и системы водоснабжения в условиях Сибири: Доклад на международной конференции по экологии. Иркутск, 1996 г.
9. Матюшенко, А.И. Повышение интенсивности работы инфильтрационных водозаборов с учетом сложных теплофизических условий Сибирских регионов / А.И. Матюшенко, М.Г. Яковлева // Вестник Иркутского государственного технического университета. Вып. 6(46) 2010 – С. 162-170.

10. Турутин Б.Ф., Матюшенко А.И. Водозаборные сооружения из подземных источников (теория, расчет и оптимизация) / КГТУ. Красноярск, 1996. 184 с.
11. Порядин А.Ф. Устройство и эксплуатация водозаборов. –М.: Стройиздат, 1984.-183 с.
12. Вдовин Ю.И. Водоснабжение на Севере. Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение. 1987.- 166 с.
13. Вдовин Ю.И. Забор воды из перемерзающих рек // Водоснабжение и санитарная техника. – 1989. -№4.- С. 20...22.
14. Вдовин Ю.И. Направления совершенствования систем водоснабжения в районах Севера // Сб. материалов ДВПТИ. – Владивосток, 1990. –Современные технологии водоснабжения. – С. 81...85.
15. Матюшенко А.И., Турутин Б.Ф., Кулагин В.А. Водоснабжение и водопотребление г. Красноярска. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. 329 с.
16. Шонина Н.А. Водоснабжение и водоотведение в условиях Крайнего Севера.//Сантехника. №5. 2012. С. 32...43.
17. Аржакова С.К. Минимальный сток рек криолитозоны России. – Санкт-Петербург: - Изд. РГГМУ, 2001. 208 с.
18. Файко Л.И. Использование льда и ледовых явлений в народном хозяйстве. – Красноярск: Изд. Красноярского ГУ, 1986. 158 с.
19. Вдовин Ю.И., Вишневецкая Н.С. Водозаборно-очистные сооружения в системах водоснабжения в криолитозоне России. – М.: Изд. РУДН, 2007. 236 с.
20. Пособие по проектированию сетей водоснабжения и канализации в сложных инженерно-геологических условиях (к СНиП 2.04.02–84 и 2.04.03–85). – М. : Союзводоканалпроект, 1990. – 56 с.
21. Вдовин Ю.И., Вишневецкая Н.С. Водозаборно-очистные сооружения в системах водоснабжения в криолитозоне России. – М.: Изд. РУДН, 2007. 236 с.
22. А.И. Матюшенко, Г.В. Красавин. Особенности проектирования водозаборов в условиях Севера. Техника и технологии. Журнал Сибирского федерального университета, 2018, 11(1), с.116-122.
- Ed. B.F. Turutin. Krasnoyarsk: CPI KSTU, 2003. 300 p. (in Russian).
5. 5. Kulagin V.A., Kryuchkov G.P. Engineering and environmental feature of the design of water intake facilities of the Siberian region. Ecology of the urbanized territories, 2007, 3, 65–68 (in Russian).
6. 6. Matyushenko A.I., Kulagina T.A., Shaykhadinov A.A., Tuguzhakov D.B. Increase of efficiency of operation of pipelines in the conditions of Siberia and the Far North, J. Sib. Fed. Univ. Eng. technol, 2015, 8(2), 16–226. (in Russian).
7. Kulagin V.A., Kulagina T.A., Matiushenko A.I., Turutin B.F. Physics of atmosphere and hydrophysics. Krasnoyarsk: CPI KSTU, 2006. 498 p. (in Russian)
8. Turutin B.F., Lyutov A.V., Matyushenko A.I. Ecology and water supply systems in Siberia: Report at the International Conference on Ecology. Irkutsk, 1996. (in Russian).
9. Matyushenko, A.I. Increasing the intensity of infiltration water intakes taking into account the complex thermophysical conditions of Siberian regions / A.I. Matyushenko, M.G. Yakovleva // Bulletin of Irkutsk State Technical University. Issue 6(46) 2010 – pp. 162-170. (in Russian).
10. Matyushenko A.I., Turutin B.F. Water intakes of underground waters; Ed. V.A. Kulagin, V.M. Zhuravlev. Krasnoyarsk: KSTU, 2005. 248 p. (in Russian).
11. Poryadin A.F. Device and operation of water intakes. –М.: Stroyizdat, 1984.-183 p. (in Russian)
12. Vdovin Yu.I. Water supply in the North. L.: Stroyizdat, Leningrad branch. 1987.- 166 p. (in Russian)
13. Vdovin Yu.I. Water intake from freezing rivers // Water supply and sanitary equipment. – 1989. -No. 4.- p. 20...22. (in Russian)
14. Vdovin Yu.I. Directions for improving water supply systems in the regions of the North // Collection of DVPTI materials. – Vladivostok, 1990. –Modern water supply technologies. – pp. 81...85. (in Russian).
15. Matyushenko A.I., Turutin B.F., Kulagin V.A. Water supply and water consumption in Krasnoyarsk, Krasnoyarsk: IPC KSTU, 2006. 329 p. (in Russia).
16. Shonina N.A. Water supply and sanitation in the conditions of the Far North.//Plumbing. No. 5. 2012. p. 32...43. (in Russian)
17. Arzhakova S.K. Minimum flow of rivers in the cryolithozone of Russia. – St. Petersburg: - Publishing house of RGGMU, 2001. 208 p. (in Russian).
18. Fayko L.I. The use of ice and ice phenomena in the national economy. – Krasnoyarsk: Ed. Krasnoyarsk State University, 1986. 158 p. (in Russian).
19. Vdovin Yu.I., Vishnevskaya N.S. Water intake and treatment facilities in water supply systems in the cryolithozone of Russia. - M.: RUDN Publishing House, 2007. 236 p. (in Russian).
20. Manual on designing water supply and sewerage networks in difficult engineering and geological conditions (to SNiP 2.04.02-84 and 2.04.03–85). – Moscow : Soyuzvodokanalproekt, 1990. – 56 p. (in Russian).
21. Vdovin Yu.I., Vishnevskaya N.S. Water intake and treatment facilities in water supply systems in the

REFERENCES

1. Matyushenko A.I., Kulagin V.A., Turutin B.F. Ecology of water use in the permafrost zone. Moscow: Publishing house «Magenta», 2013. 376 p. (in Russian).
2. Matyushenko A.I., Turutin B.F., Lyutov A.V. Engineering and ecological foundations of water supply systems in Siberia and the Far North. Krasnoyarsk: KrasGASA, 2000. 158 p. (in Russian).
3. Matiushenko A.I. Liutov A.V. Kulagin V.A. Turutin B.F. Thermal physics of water supply systems. Krasnoyarsk: CPI KSTU, 2002. 224 p. (in Russian).
4. 4. Matiushenko A.I. Turutin B.F., Liutov A.V. Integrated water resources management (East Siberia);

cryolithozone of Russia. – M.: RUDN Publishing House, 2007. 236 p. (in Russian)

22. A.I. Matyushenko, G.V. Krasavin. Features of the design of water intakes in the conditions of the North. Equipment and technologies. Journal of the

Siberian Federal University, 2018, 11(1), pp.116-122. (in Russian).

RECONSTRUCTION OF THE WATER SUPPLY TO THE CITY OF IGARKA OF KRASNOYARSK REGION

Krasavin G.V.

Siberian Federal University, 79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia. E-mail info@kvkp.ru

Abstract. Some features of the execution of water supply systems in the conditions of the Far North are described. From the publications used in this work, it follows that the most reliable in the North are infiltration-type water intakes with filtering water intakes, which are less susceptible to fine crystalline ice effects than others. The most preferred source of water supply in the Far North are small and medium-sized rivers that freeze over in some areas or throughout. Sources of infiltration water in winter are thawed ground under riverbeds and river valleys. On medium and large rivers of the Far North, it is economically feasible to use open channel or coastal water intakes to provide water supply to settlements and cities, including industrial enterprises.

The water supply systems of Igarka before reconstruction are considered. The reasons for the need to reconstruct existing water intake structures are presented. The composition of the reconstructed structures is described. The experience of operation of reconstructed water supply facilities is summarized. Prior to the reconstruction of water intake facilities in Igarka, household and drinking water supply was carried out from a temporary open water intake on the Gravika River. For more than half a century, the Igarka water supply system was operated without major repairs, while the wear of networks and equipment amounted to 95%. The quality of water from the intake did not meet the current standards. In addition, in some years the river froze completely, which led to a stop of water intake.

To solve the urgent problems, reconstruction of water supply in general and, in particular, reconstruction of water intake structures was required. For this purpose, the Krasnoyarsk Institute of VODOKANALPROEKT OJSC has developed project documentation for the construction of water supply facilities. The reconstruction project provides for a variant of a modern water intake node from the river Yenisei.

Subject of research: water supply in the cryolithozone of the Far North

Materials and methods: filtering channel heads, gravity-siphon water pipes, pumping stations of the first and second lifts, steel overhead water pipes, water treatment facilities and disinfection equipment.

Results: since the commissioning in September 2017, the city of Igarka has received a reliable and high-quality water supply.

Conclusions: As a result of the reconstruction of the facilities and equipment of the drinking water supply system in Igarka, according to the project documentation of JSC Krasnoyarsk Institute VODOKANALPROEKT, a modern water supply system was created and operated in Igarka, which was facilitated by the introduction of advanced technologies for water treatment and water supply to consumers with the introduction of automation of basic technological processes and control with the management of all water supply nodes. The use of modern hydromechanical, electrical equipment, instrumentation and automation, dispatching and communication systems contributes to improving the reliability of water supply systems.

Key words: cryolithozone of the Far North, design and calculation of water intakes, surface and infiltration water supply sources, reconstruction of water intake structures, purification and disinfection of drinking water.

Раздел 3. Инженерное обеспечение

УДК 004.925.8

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ЛУКОВИЧНОГО КУПОЛА В ТОЧЕЧНОМ ИСЧИСЛЕНИИ

Воронова О.С.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2,
kornilova.oly@mail.ru

Аннотация. В работе представлены геометрическая и компьютерная модели поверхности луковичного купола, аналитическое описание которого выполнено при помощи математического аппарата «Точечное исчисление». Основу модели поверхности луковичного купола составляет геометрический алгоритм построения образующей линии, состоящий из двух дуг кривых второго порядка, согласованных между собой по первому порядку гладкости. Такое согласование обеспечивается общей касательной в месте стыковки дуг обвода. В результате формируются два треугольника, стороны которых являются касательными для дуг кривых второго порядка. Недостающие вершины треугольников определяются в результате пересечения касательных с линиями соответствующих срединных перпендикуляров. Аналитическое описание определения вершин треугольников реализовано с помощью метрического оператора трёх точек, который является аналогом скалярного произведения векторов в точечном исчислении. Кривизна дуги кривой второго порядка определяется с помощью инженерного дискриминанта. Построение поверхности луковичного купола обеспечивается за счёт реализации операции вращения состыкованных дуг обвода вокруг вертикальной оси с использованием полярной параметризации плоскости в точечном исчислении. В результате получена составная поверхность вращения, состоящая из двух частей, состыкованных друг с другом по первому порядку гладкости. Для определения этой поверхности достаточно задать габаритные размеры всего купола и размеры его верхней части. Приведены примеры моделирования купольных поверхностей в зависимости от значений инженерных дискриминантов верхней и нижней части купола. На этих примерах показано, как изменение значений инженерных дискриминантов позволяет инженеру-проектировщику подобрать необходимую кривизну купольной поверхности, чтобы обеспечить не только прочностные и конструктивные требования, но также художественно-эстетическую и архитектурную выразительность.

Предмет исследования: геометрические модели поверхностей луковичных куполов.

Материалы и методы: методы исследований включают геометрические алгоритмы моделирования поверхности луковичного купола, параметризация которых выполнена с помощью математического аппарата «Точечное исчисление».

Результаты: разработан способ геометрического моделирования поверхности луковичного купола в точечном исчислении, который позволяет представить, как наглядное изображение купольной поверхности, так и его аналитическое описание.

Выводы: разработана геометрическая модель поверхности луковичного купола, которая состоит из двух стыкующихся друг с другом отрезков на основе кривых второго порядка, что позволяет подобрать необходимую кривизну купольной поверхности путём изменения значений инженерных дискриминантов верхней и нижней части.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, купольная поверхность, луковичный купол, сопряжение кривых, дуга обвода, точечное исчисление.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим элементом в храмовой архитектуре православной церкви является купол, история возникновения которого, насчитывает не одно столетие и уходит своими корнями далеко в глубокую древность. В различные исторические эпохи применялись разнообразные по своим конструктивным и эстетическим характеристикам купола, среди которых можно выделить четыре основных типа: шлемовидный купол, сферический купол, купол-шатер и купол-луковица. Остановимся более подробно на последнем типе, так как именно купола в виде луковицы занимали и продолжают занимать важное место при строительстве храмов православной церкви. Луковичные купола имеют выпуклую форму, плавно заостряющуюся к вершине. Диаметр их выпуклой части всегда больше

диаметра основания, на которые они установлены, а высота купола обычно превышает ширину. Такая форма купола в православной храмовой архитектуре символизирует гармонию, вечность и непреодолимое стремление вверх. Луковичными главами увенчаны такие величайшие творения архитектуры, как храм Василия Блаженного в Москве, церковь Преображения Господня на острове Кижи, церковь Покрова на Нерли во Владимирской области, Собор Рождества Пресвятой Богородицы в Суздале, Церковь Спаса на Нередице в Новгородской области и многие другие.

Для выполнения многих инженерных и научных задач, таких как историческая реконструкция кровель и куполов [1], анализ напряжённо-деформированного состояния [2], оптимальное проектирование элементов крестово-купольных систем [3] и др., необходима разработка и использование компьютерной модели купола.

Компьютерное моделирование куполов в храмовой архитектуре православных церквей может быть реализовано несколькими способами. Наиболее распространённый из них, заключается в использовании современных программных систем автоматизированного проектирования, твердотельного и информационного моделирования в строительстве (например, Revit, AutoCAD, 3D MAX [4] и т.п.), что позволяет инженеру-проектировщику быстро и наглядно представить оболочку моделируемой поверхности. Вместе с тем существующие формообразующие инструменты и геометрические примитивы современных систем автоматизированного проектирования являются весьма ограниченными и дают возможность использовать только дуги окружности, ограниченный набор эллипсов и сплайны. Это приводит к необходимости использования методов математического [5] и геометрического моделирования [6-8], что является процессом весьма трудоёмким. Например, в работе [7] описан пример построения купола луковичной формы, для которого был разработан специальный язык геометрических построений для создания модели на компьютере.

Учитывая всё вышесказанное можно сделать вывод, что задача геометрического моделирования луковичных куполов в храмовой архитектуре недостаточно изучена. Расширить возможности моделирования купольных поверхностей можно с использованием математического аппарата

точного исчисления [9-11], который позволяет создавать простые вычислительные алгоритмы моделирования геометрических объектов в виде последовательности точечных уравнений.

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗУЮЩЕЙ ЛИНИИ ЛУКОВИЧНОГО КУПОЛА В ТОЧЕЧНОМ ИСЧИСЛЕНИИ

Как было описано выше, существует определённое разнообразие подходов к моделированию луковичного купола. Их количество обусловлено неоднозначностью самой задачи, а также наличием разнообразных решений, которые дают возможность инженеру-проектировщику подобрать необходимую форму купольной поверхности с учётом конструктивных, эстетических, художественных, архитектурных и других требований. Основная особенность такой задачи сводится к построению образующей луковичного купола. С геометрической точки зрения построение подобной образующей относится к построению одномерных обводов для сопряжения нескольких дуг обвода по первому порядку гладкости [12-14]. В данном случае нужно выполнить сопряжение дуг AB и BC (рис. 1). Для этого предложено использовать равнобедренные треугольники ABP и BCQ , формирующие общую касательную PQ для обеих дуг.

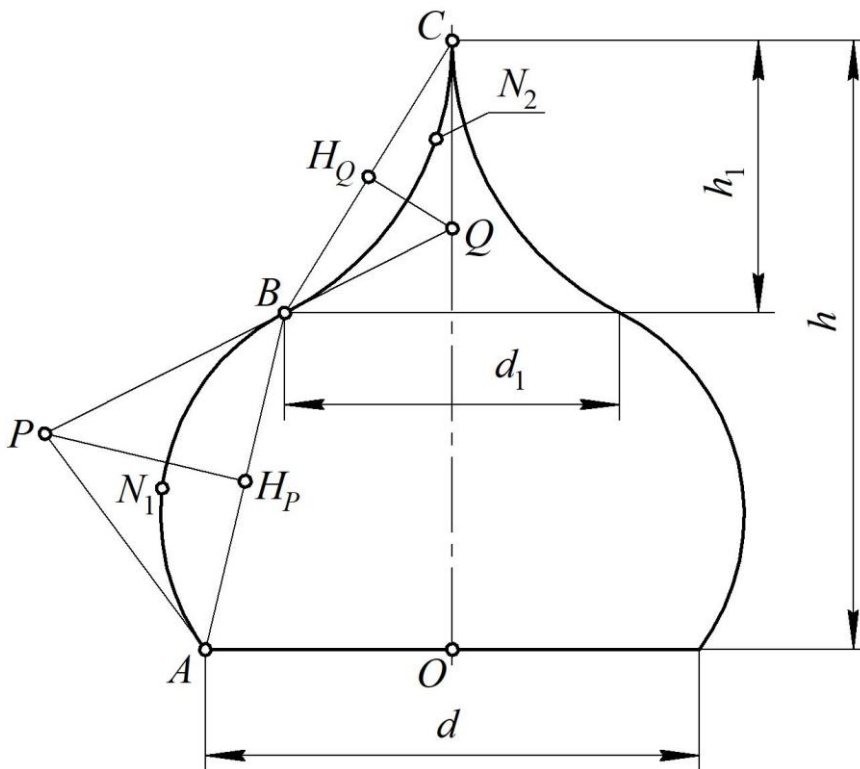


Рис. 1. Геометрическая схема построения образующей линии луковичного купола
Fig. 1. Geometric scheme of the forming line of the onion dome

Отрезки $H_P P$ и $H_Q Q$ являются серединными перпендикулярами. Исходя из этого, определим точки H_P и H_Q : $H_P = \frac{A+B}{2}$, $H_Q = \frac{B+C}{2}$.

Для определения точки Q воспользуемся одним из свойств метрического оператора трёх точек, в соответствии с которым $\angle CH_Q Q$ будет прямым, при значении метрического оператора $\Sigma_{CQ}^{H_Q} = 0$. Определим точку Q с помощью параметра t : $Q = (C - O)t + O$. Определим значение параметра t , при котором $\Sigma_{CQ}^{H_Q} = 0$:

$$\Sigma_{CQ}^{H_Q} = \Sigma(C - H_Q)(Q - H_Q) = \frac{1}{4}\Sigma(C - B)((C - O)(2t - 1) + (O - B)) = 0 \Rightarrow t = \frac{\Sigma_{BO}^C - \Sigma_{CO}^B}{2\Sigma_{BO}^C},$$

где $\Sigma_{CO}^B = (x_C - x_B)(x_O - x_B) + (y_C - y_B)(y_O - y_B) + (z_C - z_B)(z_O - z_B)$;

$$\Sigma_{BO}^C = (x_B - x_C)(x_O - x_C) + (y_B - y_C)(y_O - y_C) + (z_B - z_C)(z_O - z_C).$$

Тогда уравнение точки Q принимает следующий вид:

$$Q = (C - O) \frac{\Sigma_{BO}^C - \Sigma_{CO}^B}{2\Sigma_{BO}^C} + O \Rightarrow \begin{cases} x_Q = (x_C - x_O) \frac{\Sigma_{BO}^C - \Sigma_{CO}^B}{2\Sigma_{BO}^C} + x_O \\ y_Q = (y_C - y_O) \frac{\Sigma_{BO}^C - \Sigma_{CO}^B}{2\Sigma_{BO}^C} + y_O \\ z_Q = (z_C - z_O) \frac{\Sigma_{BO}^C - \Sigma_{CO}^B}{2\Sigma_{BO}^C} + z_O \end{cases}$$

Аналогичным образом определим точку P с помощью параметра t : $P = (Q - B)t + B$.

Определим значение параметра t , при котором $\Sigma_{PB}^{H_P} = 0$:

$$\Sigma_{PB}^{H_P} = \Sigma(P - H_P)(B - H_P) = \frac{1}{4}\Sigma((Q - B)2t + (B - A))(B - A) = 0 \Rightarrow t = \frac{\Sigma_{AA}^B}{2\Sigma_{AQ}^B},$$

где $\Sigma_{AA}^B = (x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2$;

$$\Sigma_{AQ}^B = (x_A - x_B)(x_Q - x_B) + (y_A - y_B)(y_Q - y_B) + (z_A - z_B)(z_Q - z_B).$$

Тогда уравнение точки P принимает следующий вид:

$$P = (Q - B) \frac{\Sigma_{AA}^B}{2\Sigma_{AQ}^B} + B \Rightarrow \begin{cases} x_P = (x_Q - x_B) \frac{\Sigma_{AA}^B}{2\Sigma_{AQ}^B} + x_B \\ y_P = (y_Q - y_B) \frac{\Sigma_{AA}^B}{2\Sigma_{AQ}^B} + y_B \\ z_P = (z_Q - z_B) \frac{\Sigma_{AA}^B}{2\Sigma_{AQ}^B} + z_B \end{cases}$$

В качестве дуги обвода в инженерной практике наибольшее распространение получила окружность, что связано легкостью её построения с помощью элементарных чертёжных инструментов и широким набором параметризаций во всех системах автоматизированного проектирования и твердотельного моделирования. Вместе с тем, можно существенно увеличить вариативность параметризаций купольной поверхности за счёт использования дуг обвода в виде кривых 2-го порядка, полученных в точечном исчислении с помощью инженерного дискриминанта [15, 16]. Применительно к геометрической схеме построения образующей луковичного купола (рис. 1) точечные уравнения дуг обвода AB и BC с инженерными дискриминантами k_1 и k_2 соответственно принимают следующий вид:

Точечное уравнение полярной параметризации плоскости с учётом геометрической схемы (рис. 2) имеет следующий вид:

$$A = (A_1 - O) \frac{|OM| \sin(\gamma - \varphi)}{|ON_i| \sin \gamma} + (A_2 - O) \frac{|OM| \sin \varphi}{|OD| \sin \gamma} + O,$$

где $\gamma = \angle AOD$; $\varphi \in [0; 2\pi]$ – угловой параметр (рис. 2).

Принимая в качестве основы прямоугольный симплекс ACA_1A_2 с вершиной в точке O , получим:

$$A = (A_1 - O) \cos \varphi + (A_2 - O) \sin \varphi + O \Rightarrow \begin{cases} x_A = (x_{A_1} - x_O) \cos \varphi + (x_{A_2} - x_O) \sin \varphi + x_O \\ y_A = (y_{A_1} - y_O) \cos \varphi + (y_{A_2} - y_O) \sin \varphi + y_O \\ z_A = (z_{A_1} - z_O) \cos \varphi + (z_{A_2} - z_O) \sin \varphi + z_O \end{cases}$$

Аналогичным образом определяем точку B :

$$B = (B_1 - O_1) \cos \varphi + (B_2 - O_1) \sin \varphi + O_1 \Rightarrow \begin{cases} x_B = (x_{B_1} - x_{O_1}) \cos \varphi + (x_{B_2} - x_{O_1}) \sin \varphi + x_{O_1} \\ y_B = (y_{B_1} - y_{O_1}) \cos \varphi + (y_{B_2} - y_{O_1}) \sin \varphi + y_{O_1} \\ z_B = (z_{B_1} - z_{O_1}) \cos \varphi + (z_{B_2} - z_{O_1}) \sin \varphi + z_{O_1} \end{cases}$$

Вычислительный алгоритм построения поверхности луковичного купола необходимо выполнять в обратном порядке, т.е. сначала необходимо определить подвижные точки A и B , затем точки ломанной P и Q , после чего можно использовать уравнения образующих линий N_1 и N_2 . При этом предполагается, что габаритные размеры купола и размеры его верхней части d, d_1, h, h_1 (рис. 1) инженер-проектировщик выбирает заранее. Если принять точку O за начало координат, то с учётом заданных размеров получим следующие координаты базовых точек: $O(0;0;0)$, $O_1(0;0;h-h_1)$, $A_1\left(\frac{d}{2};0;0\right)$, $A_2\left(0;\frac{d}{2};0\right)$, $B_1\left(\frac{d_1}{2};0;h-h_1\right)$, $B_2\left(0;\frac{d_1}{2};h-h_1\right)$ и $C(0;0;h)$.

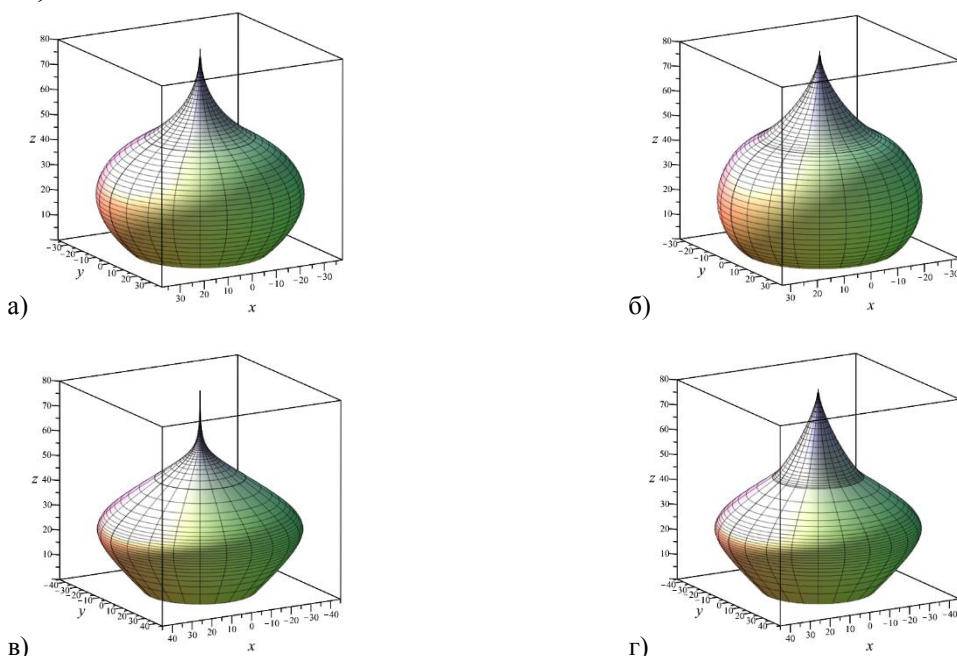


Рис. 3. Визуализация поверхности луковичного купола: а) с параболической образующей при $k_1 = k_2 = 0,5$; б) с эллиптической образующей при $k_1 = k_2 = 0,65$; в) с гиперболической образующей при $k_1 = k_2 = 0,25$; г) с гиперболической нижней частью $k_1 = 0,25$ и эллиптической верхней $k_2 = 0,75$

Fig. 3. Visualization of the onion dome surface: а) with parabolic formation at $k_1 = k_2 = 0,5$; б) with elliptical formation at $k_1 = k_2 = 0,65$; в) with hyperbolic formation at $k_1 = k_2 = 0,25$; д) with hyperbolic bottom part $k_1 = 0,25$ and elliptical top part $k_2 = 0,75$

Таким образом, определена поверхность луковичного купола, состоящего из двух отсеков, состыкованных друг с другом по первому порядку гладкости. Проведём вычислительные эксперименты по моделированию нескольких поверхностей луковичных куполов в зависимости от значений инженерных дискриминантов k_1 и k_2 (рис. 3).

Следует обратить внимание, что в соответствии с геометрической схемой построения образующей линии луковичного купола (рис. 1), осью симметрии является линия CO , что приводит к наличию особой точки на вершине купола. При необходимости ось вращения может быть смещена в противоположную сторону от образующей линии, формируя тем самым плоскость окружности на поверхности луковичного купола.

ВЫВОДЫ

Приведенный пример геометрического моделирования поверхности луковичного купола не является единственно возможным способом параметризации поверхностей архитектурных форм в точечном исчислении. Используя широкий набор непрерывных и составных линий, библиотека которых частично представлена в работе [11], и метода подвижного симплекса, возможна реализация поверхностей более сложной формы с сохранением всех геометрических свойств, а также их твердотельных моделей [17, 18], параметризованных в точечном исчислении. К преимуществам такого подхода можно отнести отсутствие необходимости использования матриц поворота и переноса, поскольку геометрический объект параметризуется в симплексе, который можно произвольным образом координировать в глобальной системе координат. Для расчёта напряжённо-деформированного состояния поверхности луковичного купола можно использовать метод численного решения дифференциальных уравнений с помощью геометрических интерполянтов [19-22]. Комплексный подход к параметризации геометрических объектов и аппроксимации решения дифференциальных уравнений в частных производных с помощью геометрических интерполянтов в точечном исчислении даёт возможность исключить необходимость трудоёмкой процедуры согласования геометрической информации в процессе взаимодействия между CAD и FEA системами.

Перспективной дальнейших исследований является использование непрерывных дуг кривых, проходящих через наперёд заданные точки [23, 24], для определения образующей поверхности луковичного купола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бычкова Т.Д., Ершов Ф.С. Проблемы исторической реконструкции кровель и куполов храмов Великого Новгорода и Пскова XII - начала XIV века // Наука, образование и экспериментальное проектирование в МАРХИ (08–12 апреля 2019 г.). Москва, 2019. С. 142.
2. Борисова И.С., Ларичев А.Е., Потехин И.А. Анализ напряжённо-деформированного состояния купола в форме луковицы православного храма в зависимости от его конструктивного решения // Актуальные вопросы развития науки и технологий: Сборник статей международной научно-практической конференции молодых учёных (01–31 марта 2017 г.). Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. С. 43-46.
3. Шумейко В.И., Левшеков С.С. Оптимальное проектирование элементов крестово-купольных систем // Вестник евразийской науки. 2018. Т. 10. № 1. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/33SAVN118.pdf> (дата обращения 21.03.2022).
4. Ваванов Д.А. Компьютерные способы построения храмовых архитектурных форм православных церквей с использованием AutoCAD и 3DMAX // Инновации и инвестиции. 2019. № 12. С. 221-224.
5. Ганичева А.В., Ганичев А.В. Математическое моделирование куполов церквей и храмов // Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени: Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Тверь, 11–13 февраля 2020 года. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2020. С. 358-361.
6. Дорошенко Ю.А., Пустовойт Р.А. Геометрия куполов православных храмов // Теория и практика дизайна. 2019. № 16. С. 68-86. DOI 10.18372/2415-8151.16.14331.
7. Boykov A.A. Development and application of the geometry constructions language to building computer geometric models // IoP conference series: Journal of Physics: Conf. Series 1901 (2021), 012058. DOI:10.1088/1742-6596/1901/1/012058.
8. Маршания Л.В., Нефедова М.А., Пестич С.Д. Пример геометрического эскизного моделирования купола Новосибирского государственного академического театра оперы и балета // Вестник науки и образования. 2019. № 11-1(65). С. 6-10.
9. Бумага А.И., Конопацкий Е.В., Крысько А.А., Чернышева О.А. Введение в математические аппарат БН-исчисления // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации. 2017. Т. 1. С. 76 – 82.
10. Балюба И.Г., Конопацкий Е.В. Точечное исчисление. Историческая справка и основополагающие определения // Тр. 8-й Междунар. науч. конф. «Физико-техническая информатика», (9-13 ноября 2020 г.) Нижний-

Новгород, 2020. Ч. 2. С. 321-327. DOI: 10.30987/conferencearticle_5fd755c0adb1d9.27038265.

11. Балюба И.Г., Конопацкий Е.В., Бумага А.И. Точечное исчисление // Макеевка: ДОННАСА, 2020. 244 с.

12. Конопацкий Е.В., Крысько А.А., Бумага А.И. Вычислительные алгоритмы моделирования одномерных обводов через k наперед заданных точек // Геометрия и графика. 2018. Т. 6. № 3. С. 20-32. DOI 10.12737/article_5bc457ece18491.72807735.

13. Конопацкий Е.В. Принципы моделирования многофакторных процессов и явлений с большим количеством исходных данных // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2018. № 4(172). С. 20-25.

14. Балюба И.Г., Конопацкий Е.В. Конструирование дуг обвода из кривых одного отношения // Труды 27-й Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению «GraphiCon 2017» (24–28 сентября 2017 г.). Пермь: ПГНИУ, 2017. – С.332-334.

15. Конопацкий Е.В. Использование кривых одного отношения для конструирования профиля крыла летательного аппарата в БН-исчислении // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2017. № 50. С. 90-100. DOI 10.15593/2224-9982/2017.50.09.

16. Конопацкий Е.В., Воронова О.С., Ротков С.И., Лагунова М.В., Бездитный А.А. Моделирование кривых 2-го порядка и поверхностей оболочек инженерных сооружений на их основе // Строительство и техногенная безопасность. 2021. № 22(74). С. 101-110. DOI 10.37279/2413-1873-2021-22-101-110.

17. Konopatskiy E.V., Bezditnyi A.A., Lagunova M.V., Naidysh A.V. Principles of solid modelling in point calculus // Journal of Physics: Conference Series: 5, Omsk, 16–17 марта 2021 года. Omsk, 2021. P. 012063. DOI 10.1088/1742-6596/1901/1/012063.

18. Konopatskiy E. V Solid modeling of geometric objects in point calculus // CEUR Workshop Proceedings: 31(27–30 сентября 2021 г.). Nizhny Novgorod, 2021. PP. 666-672.

19. Конопацкий Е.В. Решение дифференциальных уравнений методами геометрического моделирования // Труды 28-й Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению «GraphiCon 2018» (24-27 сентября 2018 г.). Томск: ТПУ, 2018. – С. 322-325.

20. Конопацкий Е.В., Шевчук О.А. Использование геометрических интерполянтов для численного решения дифференциальных уравнений // Информационные технологии: материалы 84-й науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (3-15 февраля 2020 г.). Минск: БГТУ, 2020. – С.194-196.

21. Konopatskiy E.V., Bezditnyi A.A., Shevchuk O.A. Modeling geometric varieties with given differential characteristics and its application // CEUR Workshop Proceedings. Proceedings of the 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision, (GraphiCon 2020) Saint Petersburg, Russia, September 22-25, 2020. – Vol. 2744. DOI: 10.51130/graphicon-2020-2-4-31.

22. Konopatskiy E.V. Voronova O.S., Shevchuk O.A., Bezditnyi A.A. About one method of numeral decision of differential equalizations in partials using geometric interpolants // CEUR Workshop Proceedings. Proceedings of the 8th International Scientific Conference on Computing in Physics and Technology (CPT 2020) Moscow, November 9-13, 2020. Vol. 2763. PP. 213-219. DOI: 10.30987/conferencearticle_5fce27708eb353.92843700.

23. Конопацкий Е. В. Моделирование дуг кривых, проходящих через наперед заданные точки // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2019. № 2(176). С. 30-36. DOI 10.14489/vkit.2019.02.pp.030-036.

24. Конопацкий Е.В., Селезнев И.В., Чернышева О.А., Лагунова М.В., Бездитный А.А. Геометрическое моделирование адаптивных алгебраических кривых, проходящих через наперед заданные точки // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2021. Т.18. № 9(207). С. 26-34. DOI 10.14489/vkit.2021.09.pp.026-034.

REFERENCES

1. Bychkova T.D, Ershov F.S. Poblems of historical reconstruction of roofs and domes of temples of Novgorod and Pskov XII – early XIV centuries. Science, education and experimental design at the Moscow Architectural Institute (08–12 April 2019). Moscow. 2019, pp. 142. (In Russian).

2. Borisova I.S., Larichev A.E., Potekhin I.A. Analysis of the stressed-deformed state of the dome in the shape of the bulb of the orthodox church, depending on its constructive solution. Actual issues of the development of science and technology: Collection of articles of the international scientific and practical conference of young scientists (01–31 March 2017). Karavaevo: Kostroma State Agricultural Academy. 2017, pp. 43-46. (In Russian).

3. Shumeyko V.I., Levshakov S.S. Optimal design of the elements of cross-domed systems. The Eurasian Scientific Journal. 2018. Vol. 10. No. 1. [electronic resource]. URL: <https://esj.today/PDF/33SAVN118.pdf> (date of access 21.03.2022). (In Russian).

4. Vavanov D.A. Computer methods for constructing temple architectural forms of Orthodox churches using AutoCAD and 3DMAX. Innovations and investments. 2019. No. 12, pp. 221-224. (In Russian).

5. Ganicheva A.V., Ganichev A.V. Mathematical modeling of the domes of churches and temples. Digitalization in the agro-industrial complex:

technological resources, new opportunities and challenges of the time: Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, Tver, (11–13 February 2020). Tver: Tver State Agricultural Academy. 2020, pp. 358-361. (In Russian).

6. Doroshenko Y.A., Pustovoyt R.A. Geometry of domes of orthodox temples. Theory and practice of design. 2019. No. 16, pp. 68-86. DOI 10.18372/2415-8151.16.14331. (In Russian).

7. Boykov A.A. Development and application of the geometry constructions language to building computer geometric models. IoP conference series: Journal of Physics: Conf. Series 1901 (2021), 012058. DOI:10.1088/1742-6596/1901/1/012058.

8. Marshania L.V., Nefedova M.A., Pestich S.D. An example of geometric outline modeling of the dome of the Novosibirsk state academic opera and ballet theater. Bulletin of Science and Education. 2019. No. 11-1(65), pp. 6-10. (In Russian).

9. Bumaga A.I., Konopatskiy E.V., Krysko A.A., Chernysheva O.A. Introduction in the mathematical apparatus BN-calculation. Problems of the quality of graphic preparation of students in a technical college: traditions and innovations. 2017. Vol. 1, pp. 76-82. (In Russian).

10. Balyuba I. G., Konopatskiy E. V. Point calculus. Historical background and basic definitions / Tr. 8th Intern. nauch. Conf. "Physical and technical Informatics", 09-13 Nov 2020 Nizhny-Novgorod, 2020. Part 2, pp. 321-327. DOI: 10.30987/conferencearticle_5fd755c0adb1d9.2703826 5. (In Russian).

11. Balyuba I.G., Konopatskiy E.V., Bumaga A.I. Tochechnoe ischislenie [Point calculus]. Makeevka: DONNACEA, 2020. 244 p.

12. Konopatskiy E.V., Krysko A.A., Bumaga A.I. Computational algorithms for modeling of one-dimensional contours through k in advance given points. Geometry and Graphics. 2018, Vol. 6. No. 3, pp. 20-32. DOI: 10.12737/article_5bc457ece18491.72807735. (In Russian).

13. Konopatskiy E.V. Principles of modeling multifactor processes with a large amount of input data. Information technology in design and production. Information technologies in design and production. 2018. No 4(172), pp. 20-25. (In Russian).

14. Balyuba I.G., Konopatskiy E.V., Constructing contour arcs from one relation curves. Proceedings of the 27th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision "GraphiCon 2017" (24–28 September 2017). Perm: PGNIU, 2017, pp. 332-334. (In Russian).

15. Konopatskiy E.V. The use of one relation curves for designing an aircraft wing profile in Bn-calculation. Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Aerospace engineering. 2017. No. 50, pp. 90-100. DOI 10.15593/2224-9982/2017.50.09. (In Russian).

16. Konopatskiy E.V., Voronova O.S., Rotkov S.I., Lagunova M.V., Bezdityni A.A. Modeling of the 2nd order curves and surfaces of engineering structures shells based on their basis. Construction and technogenic safety. 2021. No. 22(74), pp. 101-110. DOI 10.37279/2413-1873-2021-22-101-110. (In Russian).

17. Konopatskiy E.V., Bezdityni A.A., Lagunova M.V., Naidysh A.V. Principles of solid modelling in point calculus // Journal of Physics: Conference Series: 5, (16–17 March 2021). Omsk, 2021. P. 012063. DOI 10.1088/1742-6596/1901/1/012063.

18. Konopatskiy E. V. Solid modeling of geometric objects in point calculus. CEUR Workshop Proceedings: 31(27–30 September 2021). Nizhny Novgorod, 2021. pp. 666-672.

19. Konopatskiy E.V. Solving differential equations by geometric modeling methods. Proceedings of the 28th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision "GraphiCon 2018" (24-27 September 2018). Tomsk: TPU, 2018, pp. 322-325. (In Russian).

20. Konopatskiy E.V., Shevchuk O.A. The use of geometric interpolants for the numerical solution of differential equations // Information technologies: materials of the 84th scientific and technical. conference of faculty, researchers and graduate students (February 3-15, 2020). Minsk: BSTU, 2020. - P.194-196. (In Russian).

21. Konopatskiy E.V., Bezdityni A.A., Shevchuk O.A. Modeling geometric varieties with given differential characteristics and its application. CEUR Workshop Proceedings. Proceedings of the 30th International Conference on Computer Graphics and Machine Vision, (GraphiCon 2020) Saint Petersburg, Russia, September 22-25, 2020. – Vol. 2744. DOI: 10.51130/graphicon-2020-2-4-31.

22. Konopatskiy E.V. Voronova O.S., Shevchuk O.A., Bezdityni A.A. About one method of numeral decision of differential equalizations in partials using geometric interpolants // CEUR Workshop Proceedings. Proceedings of the 8th International Scientific Conference on Computing in Physics and Technology (CPT 2020) Moscow, November 9-13, 2020. Vol. 2763, pp. 213-219. DOI: 10.30987/conferencearticle_5fce27708eb353.9284370 0.

23. Konopatskiy E.V. Modeling of arcs of curves passing through predetermined points. Bulletin of computer and information technologies. 2019. No. 2, 30-36 pp. DOI: 10.14489/vkit.2019.02.pp.030- 036. (In Russian).

24. Konopatskiy E.V., Seleznev I.V., Chernysheva O.A., Lagunova M.V., Bezdityni A.A. Geometric modeling of adaptive algebraic curves passing through predetermined points. Bulletin of computer and information technologies. 2021. Vol.18. No. 9(207), pp. 26-34. DOI 10.14489/vkit.2021.09.pp.026-034. (In Russian).

GEOMETRIC MODELING THE ONION DOME SURFACE IN POINT CALCULUS

Voronova O.S.

Donbas national Academy of civil engineering and architecture,
286123, Donetsk Peoples Republic, Makeevka, Derzhavina str., 2, kornilova.oly@mail.ru

Abstract. The paper describes geometric and computer models of the bulbous dome surface, the analytical description of which is made using the mathematical apparatus «Point Calculus». The basis of the model bulbous dome surface is a geometric algorithm for constructing a generating line, consisting of two arcs curves the second order. These curves are consistent with each other on the first order of smoothness. Such coordination is provided by a common tangent at the junction contour arcs. As a result, two triangles are formed, the sides of which are tangent to curves arcs the second order. The missing triangles vertices are determined as a result of the intersection the tangents with the corresponding midperpendiculars lines. The analytical description of definition the triangles vertices is implemented using the metric operator of three points, which is an analogue scalar product the vectors in point calculus. The second-order curve arc curvature is determined using the engineering discriminant. The construction of the bulbous dome surface is provided by the implementation the rotation operation of the docked contour arc around the vertical axis due to the use polar parametrization of the plane in point calculus. As a result, a composite rotation surface is obtained, consisting of two parts joined to each other according to the first order of smoothness. To determine this surface, it is enough to specify the overall dimensions of the entire dome and the dimensions of its upper part. Examples of modeling dome surfaces are given depending on the values of engineering discriminants the upper and lower dome parts. These examples show how changing the engineering discriminants values allows the engineer to select the necessary curvature dome surface to ensure not only strength and structural requirements, but also artistic, aesthetic and architectural expressiveness.

Subject: geometric models of the bulbous domes surfaces.

Materials and methods: the research methods include geometric algorithms for modeling the surface of the bulbous dome, parametrization of which is performed using the mathematical apparatus "Point Calculus".

Results: the geometric modeling method of bulbous dome surface has been developed of a point calculus, which allows us to present dome surface a visual image and analytical description.

Conclusions: the geometric model of the bulbous dome surface has been developed, which consists of two compartments that joint together on the basis of second-order curves, it makes it possible to select the necessary dome surface curvature by changing the values of the engineering discriminants the upper and lower parts.

Key words: geometric modeling, dome surface, bulbous dome, curve coupling, contour arc, point calculus.

ПРИМЕНЕНИЕ БИБЛИОТЕКИ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ GEODOME ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ КУПОЛОВ В ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЗДАНИЙ

Лахов¹ А. Я., Лахов² К. А.

¹ Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,
Нижний Новгород, Ильинская ул., 65, alakhov99@yandex.ru

² Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород, просп. Гагарина, 23, корп. 1, kirill.9992@gmail.com

Аннотация. Представлено описание концепции технологии информационного моделирования зданий (ТИМ). ТИМ применяется на стадиях виртуального моделирования зданий, строительства и эксплуатации. Если новый строительный объект размещается в существующей исторической застройке, то возникает проблема соблюдения баланса новой и исторической архитектуры. Для решения этой проблемы предлагается решить задачу создания виртуального параметрического проекта нового сооружения, задачу создания 3D модели исторической застройки и задачу визуализации новой архитектурной среды и нового здания или сооружения. Приведено описание библиотеки параметрических объектов геодезических куполов и оболочек GeoDome Library, написанной на языке программирования GDL, встроенном в ArchiCAD. Данная библиотека включает одноконтурные и двухконтурные геодезические купола и оболочки. Приведено описание методики 3D реконструкции исторических зданий, включающей изучение объекта и фотосъемку, обработку изображений, фотограмметрию и 3D моделирование в трехмерном редакторе 3DS Max. Разработана программа StereoViewer визуализации геометрических моделей зданий или сооружений в X формате, основанная на системе трехмерной графики DirectX и языке программирования Visual C++. В качестве примера, приведено описание применения данного подхода к вопросам добавления к ансамблю Нижегородской ярмарки новых выставочных павильонов с перекрытиями в виде геодезических одноконтурных куполов. Разработан проект павильона с параметрическим объектом геодезического купола в ArchiCAD. Выполнена реконструкция архитектурного ансамбля Нижегородской ярмарки в 3DS Max с добавлением новых павильонов. Выполнена визуализация новой архитектурной среды для принятия решения о целесообразности предлагаемых изменений. Выполнена визуализация нового павильона с геодезическим куполом в программе, поддерживающей стереорежим (метод анаглифов).

Ключевые слова: технология информационного моделирования зданий, библиотека параметрических объектов геодезических куполов, 3D реконструкция исторических зданий, визуализация новой архитектурной среды, стереовизуализация нового здания.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, согласно нормативным документам, подход ТИМ (технологии информационного моделирования) должен использоваться на всех этапах строительства [1]. ТИМ (BIM - building information modeling) основан на параметрическом моделировании зданий и сооружений, моделировании всех подсистем здания и учете фактора времени. BIM применяется на стадиях виртуального моделирования здания, строительства и эксплуатации. BIM можно применять как для нового строительства, так и для исторических зданий. В случае, когда новый строительный объект размещается в существующей застройке, включающей объекты культурного наследия, возникает проблема соблюдения баланса традиционной и новой архитектуры. Необходимо проанализировать предлагаемые изменения и принять правильное решение.

Для решения данной проблемы необходимо решить задачу создания виртуального проекта нового здания или сооружения, задачу создания трехмерной модели исторической застройки и визуализации новой архитектурной среды, задачу стереовизуализации архитектурных объектов. Для решения первой задачи можно использовать библиотеки параметрических объектов. Например,

для геодезических оболочек [2] разработана библиотека GeoDome, написанная на языке программирования GDL, встроенном в ArchiCAD. Для решения второй задачи можно использовать методы фотограмметрии, обследования объектов культурного наследия, в результате получают их трехмерные модели. Для решения третьей задачи можно использовать систему трехмерной графики DirectX и методы визуализации.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Рассмотрению отдельных аспектов указанной проблемы посвящено много работ. Их можно разделить на четыре группы: работы по информационному моделированию зданий (BIM), работы по библиотекам параметрических объектов, работы по методам обследования объектов культурного наследия и работы по визуализации.

К первой группе относится работа Eastman С. [3] в которой говорится, что в BIM объекты описываются через параметры, некоторые из которых задаются пользователем, а другие задаются положением относительно других объектов. Визуализация объектов достигается через 2D и 3D виды, планы, сечения. В работе Voeuykens S. И др. [4] указывается, что BIM использует семантику представления зданий и их элементов в виртуальной

среде. В работе Tse T.K. и др. [5] описывается программа ArchiCAD – приложение для архитектурного проектирования, построенное на BIM концепции. Моделирование объектов может быть выполнено с использованием стандартных конструктивных элементов и пользовательских параметрических объектов, написанных на языке программирования GDL. В работе С. Bianchini и др. [6] говорится, что BIM направление применяется для новых зданий, когда стандартизация является одним из основных требований проекта. За счет этого удастся достичь существенной экономии. Также BIM может применяться для существующих зданий, как средство их представления.

Ко второму направлению относится работа А. К. Alaimani и др. [7] в которой описывается библиотека объектов традиционной архитектуры HIACs (Autodesk Revit), которая открывает для архитекторов и проектировщиков возможности анализировать различные решения и путем итераций позволяет получить наилучшее решение. В работе Murphy M. И др. [8] говорится о библиотеке HBIM (библиотека информационного моделирования исторических зданий), разработанной для ArchiCAD. Параметрические объекты, представляющие архитектурные элементы, написаны на языке GDL. Виды архитектурных элементов основаны на исторических источниках. В процессе обследования исторических зданий методами лазерного сканирования получают облака точек и цифровые фотографии, далее выполняется картирование объектов и создаются 3D модели зданий с материалами. В работе Kovacic. I. и др. [9] констатируется, что технология BIM (building information modeling) обеспечивает интеграцию программных средств визуализации и проектирования конструкций. При этом разрабатывают и используют библиотеки параметрических объектов для CAD систем.

К третьей группе относится работа М. Е. Dos и др. [10] в которой описывается документирование исторических монументов, которое может сформировать основу для их реставрации. Обследование традиционными методами дорого и требует много времени. В настоящее время может быть использовано фотограмметрия с крупным планом (получение фотографий с помощью камер смартфонов). В работе А. Miceli и др. [11] говорится, что в процессе создания документации об объекте культурного наследия его представляют в цифровой форме. Разработан методологический подход, состоящий из следующих этапов: 1) обследование объекта и дискретизация данных, 2) семантический анализ, 3) применение в информационной базе данных. Продемонстрировано применение данного подхода для Palazzo Centrale университета Павии (Италия). В работе А.Н. Andres и др. [12] приводится описание технологий и средств, применяемых для создания виртуальных моделей объектов культурного наследия. Эти модели необходимы для реконструкции, сохранения и восстановления

архитектурных памятников. Фотограмметрия, лазерное сканирование и генерация параметрических объектов, обеспечивают получение информации о зданиях. Продемонстрировано применение этих технологий при обследовании Великих Ворот Антиоха в Алеппо (Сирия). При применении фотограмметрии выполняли этапы: исправления исходных данных, восстановления и ортопроецирования. При применении лазерного сканирования получали данные о внутреннем виде объекта. При генерации 3D модели выполняли триангуляцию, сегментацию поверхности и получение параметрической модели. В работе А. Koutsoudis и др. [13] говорится о 3D реконструкции небольшой части города Ксанту (Греция), в качестве средств реализации использовались некоммерческие программные средства 3D графики с целью получения реалистичных виртуальных экскурсий для продвижения туризма. При разработке 3D модели выполняли следующие этапы: 1) обследование объектов культурного наследия и фотосъемка (обычные цифровые камеры), 2) обработка изображений, 3) фотограмметрия и 3D реконструкция (3D модели в VRML формате), 4) приспособление данных к веб-среде (сжатие текстур, представленных в JPEG и PNG форматах).

К четвертому направлению относится работа Т. Hiefert и др. [14] в которой предлагается использовать технологии виртуальной реальности для оценки всех аспектов сложных моделей. Предлагается применять шлемы виртуальной реальности для инженерных приложений и BIM модели для создания виртуальной сцены. В работе Edwards G. и др. [15] предлагается применять игровой движок для поддержки пользователей в процессе BIM проектирования (Autodesk Revit и Unity game engine). В работе Н. Jadidi и др. [16] говорится о визуализации данных со строительной площадки, которая может повысить эффективность строительства при сравнении визуализации объектов на строительной площадке и проектных данных. В работе В работе К. Crolla [17] говорится об использовании визуализации павильона свободной формы с помощью программного обеспечения McNeel's Rhinoceros и плагина Grasshoppers. Павильон является примером легкой сетчатой конструкции с пролетом 30 м.

МЕТОД ВИРТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для разработки виртуального проекта нового сооружения, включающего геодезические купола, предлагается использовать библиотеку параметрических объектов GeoDome Library [18]. Эта библиотека написана на языке программирования GDL, встроенном в ArchiCAD. Она включает одноконтурные и двухконтурные геодезические оболочки. В библиотеке представлены пластинчатые одноконтурные оболочки с пластинами треугольной,

четырёхугольной, пятиугольной и шестиугольной формы. Двухконтурные пирамидальные оболочки имеют пирамиды с треугольным, четырёхугольным, пятиугольным и шестиугольным основанием. При этом второй контур представляется стержневой структурой. Необходимо создать проект в ArchiCAD, сформировать его из стандартных конструктивных элементов и добавить в него перекрытие в виде геодезического купола.

Для создания модели исторической застройки, в которую предлагается добавить новое сооружение, необходимо выполнить обследование существующих зданий (методами фотограмметрии: 1) обследование и фотосъёмка (обычные цифровые камеры), 2) обработка изображений), выполнить их моделирование в 3D редакторе 3DS Max (3D модели в max формате) и добавить в модель застройки 3D модель нового сооружения, сохранённой в ArchiCAD во внешний 3D формат.

Для решения задачи визуализации новой архитектурного объекта предлагается использовать систему трёхмерной графики DirectX, язык программирования Visual C++, программу просмотрщик 3D моделей в X формате. Программа StereoViewer 3.1 выполняет визуализацию модели нового сооружения, включающего геодезический купол в 3D виде, позволяет вращать, масштабировать модель и сохранять изображение модели, выполняет визуализацию модели выбранного варианта купола в стерео-режиме (метод анаглифов).

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Библиотечные объекты, реализующие одноконтурные и двухконтурные геодезические купола, написаны на языке GDL. Они позволяют формировать геометрические модели геодезических куполов. Объединив имеющиеся библиотечные объекты в библиотеку, получим БД библиотечных объектов ArchiCAD геодезических куполов. БД GeoDome имеет иерархический тип, в которой представлены объекты типа предок и потомок.

БД GeoDome реализована в виде библиотеки ArchiCAD. Эта библиотека представляет собой набор папок и внешних файлов, которые можно использовать в проектах. Библиотечные элементы содержат геометрические модели геодезических оболочек. Элементы библиотеки являются GDL – объектами. Они могут добавляться в проект с

использованием специального инструмента Объект. Для библиотеки GeoDome создан файл библиотечного контейнера LibraryGeoDome3.0.lcf. Библиотечные контейнеры содержат целые библиотеки с их структурой.

В библиотеке представлены в виде библиотечных объектов ArchiCAD следующие классы на основе икосаэдра: I1; 3, I1; 4, I1; 5, I1; 6, I1; 6,4, I2; P3, I2; P4, I2; P5, I2; P6, I2; 3, I2; 4, I2; 5, I2; 6, I2; 6,4, I1; P3, I1; P4, I1; P5, I1; P6. Где используется следующая нотация: DN; {M|PM}, D – тип многогранника (I – икосаэдр), N – количество контуров (I1 – одноконтурный, I2 – двухконтурный), M – количество сторон многоугольника (3 – треугольный, 4 – четырёхугольный, 5 – пятиугольный, 6 – шестиугольный), P – признак наличия пирамиды (P3 – треугольное основание, P4 – четырёхугольное основание, P5 – пятиугольное основание, P6 – шестиугольное основание).

БД GeoDome имеет открытую архитектуру, то есть допускает дополнение новыми классами геодезических оболочек. Перед включением в БД библиотечных объектов, реализующих новые классы геодезических оболочек необходимо выполнить их проверку. Процесс дополнения БД геодезических куполов должен включать следующие действия: создание в ArchiCAD нового 3D объекта на основе нового повторно используемого компонента, сохранение объекта в VRML, устранение ошибок в геометрических моделях объектов.

Разработав проект с геодезическим куполом можно представить его в 3D окне. При этом можно использовать аксонометрические и перспективные проекции объектов, нанесение штриховок и рисунков текстур на поверхности объектов в 3D изображении. Можно выполнить построение фотоизображений, нанесение рисунков текстур на фотоизображениях, так же можно создавать видеоролики.

Для решения первой задачи в ArchiCAD был разработан проект выставочного павильона с перекрытием в виде геодезического купола с использованием параметрического объекта класса I1; 6 (одноконтурный с шестиугольными пластинами). Внешний вид павильона представлен на Рис. 1.

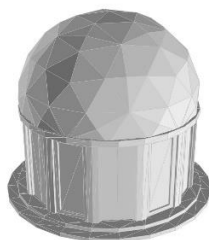

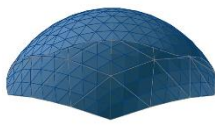
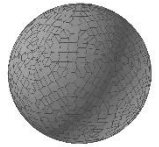
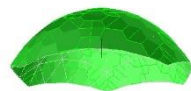
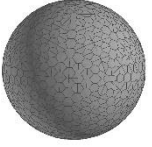
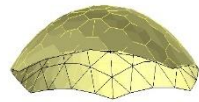

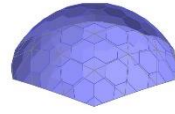


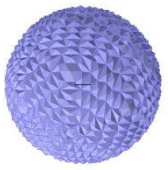
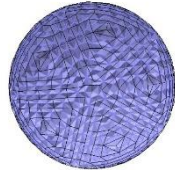

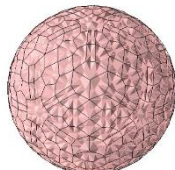

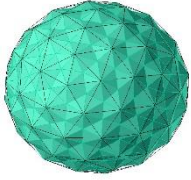


Рис. 1. Визуализация павильона с геодезическим куполом в ArchiCAD.

Fig. 1. Visualization of a pavilion with a geodesic dome in ArchiCAD.

Таблица 1. – Состав БД GeoDome
Table 1. The contents of the GeoDome database

Номер	Одноконтурные		Двухконтурные	
	Описание	Изображение	Описание	Изображение
1	Класс I1;3 плоские треугольники		Класс I2;3 – внутренний 2 контур	
2	Класс I1;4 плоские четырёхугольники		Класс I2;4 – внутренний 2 контур	
3	Класс I1;5 плоские пятиугольники		Класс I2;5 внутренний 2 контур	
4	Класс I1;6 плоские шестиугольники		Класс I2;6 – внутренний 2 контур	
5	Класс I1;P3 трехгранные пирамиды		Класс I2;P3 – внешний 2 контур	
6	Класс I1;P4 – четырёхгранные пирамиды		Класс I2;P4 – внешний 2 контур	
7	Класс I1;P5 – пятигранные пирамиды		Класс I2;P5 – внешний 2 контур	
8	Класс I1;P6 шестигранные пирамиды		Класс I2;P6 – внешний 2 контур	

Далее решалась вторая задача - разработка 3D модели архитектурного ансамбля Нижегородской ярмарки, на территории которой предлагается разместить павильоны с использованием геодезических куполов в качестве перекрытий.

Макарьевская ярмарка была переведена из Макарьева в Нижний Новгород в 1816 году. Тогда же на левом берегу Оки развернулось строительство основных ярмарочных сооружений. Проект ярмарки был разработан архитектором А. Бетанкуром. Для создания трехмерной модели ансамбля нужно было определить координаты углов каждого строения относительно координат ХУ. Для этого использовалась карта бесплатного приложения ДубльГИС и 3Ds Max. Получили текстуру с картой.

Далее запустили 3Ds Max и рисовали в нем плоскость с размерами моделируемого ансамбля. Накладывали на плоскость текстуру и обводили сплайнами контуры зданий. Далее переходили на вкладку Modify, в Selection выбирали Vertex (вершины), выбрав каждую из вершин можно определить ее координаты относительно осей ХУ. Далее выполняли фотографирование фасадов здания Нижегородской ярмарки. Одна из фотографий главного фасада здания Нижегородской ярмарки приведена на Рис. 2. Далее выполняли обработку полученных изображений (исправление исходных данных, восстановление и ортопроецирование).



Рис. 2. Фотография главного фасада здания Нижегородской ярмарки.
Fig. 2. Photo of the main facade of the building of the Nizhny Novgorod Fair.

Далее выполняли моделирование зданий архитектурного ансамбля. Например, для главного здания выполнялось следующее. Создавался примитив Box, нужных размеров, он конвертировался в Editable Poly. Создавались на объекте дополнительные полигоны, путем разбиения ребрами. Полигоны должны находиться в тех местах, где будут располагаться: оконные и дверные проемы, карнизы, различные углубления или выступы. Далее выделялись нужные полигоны и функциями Extrude или Bevel выдавливались на определенное расстояние. По бокам окон этажа ставились цилиндры небольшой высоты и радиуса, конвертировались в Editable Poly. Выделялись 2 полигона основания и также выдавливались

Bevel'ом в разные стороны. В результате получалась колонна. Эта колонна замыкалась с двух сторон боксами, украшенными с помощью работы с Poly. Далее колонны копировались и расставлялись у каждого окна. Далее, добавлялись элементы архитектурного декора, сделанные аналогично. С помощью данных методов моделировались и остальные части Нижегородской ярмарки.

Далее выполнялось моделирование ландшафта и окружающих объектов. Затем было выполнено добавление в модель застройки 3D модели новых выставочных павильонов с перекрытиями в виде одноконтурных геодезических куполов, созданные в ArchiCAD и сохраненные во внешнем 3D формате.



Рис. 3. Визуализация ансамбля Нижегородской ярмарки с новыми выставочными павильонами.

Fig. 3. Visualization of the ensemble of the Nizhny Novgorod Fair with new exhibition pavilions.

Для разработки программы визуализации StereoViewer v3.1 использовалась система разработки Visual Studio и система трехмерной компьютерной графики DirectX [19]. Создавалось Direct3D устройство, которое необходимо для вывода изображения на экран. Он является представлением графической платы. Далее выполняется создание камеры, загружаются 3D модели из файлов X формата, инициализируется освещение, создаются матрицы сцены и матрицы преобразований.

Процесс визуализации 3D сцен может быть выполнен в 2 режимах (3D и стереорежим). В первом случае для визуализации используется непрограммируемый графический конвейер, который состоит из следующих этапов: выполнение преобразований вершин, связывание вершин и получение полигонов, текстурирование и использование материалов, растеризация. Процесс визуализации 3D сцен начинается вызовом метода BeginScene(). Далее идет рисование методом DrawMesh(). Далее идет метод EndScene(), который завершает сцену.

Во втором случае, используется программируемый графический конвейер, при использовании которого применяют программы шейдеров. Шейдеры – это программы на языке HLSL (high-level shading language) для DirectX, с

помощью которых можно моделировать различные материалы, цветовые эффекты, огонь, дым, туман, воду, тени. На этапе преобразований вершин используют Vertex Shaders, а на этапе растеризации Pixel Shaders [20].

Данная программа способна отображать 3D модель X формата в 3D режиме и стерео-режиме (метод анаглифов red-cyan), устанавливать величину стереобазиса, открывать 3D модели, представленные в X формате, сохранять изображения 3D моделей в bmp формате, выполнять перемещение камеры (вперед - назад), выполнять повороты 3D модели. Например, на Рис. 4. представлен новый торговый павильон Нижегородской ярмарки с использованием геодезического купола в стерео-режиме.

Для конвертирования разработанной 3D модели в X формат, понятный для программы просмотрщика использовалась программа Deep Exploration компании Right Hemisphere. Сначала требуется экспортировать модель из 3Ds Max'a в понятный для Deep Exploration формат 3ds, затем выполнить экспорт в X формат.

Выполнив визуализацию архитектурного ансамбля, совмещающего историческую застройку и новые сооружения, можно принять обоснованное решение о возможности обновления архитектурной среды.

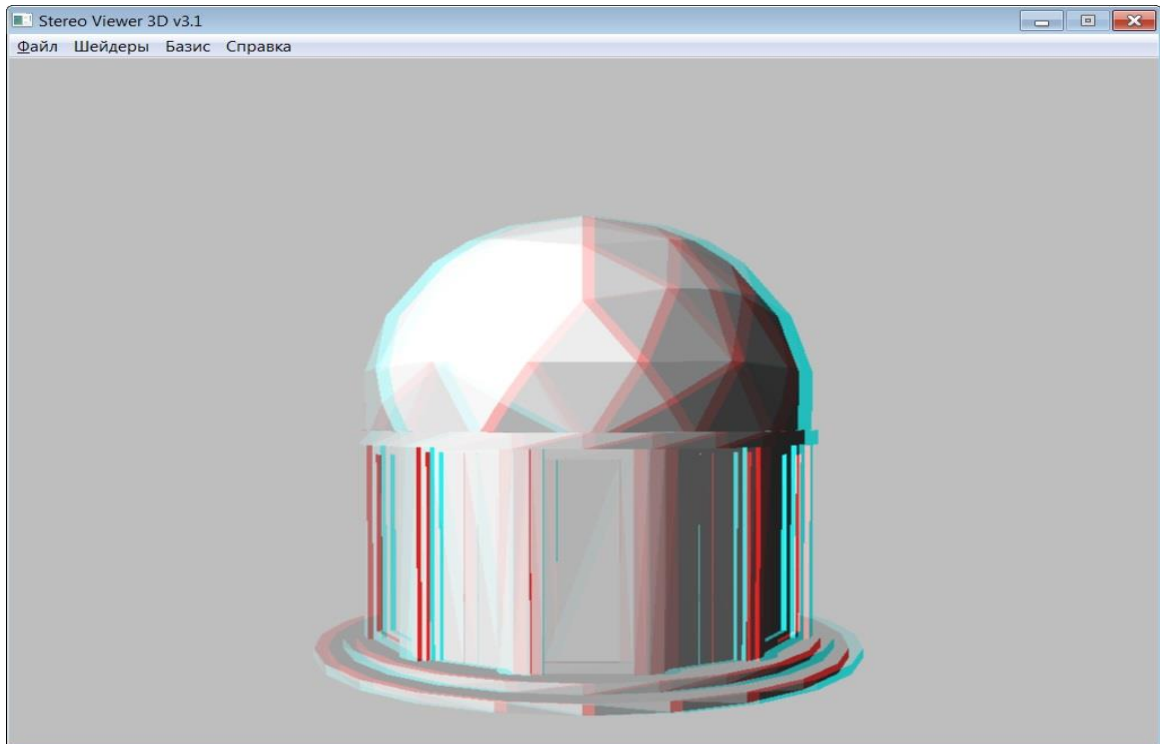


Рис. 4. Новый торговый павильон Нижегородской ярмарки с использованием геодезического купола.
Fig. 4. New trade pavilion of the Nizhny Novgorod Fair using a geodesic dome.

ВЫВОДЫ

Таким образом, решена задача создания виртуального проекта нового здания или сооружения с использованием библиотеки параметрических объектов геодезических оболочек GeoDome, написанной на языке программирования GDL, встроенном в ArchiCAD. Разработан проект в САД системе ArchiCAD новых выставочных павильонов с использованием в качестве перекрытий геодезических куполов. Решена задача создания трехмерной модели исторической застройки, включающей исторические здания с использованием методов фотограмметрии и 3D реконструкции в трехмерном редакторе. Решена задача визуализации новой архитектурной среды, включающей как историческую застройку, так новые здания и сооружения с использованием методов визуализации трехмерного редактора и дополнительной программы – просмотрщика 3D моделей. С использованием данной методики можно эффективно решить проблему размещения нового строительного объекта в существующей застройке, включающей объекты культурного наследия. Для этого применяются технологии информационного моделирования зданий (ТИМ), которые можно использовать как для нового строительства, так и для исторических зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G.G. Kashevarova, A.E. Semina, S.V. Maksimova. Intelligent and digital technologies in the construction objects technical diagnostics. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 17(2) 22–33 (2021) DOI:10.22337/2587-9618-2021-17-2-22-33.
2. Кашина И.В., Шульга Д. А. Применение концепции “город под куполом” в градостроительных целях, при проектировании большепролетных зданий и сооружений. *Строительство и техногенная безопасность*. № 12(64) – 2018 С. 17-22.
3. Eastman, C., 2007. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, first ed. Wiley, New Jersey.
4. Boeykens, S., Santana Quintero, M., Neuckermans, H., 2008. Improving architectural design analysis using 3D modelling and visualization techniques. In: Ioannides, A.A. M., Georgopoulos, A., Kalisperis, L. (Eds.), *VSM 2008, Digital Heritage – Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, (On CDROM).
5. Tse, T.K., Wong, K.A., Wong, K.F., 2005. The utilisation of building information models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers. *Journal of Information Technology in Construction*, ITcon 10, Special Issue From 3D to nD modelling, pp. 85–110.
6. C. Bianchini, C. Inglese, A. Ippolito. The role of BIM (Building Information Modeling) for representation and managing of built and historic

artifacts. DISEGNARECON volume 9 / n.16 - giugno 2016 <http://disegnarecon.univaq.it>.

7. A. K. Almaimani, N. O. Nawari BIM-Driven components library for Islamic Facilities (BIM-IF). *Visualization in Engineering* (2017) 5:6 pp.1 -12.

8. M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia. Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 76 (2013) 89–102. [dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006).

9. Kovacic. I, Oberwinter, L, Müller. C, Achammer. C. (2013). The “BIM-sustain” experiment - simulation of BIM-supported multi-disciplinary design. *Visualization in Engineering*, 1, 13. pp. 1-11.

10. M. E. Dos, A. Y. Yigit, M. Uysal. Documenting historical monuments using smartphones: a case study of Fakh Dede Tomb, Konya. *Mersin Photogrammetry Journal* – 2021; 3(2); 53-60 DOI: 10.53093/mephoj.1026039.

11. A. Miceli, M. Morandotti, S. Parrinello. 3D survey and semantic analysis for the documentation of built heritage. The case study of Palazzo Centrale of Pavia University. *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability* · June 2020 64-81 DOI: 10.4995/vitruvio-ijats.2020.13634.

12. A. N. Andres, F. B. Pozuelo. Evolution of the architectural and heritage representation. *Landscape and Urban Planning* 91 (2009) 105–112. [doi:10.1016/j.landurbplan.2008.12.006](https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.006).

13. A. Koutsoudis, F. Arnaoutoglou, C. Chamzas. On 3D reconstruction of the old city of Xanthi. A minimum budget approach to virtual touring based on photogrammetry. *Journal of Cultural Heritage* 8 (2007) 26-31 [doi:10.1016/j.culher.2006.08.003](https://doi.org/10.1016/j.culher.2006.08.003).

14. Hilfert T., König M. Low-cost virtual reality environment for engineering and construction. *Visualization in Engineering* (2016) 4:2 - pp. 1-18.

15. Edwards. G., Li. H., Wang. B. (2015). BIM based collaborative and interactive design process using computer game engine for general end-users. *Visualization in Engineering*, 3:4 pp. 1-17.

16. Jadidi H., Ravanshadnia M., Hosseinalipour M., Rahmani F. Step-by-step construction site photography procedure to enhance the efficiency of as-built data visualization: a case study. *Visualization in Engineering* (2015) 3:3 - pp. 1-12.

17. Crolla K. Building indeterminacy modelling – the ‘ZCB Bamboo Pavilion’ as a case study on nonstandard construction from natural materials. *Visualization in Engineering* (2017) 5:15 - pp.1-12.

18. Лахов А. Я., Лахов К. А. Трансляция геометрических моделей одноконтурных геодезических куполов из ArchiCAD в нейтральный STEP формат. *Строительство и техногенная безопасность* №21(73) – 2021. С. 107-114. DOI: 10.37279/2413-1873-2021-21-107-114.

19. Фленов М.Е. DirectX и C++. Искусство программирования. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 384 с.

20. Горнаков С.Г. Инструментальные средства программирования и отладки шейдеров в DirectX и OpenGL. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 256 с.

REFERENCES

1. G.G. Kashevarova, A.E. Semina, S.V. Maksimova. Intelligent and digital technologies in the construction objects technical diagnostics. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*, 17(2) 22–33 (2021) DOI:10.22337/2587-9618-2021-17-2-22-33.

2. Kashina I.V., Shul'ga D. A. Primenenie koncepcii “gorod pod kupolom” v gradostroitel'nyh celyah, pri proektirovanii bol'sheproletnyh zdaniy i sooruzhenij.[Application of the "city under a dome" concept for urban planning purposes, in the design of large-span buildings and structures] *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'* [Construction and industrial safety] № 12(64) – 2018 pp. 17-22. (In Russian).

3. Eastman, C., 2007. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, first ed. Wiley, New Jersey.

4. Boeykens, S., Santana Quintero, M., Neuckermans, H., 2008. Improving architectural design analysis using 3D modelling and visualization techniques. In: Ioannides, A.A. M., Georgopoulos, A., Kalisperis, L. (Eds.), VSMM 2008, Digital Heritage – Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia, (On CDROM).

5. Tse, T.K., Wong, K.A., Wong, K.F., 2005. The utilisation of building information models in nD modelling: a study of data interfacing and adoption barriers. *Journal of Information Technology in Construction*, ITcon 10, Special Issue From 3D to nD modelling, pp. 85–110.

6. C. Bianchini, C. Inglese, A. Ippolito. The role of BIM (Building Information Modeling) for representation and managing of built and historic artifacts. DISEGNARECON volume 9 / n.16 - giugno 2016 <http://disegnarecon.univaq.it>.

7. A. K. Almaimani, N. O. Nawari BIM-Driven components library for Islamic Facilities (BIM-IF). *Visualization in Engineering* (2017) 5:6 pp.1 -12.

8. M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia. Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 76 (2013) 89–102. [dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006](https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006).

9. Kovacic. I, Oberwinter, L, Müller. C, Achammer. C. (2013). The “BIM-sustain” experiment - simulation of BIM-supported multi-disciplinary design. *Visualization in Engineering*, 1, 13. pp. 1-11.

10. M. E. Dos, A. Y. Yigit, M. Uysal. Documenting historical monuments using smartphones: a case study of Fakh Dede Tomb, Konya. *Mersin Photogrammetry Journal* – 2021; 3(2); 53-60 DOI: 10.53093/mephoj.1026039.

11. A. Miceli, M. Morandotti, S. Parrinello. 3D survey and semantic analysis for the documentation of built heritage. The case study of Palazzo Centrale of Pavia University. *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability* · June 2020 64-81 DOI: 10.4995/vitruvio-ijats.2020.13634.
12. A. N. Andres, F. B. Pozuelo. Evolution of the architectural and heritage representation. *Landscape and Urban Planning* 91 (2009) 105–112. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.12.006.
13. A. Koutsoudis, F. Arnaoutoglou, C. Chamzas. On 3D reconstruction of the old city of Xanthi. A minimum budget approach to virtual touring based on photogrammetry. *Journal of Cultural Heritage* 8 (2007) 26-31 doi:10.1016/j.culher.2006.08.003.
14. Hilfert T., König M. Low-cost virtual reality environment for engineering and construction. *Visualization in Engineering* (2016) 4:2 - pp. 1-18.
15. Edwards. G., Li. H., Wang. B. (2015). BIM based collaborative and interactive design process using computer game engine for general end-users. *Visualization in Engineering*, 3:4 pp. 1-17.
16. Jadidi H., Ravanshadnia M., Hosseinalipour M., Rahmani F. Step-by-step construction site photography procedure to enhance the efficiency of as-built data visualization: a case study. *Visualization in Engineering* (2015) 3:3 - pp. 1-12.
17. Crolla K. Building indeterminacy modelling – the ‘ZCB Bamboo Pavilion’ as a case study on nonstandard construction from natural materials. *Visualization in Engineering* (2017) 5:15 - pp.1-12.
18. Lakhov A.Y., Lakhov K.A. Translyaciya geometricheskikh modelej odnokonturnyh geodezicheskikh kupolov iz ArchiCAD v nejtral'nyj STEP format. [Translation of geometric models of single-contour geodesic domes from ArchiCAD into a neutral STEP format] . *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'* [Construction and industrial safety] №21 (73) – 2021. pp. 107-114. (In Russian). DOI: 10.37279/2413-1873-2021-21-107-114.
19. Flenov M.E. DirectX и C++. *Iskusstvo programmirovaniya* [Art of programming] – Saint Petersburg: BHV-Petersburg- 2006. – 384 p. (In Russian).
20. Gornakov S.G. Instrumental'nye sredstva programmirovaniya i otladki shejderov v DirectX и OpenGL [DirectX and OpenGL shader programming and debugging tools] – Saint Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. – 256 p. . (In Russian).

APPLICATION OF GEODOME LIBRARY OF GEODESIC DOME PARAMETRIC OBJECTS IN BUILDING INFORMATION MODELING

Lakhov¹ A.Y., Lakhov² K.A.

¹ Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, 65 Ilinskaya str., Nizhny Novgorod, e-mail– alakhov99@gmail.com

² Lobachevsky National Research State University of Nizhny Novgorod , Nizhny Novgorod, 23 Gagarina ave., bldg. 1, e-mail– kirill.9992@gmail.com

Abstract. A description of the concept of Building Information Modeling (BIM) technology is presented. BIM is used at the stages of virtual modeling of buildings, construction and operation. If a new building object is located in an existing historical building environment, then there is a problem of maintaining a balance between new and historical architecture. To solve this problem, it is proposed to solve the task of creating a virtual parametric design of a new building, the task of creating a 3D model of historical buildings and the task of visualizing a new architectural environment and a new building. The description of the library of parametric objects of geodesic domes and shells GeoDome Library, written in the GDL programming language built into ArchiCAD, is given. The description of the method of 3D reconstruction of historical buildings, including the study of the object and photography, image processing, photogrammetry and 3D modeling in the 3DS Max, is given. The StereoViewer program has been developed for visualizing geometric models of buildings in X format. As an example, a description of the using of this approach to the issues of adding new exhibition pavilions with ceilings in the form of geodesic single-contour domes to the ensemble of the Nizhny Novgorod Fair is given. The architectural ensemble of the Nizhny Novgorod Fair was reconstructed with the addition of new pavilions. The visualization of the new architectural environment was carried out to make a decision on the feasibility of the proposed changes.

Key words: building information modeling, library of geodesic domes parametric objects, 3D reconstruction of historical buildings, visualization of a new architectural environment, stereo visualization of a new building.

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ЗОНИРОВАННЫХ АППАРАТОВ С БЫСТРОХОДНЫМИ МЕШАЛКАМИ

Урецкий¹ Е. А., Николенко² И.В., Мороз³ В. В.

- ¹ Республиканское унитарное предприятие (РУП) Белорусский государственный проектный институт «БелГПИ» г. Витебск, Пушкина, 6 Республика Беларусь. 210602
e-mail: euretsky@yandex.by
- ² ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского», Институт «Академия строительства и архитектуры», 295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181.
e-mail: nikoshi@mail.ru
- ³ Учреждение образования «Брестский государственный технический университет» 224017 Республика Беларусь г. Брест, ул.Московская, 267
e-mail: vovavall@mail.ru

Аннотация. Разработана математическая модель процесса кинетики сорбции в процессе агрегирования сорбирующих частиц. На основании ранее разработанной математической модели кинетики агрегирования сорбирующих частиц созданы, исследованы и внедрены зонированные аппараты с быстроходными мешалками, которые позволили совместить в одном объёме три стадии усреднение, смешения и реакции обработки сточных вод, а также несколько технологических процессов с различными параметрами их проведения. Аппараты внедрены на базовом предприятии Брестский электромеханический завод (БЭМЗ). Внедрение таких аппаратов позволило в несколько раз уменьшить объём химической аппаратуры технологических линий при сохранении их пропускной способности и эффективности очистки сточных вод, а также высвободить производственные площади, ранее занимаемые проектными технологическими линиями

Предмет исследования. Повышение пропускной способности и снижение металло- и энергоёмкости стандартных химических аппаратов с быстроходными мешалками за счёт их зонирования.

Материалы и методы исследования. В работе проведены экспериментальные исследования зонированных стандартных химических аппаратов с быстроходными мешалками с помощью функции распределения времени пребывания (РВП) с применением малогабаритных смесительных устройств.

Результаты. При проведении экспериментальных исследований установлена возможность совмещения в одном объёме химического аппарата трёх стадий усреднение, смешения и реакции обработки сточных вод, а также нескольких технологических процессов с различными параметрами их проведения.

Выводы. По результатам выполненных опытно экспериментальных исследований на базовом предприятии (БЭМЗ) внедрён зонированный аппарат для проведения физико-химических процессов, который позволяет многократно уменьшить металло- и энергоёмкость химического оборудования при одновременном сохранении эффективности очистки сточных вод, а так же снизить потребность в производственных площадях для размещения технологических линий.

Ключевые слова, pH, химический реактор, структура потоков, механические мешалки, статический смеситель, химические реагенты.

ВВЕДЕНИЕ

Емкостные аппараты с механическим перемешивающими устройствами, как известно из [1-7], являются стандартным оборудованием, которые используют в промышленности в качестве химических реакторов и, в частности, для проведения процессов реагентной очистки сточных вод. Анализ конструкций аппаратов с мешалками, показывает, что технологические возможности их могут быть значительно усилены за счёт их зонирования. Такой подход позволит не только совместить в одном объёме несколько технологических процессов с различными параметрами их проведения, а также уменьшить число единиц оборудования в технологической линии, при этом не снижая эффективность химического процесса. Но для правильного выбора конструкции зонированного аппарата одним из необходимых условий для, определения его объёма и производительности, обеспечивающих заданную степень превращения вещества, необходимо знать реальную гидродинамическую обстановку. Однако

она даже в стандартных аппаратах с мешалками недостаточно изучена. Поэтому в настоящее время вместо описания гидродинамической обстановки в объёме аппарата чаще всего используют экспериментальные методы исследования структуры потоков в аппаратах с мешалками на основе анализа информации, полученной с помощью различных модельных представлений о распределении времени пребывания частиц жидкости в аппарате и т. д.

Целью данной статьи является, разработка математической модели кинетики агрегирования сорбции в процессе агрегирования сорбирующих частиц при интенсивном перемешивании сточных вод, которая совместно с ранее разработанной математической моделью процесса сорбционного извлечения компонентов тонкодисперсными сорбентами при интенсивном перемешивании раствора, позволит создать зонированные химические аппараты с проведением соответствующих исследований по интенсификации их работы [7, 8].

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
КИНЕТИКИ СОРБЦИИ В ПРОЦЕССЕ
АГРЕГИРОВАНИЯ СОРБИРУЮЩИХ
ЧАСТИЦ.**

Математическая модель процесса сорбционного извлечения компонентов тонкодисперсными сорбентами при интенсивном перемешивании раствора представлена в работах [8, 9]. Эта модель может быть применена к рассматриваемому процессу. Отличие заключается в изменении размера сорбирующих частиц взвеси за счёт агрегирования. Опишем эту модель. Она включает уравнение баланса

$$C(t) = C_0 - \frac{m}{V} a(t), \quad (1)$$

где $C(t)$ и $a(t)$ – концентрации компонентов в жидкой и твёрдой фазах соответственно, рассчитанные на единицу объёма фазы в жидкости с объёмом V_c , $C_0 = C(0)$ – концентрации сорбируемого компонента в момент $t = 0$.

Кинетика сорбции включает две стадии: внешнедиффузионную и внутридиффузионную. Каждая из них имеет характерный масштаб времени τ . Для внешней диффузии $\tau_e = \Gamma / \beta$, для внутренней, $\tau_i = R^2 / D$, где Γ – коэффициент распределения в системе сорбент – раствор, β – коэффициент внешней диффузии, D – коэффициент внутренней диффузии. Коэффициент β рассчитан на единицу объёма сорбента поэтому связан с введенным в (1) коэффициентом β_n соотношением:

$$\beta = D_e / (1 + \Gamma) \quad (2)$$

Величину коэффициента внутренней диффузии можно оценить по формуле [8]

$$D = \frac{D_e}{1 + \Gamma}, \quad (3)$$

где D_e – коэффициент диффузии в жидкости. Для оценок можно принять величину $D \cong 10^{-5}$ см²/с. Для оценки вклада указанных двух кинетических стадий вводится критерий H :

$$H = \frac{\tau_i}{\tau_e} = \frac{\beta R^2}{D \Gamma} \quad (4)$$

С учётом формул (2) и (3) величина критерия H принимает вид:

$$H = \frac{3\beta_n R}{D_e} \quad (5)$$

принято условие, что коэффициент распределения $\Gamma \gg 1$, очевидно выполняющееся в случае активно сорбируемых компонентов, для которых и имеет смысл данное рассмотрение.

В таблице 1 приведена зависимость коэффициента β_n и критерия H для частиц различных размеров.

Из данных таблицы следует, что для малых частиц взвеси (<1 мкм) лимитирующей стадией кинетики является внешняя диффузия ($H \sim 1$), а для частиц гидроокиси, превышающих размер 10 мкм, лимитирующей является внутренняя диффузия в частицах гидроокиси

Таблица 1. Зависимость кинетических параметров от размеров хлопьев взвеси
Table 1. Dependence of kinetic parameters on the size of suspended flakes

R, мкм	1	10	10 ²	10 ³
β_n , см/с	$6,8 \cdot 10^{-2}$	$3,16 \cdot 10^{-2}$	$1,47 \cdot 10^{-2}$	$0,68 \cdot 10^{-2}$
H	2,04	9,5	44,1	204

Для описания внутридиффузионной кинетики можно воспользоваться моделью регулярного режима Тихонова [8],

$$\frac{da}{dt} = \gamma(\Gamma C - a), \quad (6)$$

где γ – коэффициент массопередачи, $\gamma = \pi^2 D / R^2$ $\lambda = \pi^2 D / R^2$, или с учётом (7) $\gamma = \pi^2 D_e / (\Gamma R^2)$. Используя ранее разработанную авторами математическую модель процесса сорбционного извлечения компонентов

тонкодисперсными сорбентами при интенсивном перемешивании раствора [11], запишем (6) в виде

$$-\frac{dc}{dt} = \frac{\pi^2 D_e m^2}{VR^2} \left[C - \frac{V}{m\Gamma} (c^0 - C) \right] \quad (7)$$

В уравнение (7) входят два параметра $\gamma = m\Gamma / V$ и $\tau = VR^2 / (\pi^2 D_e m)$.

Параметр γ характеризует равновесные свойства системы: при достижении равновесия концентрации в жидкой и твёрдой фазах соответственно равны:

$$c_{\infty} = (1 + \gamma)^{-1}, \quad a_{\infty} = \Gamma c_0 / (1 + \gamma) \quad (8)$$

Второй параметр характеризует кинетику процесса. При интегрировании уравнения (7) следует учесть, что происходит укрупнение частиц в соответствии [8]. Введём характерное время τ_i

внутридиффузионной стадии кинетики, соответствующее началу процесса сорбции

$$\tau_i = \frac{VR_0^2}{\pi^2 D_e m} \quad (9)$$

Решение уравнения (7-11) с очевидным условием $C(0) = C_0$ и зависимостью (5) для укрупнения частиц имеет вид:

$$\frac{c_0}{C_0} = \frac{1}{1 + \gamma} + \frac{\gamma}{1 + \gamma} \exp \left[\frac{(1 + \gamma^{-1})}{\alpha \tau_i (1 - n_1)} - \frac{(1 + \gamma^{-1})}{\alpha \tau_i (1 - n_1)} * (1 + \alpha t)^{1 - n_1} \right], \quad (10)$$

где $n_1 = 2,5$, $\alpha = A/Ro^5$. Заметим, что при $t \rightarrow \infty$ получим выражение для C_{∞} и a_{∞} .

Решение (10) является трёхпараметрическим: параметр α характеризует эффективность процесса агрегирования частиц, параметр τ_i характерное время внутренней диффузии, γ равновесно-сорбционный параметр, характеризующий допустимую глубину очистки раствора.

Для анализа уравнения (10) выпишем решение (7) при условии, что частицы взвеси имеют постоянный размер

$$\frac{C}{C_0} = \frac{1}{1 + \gamma} + \frac{\gamma}{1 + \gamma} \exp \left[- \frac{t(1 + \gamma^{-1})}{\tau_i^*} \right], \quad (11)$$

где характерное время $\tau_i^* = VR^2 / (\pi^2 D_e m)$ величин постоянная.

Если при постоянном размере частиц происходит линейное изменение времени в показателе \exp , то в (10) изменение более медленное (показатель степени 3/5).

Для малых времён в формуле (11) получим:

$$\frac{c}{C_0} \cong \frac{1}{1 + \lambda} + \frac{\gamma}{1 + \gamma} \exp \left[- \frac{t(1 + \gamma^{-1})}{\tau_i} \right]$$

т.е. сорбция идёт по закону (11), где радиус частиц взвеси – минимальный и равен Ro . Величина Ro – условная.

Очевидно, что $Ro < 1$ мкм, следовательно, на этой стадии лимитирующей является внешняя диффузия (данные таблицы для $R = 1$ мкм). Это значит, что наиболее интенсивная сорбция проходит в зоне коагуляции, когда вследствие интенсивного смешения образуются очень мелкие хлопья. Здесь лимитирует сорбцию внешняя диффузия, поэтому, чем интенсивнее перемешивание, тем эффективнее сорбция. Затем, по мере агрегирования частиц, скорость сорбции резко снижается, процесс извлечения тем медленнее, чем крупнее агрегаты, т.е. чем больше величина α .

На основании проведенных теоретических исследований было установлено:

- ускорение процесса сорбционного извлечения достигается путём интенсивного перемешивания в реакторе-смесителе в зоне смешения. Для этого должны быть подобраны мешалки, обеспечивающие максимальную турбулизацию потока;

- крупные агрегаты гидрозоль (1 мкм и более) имеют очень медленную кинетику сорбции, поэтому высота реактора-смесителя должна выбираться такой, чтобы размер хлопьев не превышал ~ 1 мм;

- интенсивное перемешивание крупных агрегатов не имеет смысла, т.к. происходит их измельчение и десорбция;

- в реакторе целесообразно иметь две зоны – с максимальной турбулизацией и – умеренной турбулизацией;

- ввод растворов веществ, концентрацию которых необходимо снизить за счёт сорбции, должен производиться в первую зону;

- допустимая степень турбулизации во второй зоне тем больше, чем ниже концентрация сорбента

С целью экспериментальной проверки выводов, полученных в теоретических исследованиях процессов сорбции, агрегирования и массообмена, было проведено исследование структуры потоков в секционированных аппаратах.

ОСНОВНОЙ ЧАСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Описание установки. Для проведения экспериментов была собрана конструкция по а.с. 1098194 [10] и изготовлен аппарат на базе стандартного емкостного аппарата показанного на рис. 1.

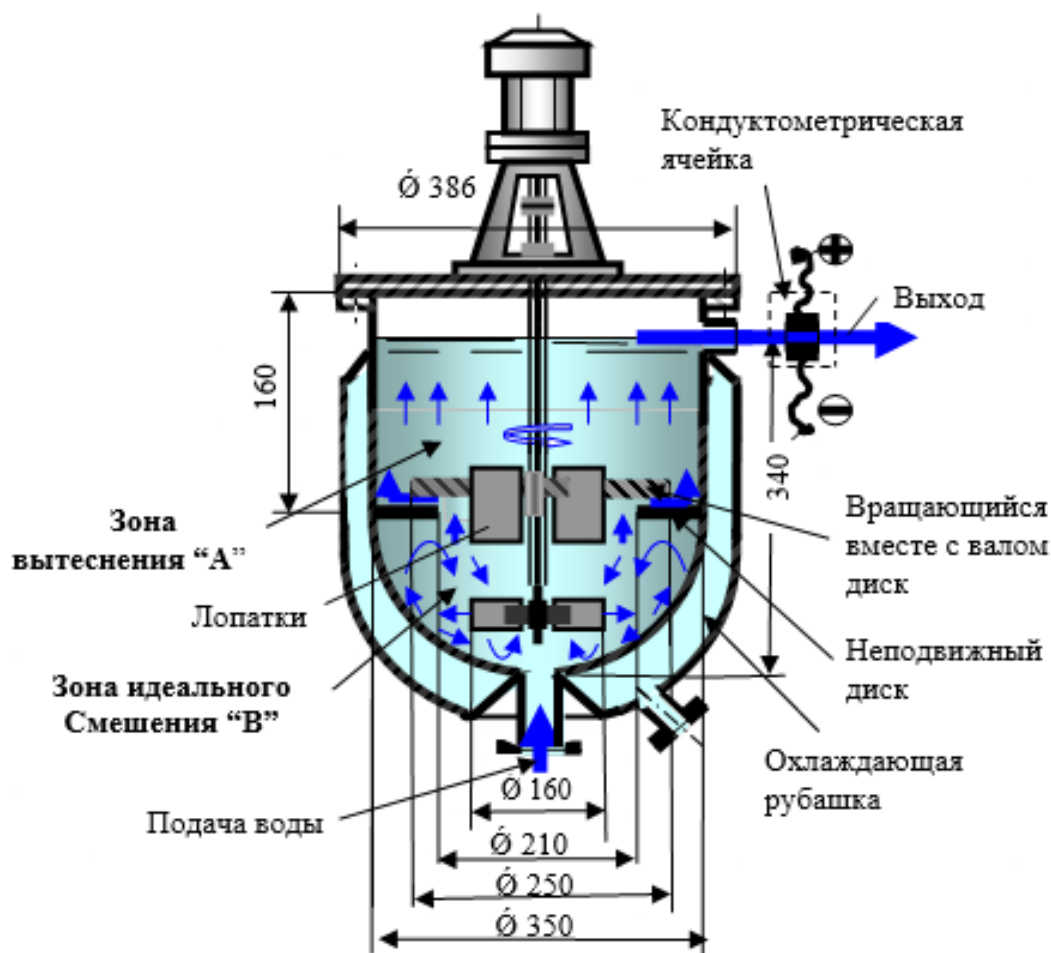


Рис. 1. Стандартный химический аппарат с турбинной мешалкой емкостью 25 л, дооборудованный устройствами согласно А.С. 1098194 [10]

Fig. 1. Standard chemical apparatus with a turbine agitator with a capacity of 25 l, retrofitted with devices according to Author's Certificate 1098194 [10]

Данный аппарат снабжен четырехлопастной мешалкой турбинного типа, делающей 48 об/мин, и секционирован дисками с 4-мя лопастями. В отличие от повсеместно применяемых реакторов, этот реактор имеет две зоны. В зоне «А» с помощью быстроходной мешалки создается режим идеального смешения. В этой зоне в основном завершается реакция нейтрализации, а также процессы гидролиза и сорбции органических и минеральных загрязнений на начинающихся формироваться мелких хлопьях гидрокомплексов. Зона «А» отделяется от зоны «В» вращающимся диском, свободно посаженным на валу. В зоне «В» создается режим вытеснения, причём интенсивность перемешивания может регулироваться с помощью лопаток, которые могут перемещаться относительно вращающегося диска

вверх-вниз, от вала к валу. Вращение диска осуществляется за счёт изменения «парусности» лопаток. Опытным путём подбирается такой режим смешения в зоне «В», который обеспечивает формирование крупных, хорошо оседающих в осветлителях хлопьев.

Методика проведения экспериментов и обработка данных. При изучении структуры потоков ввод жидкости осуществляется через нижний штуцер аппарата, а кондуктометрическая ячейка располагается на уровне перелива, как показано на схеме лабораторной установки (рис.1) Кривые отклика снимались индикаторным методом. В качестве индикатора был выбран раствор соли KCl , который вводился импульсно перед нижним штуцером аппарата. Полученные кривые отклика показаны на рис. 2-4,

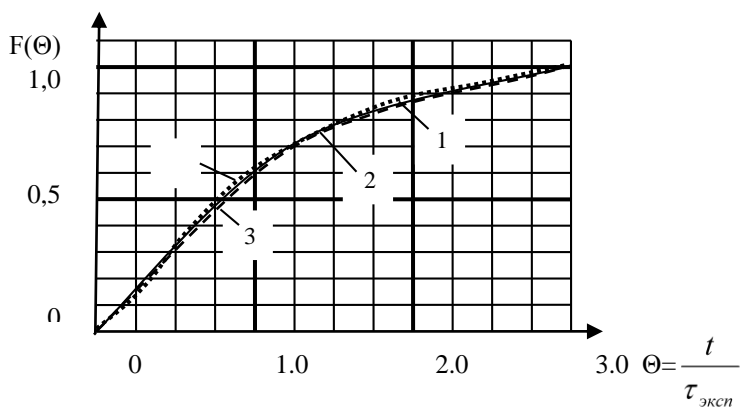


Рис. 2. Безразмерная кривая отклика аппарата $V = 25$ л с турбинной мешалкой 48 об/мин эксп.75 (1); Эксп. 76 (2) при подаче жидкости снизу, а выходе – на переливе; эксп. 80 (3), когда ввод индикатора осуществлялся через центробежный смеситель типа «улитки».

Fig. 2. Dimensionless response curve of the apparatus $V = 25$ l with a turbine agitator 48 rpm exp.75 (1); Exp. 76 (2) when liquid is supplied from below, and the outlet is at the overflow; exp. 80(3) when the indicator was introduced through a snail-type centrifugal mixer.

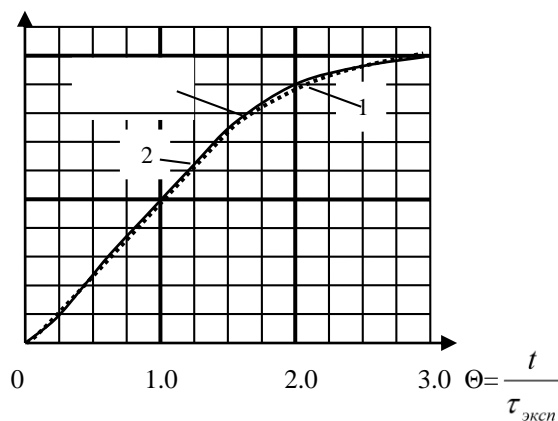


Рис. 3. Безразмерная кривая отклика ячейечной модели с неравными ячейками $m=\tau_1/\tau_2$ в секционированном аппарате $V = 25$ л с турбинной мешалкой (48 об/мин) эксп.73 (1), эксп. 74 (2) при подаче жидкости снизу, а выходе – на переливе

Fig. 3. Dimensionless response curve of a cell model with unequal cells $m=\tau_1/\tau_2$ in a sectioned apparatus $V = 25$ l with a turbine agitator (48 rpm) exp.73 (1), exp. 74 (2) when liquid is supplied from below, and the outlet is at the overflow

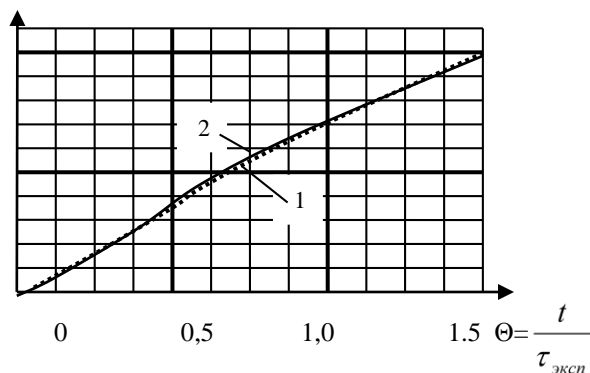


Рис. 4. Безразмерная кривая отклика аппарата $V = 25$ л с турбинной мешалкой (48 об/мин) эксп.72 (1), 71 (2) при подаче жидкости снизу, а выходе – на переливе

Fig. 1. Dimensionless response curve of the apparatus $V = 25$ l with a turbine agitator (48 rpm) exp.72 (1), 71 (2) when liquid is supplied, and the result is on overflow

Условия эксперимента вместе с полученными данными после обработки сведены в таблицу 2

Таблица 2. Параметры структуры потоков в секционированном аппарате $V = 25$ л с турбинной мешалкой по а.с. 1098194

Table.2. Parameters of the flow structure in a sectioned apparatus $V = 25$ l with a turbine agitator according to copyright certificate 1098194

№№ эксперимента	Исходные данные			Результаты обработки				Особенности эксперимента
	q_v , л/мин	V , л	τ_{i1} , мин	t_l , мин	$\alpha = \frac{\tau_{эксп}}{\tau_i}$	σ^2	H	
71	1,9	26	15	4 0	2,8	0,704	0,336	Диск не уплотнен
72	1,8	27		34	2,3	0,617	0,314	
73	1,6	24	14,5	12,5	0,87	0,470	0,277	Диск уплотнен втулкой на валу мешалки
74	1,0	24	14,5	13	0,90	0,500	0,281	
75	1,6	27	17	12	0,70	0,657 0,558	0,326	Без диска с одной мешалкой
76	1,6	27	17	11	0,65		0,307	
80	1,4	24,8	18,1	12	0,68	0,549	0,303	Ввод через «улитку»

Как видно из табл. 2, первые эксперименты (75, 76), проведенные на аппарате без разделительного диска, а только с мешалкой, позволили обнаружить, что в данной конструкции значение величины $\alpha = \frac{\tau_{эксп}}{\tau}$

мало ($\alpha = 0,65 - 0,70$).

Это свидетельствует о том, что, несмотря на интенсивное перемешивание, не происходит достаточного смешения индикатора с водой и часть его без перемешивания поступает на выход.

Попытка интенсификации процесса смешения вещества на входе путем присоединения высокоэффективного центробежного смесителя типа "улитка" (эксп. 80) не дала положительных результатов, о чём свидетельствует низкое значение ($\alpha = 0,66$) и, как видно из рис. 2, где представлены кривые отклика (эксп. № 80, 75, 76), они практически одинаковы. То есть можно сделать вывод, что качество смешения вещества в аппарате в основном определяется перемешивающим устройством.

Эксперименты с разделяющим диском рис. 4 (71, 72) показали, что в данном случае значение величины велико ($\alpha = 2,3-2,8$), причем отмечается большой разброс данных. Этот разброс данных свидетельствует о том, что распределение входящего в аппарат вещества происходит медленно.

Для устранения этого эффекта на вал мешалки была установлена уплотняющая втулка, к которой и крепился разделяющий диск. Обработка кривых отклика в этом случае рис. 3 (экс. 73, 74) позволила получить значения $\alpha = 0,87-0,90$, что свидетельствует о хорошем (но не "идеальном") смешении входящего в аппарат вещества, которое происходит в нижней зоне мешалки (под диском), а в верхнюю зону уже поступает перемешанное вещество.

Незначительное отклонение α от 1 можно объяснить тем, что в данной конструкция из-за приподнятости диска это неизбежно,

незначительная часть потока перетекает в верхнюю зону.

С точки зрения модели структуры потоков значения σ^2 и H соответствуют двухзональной модели неравного объема с параметром $\tau_1/\tau_2 = 0,60$, которой отвечает кривая отклика, показанная вместе с экспериментальными кривыми на рис. 3, ясно видно хорошее совпадение данных.

Необходимо отметить, что соотношение объемов нижней зоны (до диска) к верхней (выше диска) зоне аппарата (рис. 1) :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{9,8\text{л}}{14\text{л}} = 0,7$$

Т.е. получилось точное соответствие модели геометрическим размерам аппарата.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Секционирование аппаратов улучшило структуру потоков со всех сторон. Так, с одной стороны улучшилось качество смешения входящего потока, что следует из высокого значения $\alpha = \tau_{эксп}/\tau_l$ с другой стороны произошло улучшение структуры потоков, с точки зрения приближения её к модели идеального вытеснения.

На основании проведённых исследований, был разработан и внедрен на базовом предприятии Брестском электромеханическом заводе принципиально новый хический аппара, емкостью 12,5 м³, оборудованный турбинной мешалкой выполненный в соответствии с А.С. 1098194 [10]. Принцип его работы аналогичен химическому аппарату с турбинной мешалкой дооборудованному устройствами согласно А.С. 1098194, изображенному на рис. 1.

Дальнейшее развитие конструкции зонированных аппаратов нашло в устройств для проведения физико-химических процессов, показанном на рис. 5 [11].

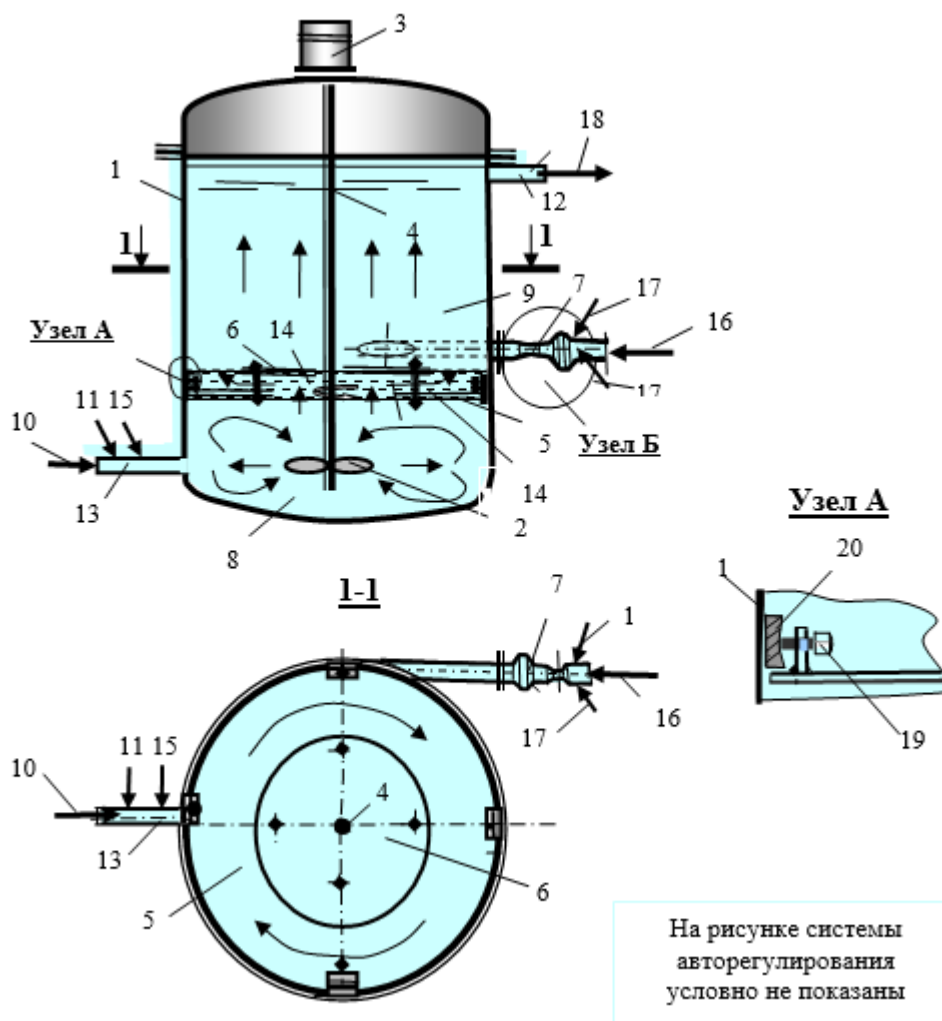


Рис. 5. Узел 1. Устройство для проведения физико-химических процессов (Пат. на полезную модель ВУ 10812) [11]:

1 – корпус, 2 – пропеллерная мешалка; 3 – двигатель с редуктором; 4 – вал; 5 – нижняя кольцевая перегородка; 6 – верхняя кольцевая перегородка; 7 – вихревой смеситель (Пат. №4810); 8 – нижняя зона (реактор-смеситель); 9 – верхняя зона (реактор-вытеснитель и камера хлопьеобразования), 10 – смесь хром- и ЛКМ - содержащих сточных вод; 11 – бисульфит натрия (NaHSO_3); 12 – отводящий патрубок; 13 – подводящий патрубок; 14 – промежуточная зона; 15 – кислый раствор; 16 – подача сточных вод на нейтрализацию; 17 – нейтрализующий раствор; 18 – отвод нейтрализованных сточных вод. 19- прижимной болт; 20 – пластина

Fig. 5. Node 1. Device for carrying out physical and chemical processes (Pat. for utility model ВУ 10812) [11]:

1 - housing, 2 - propeller mixer; 3 - engine with gearbox; 4 - shaft; 5 - lower annular partition; 6 - upper annular partition; 7 - vortex mixer (Pat. No. 4810); 8 - lower zone (reactor-mixer); 9 - upper zone (displacement reactor and flocculation chamber), 10 - a mixture of chromium and paintwork materials - containing wastewater; 11 - sodium bisulfite (NaHSO_3); 12 - outlet pipe; 13 - inlet pipe; 14 - intermediate zone; 15 - acidic solution; 16 - supply of wastewater for neutralization; 17 - neutralizing solution; 18 - removal of neutralized wastewater. 19- clamping bolt; 20 - plate

Промывные сточные воды содержащие хром и лакокрасочные материалы (ЛКМ) 10, через подводящий патрубок 13 подаются в нижнюю зону 8 корпуса устройства 1. Нижняя зона 8 представляет собой реактор-смеситель. В эту же зону также направляется реагент – восстановитель (бисульфит натрия) 11 и раствор кислоты 15. В этой зоне в кислой среде осуществляется восстановление шестивалентного хрома до трёхвалентного и деструкция части органических загрязнений сточных вод, содержащих ЛКМ. Из зоны 8 по мере поступления в неё сточной жидкости обработанная

смесь передавливается в промежуточную плоскопараллельную зону 14, которая находится между верхней 6 и нижней 5 горизонтальными кольцевыми перегородками. Вращение жидкости в этой зоне осуществляется жидкостью зоны 8. Далее из зоны 8 кислая смесь жидкости направляется в верхнюю зону 9 на нейтрализацию и хлопьеобразование. Использование этой конструкции позволяет сократить до минимума количество технологического оборудования (смесители, реакторы, камеры хлопьеобразования)

за счёт объединения их функций в объёме одного аппарата без уменьшения эффективности

Верхняя зона аппарата 9 связана с вихревым смесителем 7, посредством которого в неё тангенциально подается предварительно смешанный с нейтрализующим раствором поток кислотно-щелочных сточных вод 16. Эта зона совмещает в себе реактор–вытеснитель и хлопьеобразователь. Дополнительное смешивание сточных вод в ней осуществляется как за счёт тангенциального ввода обрабатываемой смеси 16, а также вращающегося верхнего слоя жидкости, поступающей из промежуточной зоны 14 в зону 9. Обработанная в зоне 9 сточная вода с сформированными хлопьями через отводящий

патрубок 12 направляется в осветлитель. Использование этой предлагаемой конструкции позволяет сократить до минимума количество технологического оборудования (смесители, реакторы, камеры хлопьеобразования) за счёт объединения их функций в одном объёме без уменьшения эффективности и производительности и не менее чем вдвое снизить металло- и энергоёмкость, а также уменьшить потребность в производственных площадях для его размещения.

Для предварительной гомогенизации потоков, поступающих в реактор, устройство дооборудовано вихревым смесителем (патент на полезную модель ВУ 4810), показанное на рис. 6 [12].

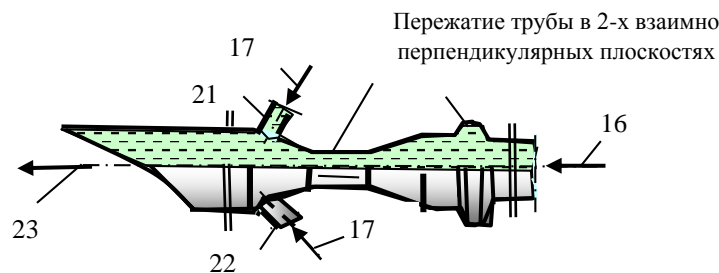


Рис. 6. Узел Б. Фрагмент вихревого смесителя (патент на полезную модель ВУ 4810):
16 – подача сточных вод на нейтрализацию 17 – нейтрализующие растворы; 21, 22 – патрубки для ввода реагентов; 23 - подача сточных вод в устройство для проведения физико-химических процессов

Fig. 1. Node B. Fragment of a vortex mixer (utility model patent ВУ 4810):
16 - supply of wastewater for neutralization; 17 - neutralizing solutions; 21, 22 - branch pipes for introducing reagents; 23 - supply of wastewater to a device for carrying out physical and chemical processes

Согласно рис. 6 поток сточных вод 16 поступает во входной тангенциальный патрубок (вихревой смеситель), который сплюснен в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Поток воды, проходя через сжатые овальные сечения, ускоряется и приобретает винтовой характер, чем достигается интенсивное смешение во всем объёме жидкости на выходе. Непосредственно перед входом в корпус 1 через насадки 21, 22, расположенные под углом к боковым сжатым сечениям, вводятся химические реагенты. Далее смесь воды и реагентов поступает в устройство для проведения физико-химических процессов, в котором завершается процесс перемешивания стоков и химических реагентов.

Степень сегрегации химических реагентов и обрабатываемых стоков при последовательном прохождении их через входной тангенциальный патрубок 7 в верхнюю зону устройства 9 составляет не менее 95%, как показали исследования, представленные в работе [12].

Таким образом, организация такого сочетания стадий перемешивания потоков в широком диапазоне расходов стоков и химических реагентов, приближает состояние перемешиваемой среды в аппарате с мешалкой к модели идеального смешения.

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модели кинетики сорбции в процессе агрегирования сорбирующих частиц. в которой установлено что:

- ускорение процесса сорбционного извлечения достигается путём интенсивного перемешивания в реакторе-смесителе в зоне смешения. Для этого должны быть подобраны мешалки, обеспечивающие максимальную турбулизацию потока;

- крупные агрегаты гидрозоля (1мкм и более) имеют очень медленную кинетику сорбции, поэтому высота реактора-смесителя должна выбираться такой, чтобы размер хлопьев не превышал ~ 1мм;

- интенсивное перемешивание крупных агрегатов не имеет смысла, т.к. происходит их измельчение и десорбция;

- в реакторе целесообразно иметь две зоны – с максимальной турбулизацией и – умеренной турбулизацией;

- ввод растворов веществ, концентрацию которых необходимо снизить за счёт сорбции, должен производиться в первую зону;

- допустимая степень турбулизации во второй зоне тем больше, чем ниже концентрация сорбента

2. Разработан, исследован и внедрён на БЭМЗ зонированный аппарат для очистки сточных вод [10]. В первой зоне высокой тубулетности этого аппарата возможно проведение стадии усреднения

отдельных видов сточных вод, смешения их с реагентами и проведения химических реакций. Во второй зоне низкой турбулентности возможно смешение всех видов сточных вод с реагентами, проведенной реакции их нейтрализации и хлопьеобразования

3. Для предварительной гомогенизации потоков, поступающих в реактор, устройство дооборудовано вихревым смесителем (патент на полезную модель ВУ 4810 [11]), обеспечивающее степень сегрегации химических реагентов и обрабатываемых стоков при последовательном прохождении их через входной тангенциальный патрубок в верхнюю зону устройства 9 не менее 95%.

4. Расчеты с помощью специально разработанных инженерных программ показали, что в зонированных аппаратах с перемешивающими устройствами при незначительных доработках стандартных аппаратов с быстроходными мешалками можно существенно интенсифицировать процессы обезвреживания промышленных сточных вод. При этом время пребывания обрабатываемых стоков в аппарате становится при той же производительности без ухудшения качества обрабатываемых сточных вод в 8...10 раз меньше, чем времена пребывания, установленные нормами СНиПами и ТУ [6, 8]

Авторы настоящей публикации продолжают исследования по дальнейшему совершенствованию технологического оборудования очистки сточных вод и его внедрению в промышленное производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технический справочник по обработке воды: в 2 т. Дегремон: Пер. с фр. – СПб. Новый журнал, 2007.
2. Очистка промышленных сточных вод: пер. с нем. – СПб: Новый журнал, 2012. - 384 с.
3. Справочник по современным методам и технологиям очистки природных и сточных вод и оборудованию / ДАНСБЕ, отдел по Восточной Европе. -Копенгаген. - 2001. - 253 с.
4. Разработка и внедрение новой бессточной и безотходной технологической системы водного хозяйства защитных покрытий приборо- и машиностроения. т.1. Материалы, выдвинутые на соискание Премии Совмина СССР в области науки и техники. 1989 г.
5. Урецкий Е.А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий. Монография. - Брест, изд-во БГТУ, 2007, -396 с.
6. Гогина Е.С., Гуринович А.Д, Урецкий Е.А. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водотведения: Справочное пособие. - М.: Изд-во АСВ. - 2012. - 312 с.
7. Евгений Урецкий. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных

предприятий. Монография- изд-во LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2014 -360 с.

8. Теоретические исследования процессов сорбционной и фильтрационной очистки сточных вод гальванического производства от растворённых и взвешенных примесей. Отчёт АН СССР. Ин-т геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. Брестский электромеханический завод. Москва, Брест, 1984 г.

9. Совершенствование схем действующих очистных сооружений на предприятиях отрасли и повышение уровня их эксплуатации Техн. отчёт по НИР 01 -36-51-02 Шифр “ Внедрение-89. Руководитель темы Урецкий Е.А. ”, Москва, Брест. 1990.

10. Урецкий Е.А. и др. Устройство для реагентной обработки промышленных сточных вод; Авт. Свидетельство/; заявитель Брестский электромеханический завод – № 1098194, заявл. 24.12.82: приоритет изобретения 15.02.84 / Государственный реестр изобретений СССР.

11. Урецкий Е.А., Мороз В.В. Устройство для проведения физико-химических процессов: Пат./; Заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № u 20150026 ; заявл 26.01.2015 ; опубл. 19.03.2015 / Гос. реестр полезн. моделей. 2007. - 1696 с.

12. Урецкий Е.А., Мороз В.В., Дмухайло Е.И. Вихревой аппарат: пат. 4810 Респ. Беларусь /; заявитель Брестский гос. техн. ун-т. – № u 20080317; заявл 16.04.2008; опубл. 04.08.2008 / Гос. реестр полезн. моделей.

REFERENCES

1. Technical guide to water treatment: in 2 volumes: Degremon: per. from fr. - St. Petersburg. New magazine, 2007.
2. Purification of industrial waste water: per. with him. - St. Petersburg: New Journal, 2012.384 p.
3. Handbook of modern methods and technologies for natural and waste water treatment and equipment / DANСБЕ, Department for Eastern Europe. - Copenhagen. - 2001. - 253 p.
4. Development and implementation of a new drainless and waste-free technological system for water management of protective coatings for instrumentation and machine building. v.1. Materials nominated for the Prize of the USSR Council of Ministers in the field of science and technology. 1989
5. Uretsky E.A. Resource-saving technologies in the water management of industrial enterprises. Monograph. - Brest, publishing house of BSTU, 2007, - 396 p.
6. Gogina E.S., Gurinovich A.D., Uretsky E.A. Resource-saving technologies for industrial water supply and water disposal: a reference guide. - M.: Publishing House of the Association of Construction Universities of the Russian Federation, 2012. - 312 p.
7. Evgeny Uretsky. Resource-saving technologies in the water management of industrial enterprises. Monograph - LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany, 2014 -360

8. Theoretical studies of the processes of sorption and filtration wastewater treatment of galvanic production from dissolved and suspended impurities. Report of the Academy of Sciences of the USSR. Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry. IN AND. Vernadsky. Brest Electromechanical Plant. Moscow, Brest, 1984

9. Improving the schemes of existing treatment facilities at the enterprises of the industry and increasing the level of their operation Technical report 01-36-51-02 Code "Introduction-89. Head of the theme Uretsky E.A. ", Moscow, Brest. 1990.

10. Uretsky et al. Device for chemical treatment of industrial wastewater; Auth. Certificate/; applicant Brest Electromechanical Plant - No. 1098194, applicant.

12/24/82: invention priority 02/15/84 / State Register of Inventions of the USSR.

11. E. A. Uretsky and V. V. Moroz. Device for carrying out physical and chemical processes: Pat. /; applicant Brest state. tech. un-t. – No. u 20150026; declared 26.01.2015 ; publ. 03/19/2015 / State. register is useful. models. 2007. 1696 p.

12. E. A. Uretsky, V. V. Moroz, E.I. Dmukhailo. Vortex apparatus: Pat. 4810 Rep. Belarus /; applicant Brest state. tech. un-t. – No. u 20080317; declared 04/16/2008; publ. 08/04/2008 / State. register is useful. models.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ZONED APPARATUS WITH FAST SPEED ADDERS

Uretskiy¹ E. A., Nikolenko² I.V., A. P., Moroz³ V. V.

¹. Republican unitary enterprise Belarusian state design institute "Belgpi" vitebsk, pushkin, 6, Republic of Belarus. 210602
E-mail: euretsky@yandex.by

². V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation
E-mail: nikoshi@mail.ru

³. Educational institution "brest state technical university" 224017 Republic of
Belarus, Brest, moskovskaya str., 267
E-mail: vovavall@mail.ru

Abstract. A mathematical model of the process of sorption kinetics in the process of aggregation of sorbing particles has been developed. Based on it and the mathematical model of the kinetics of aggregation of sorbing particles previously developed by the authors of the article, zoned apparatuses with high-speed mixers were created, investigated and implemented. They made it possible to combine three stages of averaging in one volume. mixing and wastewater treatment reactions, as well as several technological processes with different parameters for their implementation. The devices were introduced at the base enterprise Brest Electromechanical Plant (BEMZ). The introduction of such devices made it possible to reduce the volume of chemical equipment of technological lines several times while maintaining their throughput and efficiency of wastewater treatment, as well as to free up production areas previously occupied by design technological lines

Subject of study. Increasing the throughput and reducing the metal and energy consumption of standard chemical apparatuses with high-speed mixers due to their zoning.

Materials and research methods. In this work, experimental studies of zoned standard chemical apparatuses with high-speed stirrers using the residence time distribution function (RTD) using small-sized mixing devices were carried out.

Results. During experimental studies, the possibility of combining three stages of averaging in one volume of the chemical apparatus was established. mixing and reaction of wastewater treatment, as well as several technological processes with different parameters for their implementation.

Conclusions. According to the results of experimental studies carried out at the base enterprise (BEMZ), a zoned apparatus for carrying out physical and chemical processes was introduced, which makes it possible to repeatedly reduce the metal and energy consumption of chemical equipment while maintaining the efficiency of wastewater treatment, as well as reduce the need for production space for placement of technological lines.

Key words: pH, chemical reactor, flow structure, mechanical stirrers, static mixer, chemical reagents.

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННЫХ СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Абдали Л. М.¹, Исса Х. А.², Аль–Малики М.Н.³, Кувшинов В.В.⁴, Бекиров Э.А.⁵

¹ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, РФ, laith_2210@yahoo.com

²ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, РФ haeder.issa84@gmail.com

³ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, г. Севастополь, РФ, hassamal817@gmail.com

⁴ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет», Институт ядерной энергии и промышленности, ул. Курчатова, 7, г. Севастополь, РФ, 299015, kuvshinov.vladimir@gmail.com

⁵ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. Вернадского», Физико-технический институт, г. Симферополь, РФ, bekirov.e.a@cfuv.ru

Аннотация: Предложен инновационный гибридный блок микрогенерации на основе возобновляемых источников энергии, который был разработан для полной интеграции в специализированную светодиодную систему уличного освещения. Ключевой особенностью этой новой системы является размещение нескольких ветровых турбин в самой конструкции установки, также фотоэлектрическая панель интегрирована для выработки электроэнергии. Электричество генерируется оборудованием преобразования энергии вместе с устройством хранения, которое обеспечивает освещение даже в безветренные ночи. Основное применение этого проекта – автономное уличное освещение, но также возможен вариант с подключением к сети, что делает систему совместимой с концепциями микросетей. Установлен натуральный прототип системы генератора освещения. Моделирование программы Matlab было использовано для проверки рабочего состояния предлагаемой системы для гибридной входной мощности и напряжения батареи. Проведенные исследования показали значительную эффективность выработки электрической энергии при использовании в ветровой и солнечной установках системы контроля параметров и аккумулирования энергии. Использование гибридной ветро-солнечной системы позволяет эффективно управлять генерацией электрической энергии для поддержания необходимых значений мощности в локальной сети, а также управлением по току, частоте и напряжению. При применении предложенных гибридных систем значительно увеличиваются энергетические характеристики установок, возрастает генерация и способность с аккумулировать значительное количество электрической энергии. Возможности повышения эффективности работы ветро-солнечных гибридных систем преобразования энергии ветрового потока и солнечной радиации помогут значительному увеличению экологической составляющей при работе больших энергокомплексов в крупных городах и курортно-рекреационных системах.

Предмет исследования. Энергетические характеристики комбинированных ветро-солнечных установок, используемых для обеспечения уличного освещения.

Материалы и методы. В данной статье выполняется моделирование гибридной системы, состоящей из солнечной фотоэлектрической системы, ветряного генератора. Были применены высокоточные и быстро реагирующие методы для максимального отслеживания мощности и управления в ветряных турбинах. Рекомендуемая система была смоделирована в различных условиях солнечного излучения и изменение скорости ветра.

Результаты. Разработана и исследована гибридная система фотоэлектрических и ветроэнергетических установок, связанных с энергосистемой, с целью обеспечения системы освещения, активной мощности и компенсации реактивной мощности.

Выводы. Проведенные исследования показали значительное увеличение эффективности выработки электрической энергии при использовании в ветровой и солнечной установках системы контроля параметров и аккумулирования энергии и результаты моделирования показывают значительную эффективность системы управления, улучшении качества электроэнергии за счет обеспечения нагрузки реактивной мощностью. Соответствующая скорость и точность представленных изменений, и отсутствие трансформаторов являются достоинствами предлагаемой системы. Кроме того, представленные мощности, необходимы для систем освещения при любых изменениях погоды, также проведенные исследования указывают на повышение надежности систем освещения.

Ключевые слова: ветро-солнечная гибридная установка, микрогенерация, система управления, уличное освещение, фотопреобразователи.

Введение

Проверкой исследований в области технологии микрогенерации возобновляемых источников энергии является удачное сочетание эффективности и городской интеграции. Действительно, область применения с наибольшим потенциалом находится в

городах, где сосредоточено большое количество мелких потребителей [1], очевидно, что в этом контексте решение установки инновационных электростанций становится важным фактором для успеха проектов [2,3]. Энергия ветра и Солнца — это бесплатные и чистые источники, возможно, самая многообещающая альтернатива выработке энергии на ископаемом топливе. Эта идея в последние годы

лидирует на энергетическом рынке [4]. Однако, в частности, небольшие ветровые турбины должны сталкиваться с некоторыми проблемами, связанными с шумом, непостоянными ветрами и вибрационным воздействием [5], которое может возникнуть из-за высокой скорости вращения, типичной для небольших ветрогенераторов [6].

Установленные на зданиях ветровые турбины могут быть эффективными для получения электрической энергии, в связи с установкой их на большой высоте, где доступный воздушный поток сильнее [7]. Поэтому предпочтительнее использовать встроенную ветроэнергетику [8]. Тем не менее, уровень мощности этого типа установки серьезно ограничен структурной прочностью существующих зданий и передачей вибрации. Среди полей, готовых для подключения источников электроэнергии к нагрузке, есть наружное освещение [9].

Переносные осветительные приборы могут быть приспособлены для установки устройств, использующих возобновляемые источники энергии. Такие системы, особенно с питанием от фотоэлектрических панелей и батарей, в настоящее время повсеместно используются и доступны в продаже [10]. Основное их применение – освещение отдаленных территорий, они работают как автономные генерирующие установки. Есть некоторые коммерческие продукты, оснащенные как фотоэлектрическими, так и ветровыми турбинами с вертикальной или горизонтальной осью как показано на рис 1, например, те, которые указаны в справочных материалах [11]. В технологиях ветровых турбин с горизонтальной осью обычно используется более высокий коэффициент мощности. Однако в области микрогенерации их аэродинамическая эффективность снижается из-за отсутствия активного управления, в частности, в отношении ошибки рыскания и запуска [12]. Такие проблемы не связаны с технологиями ветровых турбин с вертикальной осью вращения, такими как тип Савониуса, которые становятся конкурентоспособными, особенно в условиях сильно изменчивого ветра [13].



Рис.1. Ветер, Солнце, Гибрид, Уличный свет, Светодиоды
Fig.1. Wind-Solar-Hybrid-Street-Light-LED

В существующих решениях обычно используются турбины с вертикальной осью, в основном типа Дарье, расположенные на вершине традиционных башен. Таким образом, энергоблоки кажутся геометрически отделенными от всего уличного фонаря. Берданье и др. представили в включение ветровой турбины типа Савониуса вместе с наклонной фотоэлектрической панелью в световой корпус прототипа светового столба [14]. Этот вариант также отличается наличием только одного ветрового ротора на вершине мачты.

Гибридная система

Блок-схема предлагаемой гибридной системы поясняется на рис. 2. Система состоит из многоконтактного повышающего преобразователя постоянного тока, трехфазного инвертора постоянного тока в переменный ток и трехфазной нагрузки переменного тока, подключенной к сети, а также имеет понижающий преобразователь, подключенный к входной цепи постоянного тока с аккумулятором и осветительным блоком. Активная и реактивная составляющая мощности сети и гибридных источников обмениваются через управление амплитудой и фазой выходного напряжения в инверторе и коэффициентом заполнения повышающего преобразователя [15]. Система управления обеспечивает переключение сигналов путем управления питанием источников постоянного тока (DC). Компоненты системы будут описаны в следующих разделах соответственно [16].



Рис. 2 Структурная схема предлагаемой гибридной системы

Fig.2. Block diagram of the proposed hybrid system

Постановка задачи исследования

Ветровая система

Для достижения максимальной мощности в ветровых системах скорость вращения ротора

турбины должна быть немедленно скорректирована с учетом скорости ветра. Большинство методов отслеживания точки максимальной мощности (ТММ) основаны на кривой максимальной точки ветровой турбины и профиле скорости ветра [17]. Предлагается новая стратегия, основанная на улучшенном методе отслеживания точки максимальной мощности для ветровой системы с переменной скоростью, основанной на улучшенном методе возмущений и наблюдений (P&O), с использованием синхронного генератора на постоянных магнитах (СГПМ).

Моделирование ветротурбины и ее характеристики

Если трением ротора пренебречь, механическая характеристика турбины может быть описана с помощью следующей формулы:

$$T_m - T_{Load} = j \frac{dw}{dt} \quad (1)$$

$$P_m = 0.5 \times C_p \times \rho \times A \times v_w^3 \quad (2)$$

где; T_m механический крутящий момент турбины, T_{load} крутящий момент нагрузки, j – инерция всей системы ветра, w (рад / с) - угловая скорость ротора, R (м) - радиус ротора, A (м²) - площадь подметания лопасти турбины, V_w (м / с) - скорость ветра, C_p - коэффициент использования мощности турбины, ρ (кг / м³) - плотность воздуха и P_m - мощность ротора. Отношение механической мощности, подаваемой турбиной, к мощности, имеющейся в воздушной массе, называется «коэффициент мощности (C_p)»:

$$C_p(\lambda, \theta) = C_1 \left(C_2 \frac{1}{\lambda} - C_3 \theta - C_4 \theta^x - C_5 \right) e^{-c_b \frac{1}{\lambda}} \quad (3)$$

Коэффициенты с первого по 6 и X могут отличаться для разных турбина. Параметр « $1 / \lambda$ » определяется следующим образом:

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda + 0.08\theta} - \frac{0,034}{1 + \theta^3} \quad (4)$$

Кривая коэффициента мощности с точки зрения скорости вершины лопатки для типичной турбины показана на рисунке 3 [18].

Выходная мощность турбины будет максимальной, когда C_p максимален. Это оптимальное значение C_p встречается при разных значениях λ , следовательно, если скорость ветра предполагается постоянной, значение C_p будет зависеть от скорости вращения ротора ветродвигателя [19]. Соответственно, выходная мощность турбины регулируется путем регулировки скорости вращения ротора. Кроме того, для данной скорости ветра существует только уникальная скорость вращения ротора, которая максимизирует мощность [20].

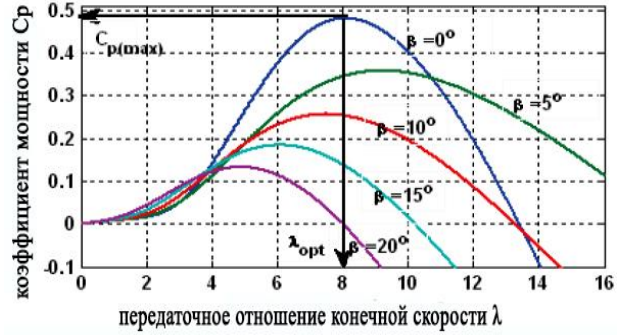


Рис.3. $C_p - \lambda$ спецификация ветродвигателя для разных значений угла наклона лопасти.

Fig. 3. $C_p - \lambda$ specification of the wind turbine for different values of the blade inclination angle.

Отслеживание максимальной мощности точки с переменным шагом

$C_p - \lambda$ спецификация ветродвигателя для заданной скорости ветра, механическая мощность турбины может быть выражена как функция напряжения постоянного тока [21]. Существует также оптимальный V_{dc} , который максимизирует выходную мощность генератора СГПМ. Переменный шаг для вариаций V_{dc} предполагается в улучшенном методе возмущения и наблюдения (IP & O) [22]. Это приводит к улучшению скорости сходимости и точности системы. Метод переменного шага работает по методу Ньютона-Рафсона. В этом методе корень функции оценивается с помощью следующего уравнения:

$$X_{n+1} = X_n - j \frac{F(X_n)}{F'(X_n)} \quad (5)$$

X_n - начальное значение X , $F(X_n)$ - значение функции в точке X_n , $F'(X_n)$ - производная функции в точке X_n [23].

Используя уравнение, шаг вариаций V_{dc} , (ΔV_{dc}) выражается как:

$$\Delta V_{dc} = \frac{F(X_{n+1})}{F'(X_{n+1})} = \frac{P(n+1) - P(n)}{grad(n+1) - grad(n)} \quad (6)$$

Следовательно, опорное напряжение вычисляется по следующему равенству:

$$V_{dcref}(n+1) = V_{dcref}(n) + \Delta V_{dc} \quad (7)$$

Используя переменные шаги, трекер Maximum Power Point быстрее сходится к максимальному значению мощности, и колебания мощности уменьшаются. Диапазон изменений ΔV_{dc} был ограничен. Предел ΔV_{dc} изменяется в зависимости от размера генератора и параметров конструкции системы [24].

Фотоэлектрический (PV) массив и ТММ

Фотоэлектрическая матрица определяется как группа из нескольких модулей, электрически соединенных последовательно-параллельными комбинациями для генерации требуемого тока и напряжения. Идеальный фотоэлектрический модуль может быть смоделирован как эквивалентная схема с одним диодом. Уравнение (8) представляет математическую зависимость между текущим I_{PV} модуля PV и другими соответствующими параметрами. На рисунке 4 показана эквивалентная схема с одним диодом, в том числе источник тока I_{ph} , подключенный антипараллельно диоду, в том числе последовательный резистор R_s и параллельный резистор R_p [25].

$$I_{PV} = (I_{PV,STC} + K_1 \Delta T) \frac{G}{G_n} \quad (8)$$

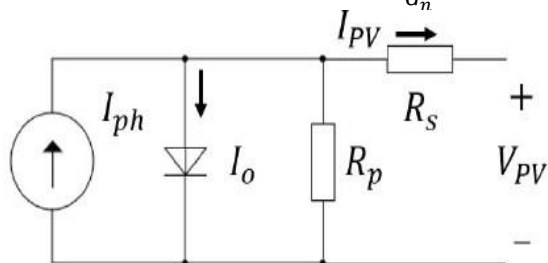


Рис.4. Эквивалентная схема фотоэлектрического (PV) модуля.

Fig.4. Equivalent circuit of a photovoltaic (PV) module.

Из уравнения (8) $I_{PV, STC}$ — это ток PV-модуля в стандартных условиях испытаний (STC), K_1 - температурный коэффициент тока, G - солнечное излучение, измеренное в Вт/м², а G_n - номинальное солнечное излучение (1000 Вт/м²). Из уравнения мы можем наблюдать прямо пропорциональную зависимость между G и $I_{PV, STC}$ в том, что чем выше освещенность (облучение), тем больше генерируется фотоэлектрический ток.

Однако, когда освещенность уменьшается из-за затенения, ток уменьшается. Кроме того, уравнение (9) представляет собой расчет напряжения холостого хода фотоэлектрического модуля (V_{OC}) [26]:

$$V_{OC} = V_{OC,STC} + K_V(T - T_{STC}) + aV_T \ln\left(\frac{G}{G_{STC}}\right) \quad (9)$$

где $V_{OC, STC}$ - напряжение холостого хода фотоэлектрического модуля, K_V - температурный коэффициент напряжения, T - температура, а T_{STC} - температура при STC (25 °C). Кроме того, a - постоянная идеальности диода и V_T - постоянная напряжения. В уравнении показано, что напряжение холостого хода изменяется как при облучении, так и при температуре; предполагая, что последний член уравнения (9) очень мал, уровень температуры является основной причиной изменения значения напряжения холостого хода PV. Аналогично, из уравнений (8) и (9) показано, что работа PV

изменяется в зависимости от облучения и температуры.

Чтобы разработать эффективный алгоритм ТММ, было проанализировано более 20 образцов характеристических кривых PV [27]. На рисунке 5 показаны последовательно соединенные фотоэлектрические модули с различными схемами облучения и температура.

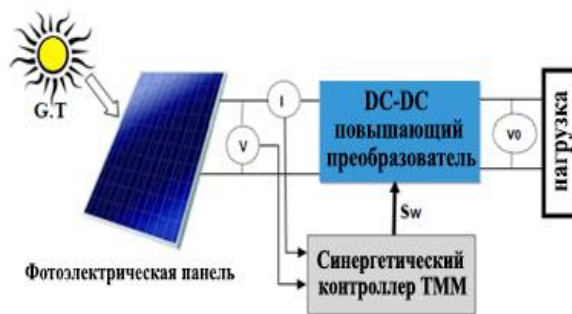


Рис. 5 Структурная реализация метода ТММ
Fig. 5. Structural implementation of the MPPT method

Описание системы управления

В предлагаемой системе операции основаны на обеспечении нагрузки системы освещения таким образом, чтобы всегда обеспечивалась необходимая мощность из-за важности освещения на улицах и трассах. Другим преимуществом подключения этой гибридной системы к электросети является обеспечение зарядки систем освещения на время дефицита энергии ветра и Солнца. Система управления спроектирована в соответствии с необходимыми соображениями распределения потребляемой мощности активной зарядки, а также обеспечения ее реактивной мощности, а надлежащее управление электронными преобразователями мощности в повышающем преобразователе фотоэлектрической и ветровой турбины напрямую контролируется рабочим циклом и регулированием звена постоянного тока. Напряжение регулируется на определенном значении в блоке управления системой максимального отслеживания мощности (ТММ) путем подачи импульса на переключатели S1 и S2 [28].

$$P = \frac{(V_{dc} M)V_g}{X 2^{0,5}} \sin \delta \quad (10)$$

$$Q = \frac{(V_{dc} M)V_g}{X 2^{0,5}} \cos \delta - \frac{V_g^2}{X} \quad (11)$$

Управление инвертором становится возможным благодаря управлению амплитудой и фазой выходного напряжения инвертора с целью обмена активной генерирующей мощностью гибридной системы и обеспечения реактивной мощности. В методе управления сдвигом фазы активная и реактивная мощности могут быть выражены через уравнения (10 и 11), параметр X — это реактивное

сопротивление инвертора при подключении к сети, где M и δ представляют коэффициент модуляции инвертора и угол мощности инвертора, соответственно. Как видно из этих уравнений, любое изменение значений M и δ будет влиять на мощности P_{inv} и Q_{inv} , что приведет к зависимости от этих двух параметров. Тем не менее доказано, что Q зависит от M , а P сильно зависит от δ [29].

Выходная активная и реактивная мощности инвертора соответственно контролируются путем регулировки δ и M для поддержания формы волны выходного тока инвертора в подходящем диапазоне стандартных критериев качества мощности, напряжение на звене постоянного тока конденсатора регулируется на фиксированном эталонном значении. Система освещения каждого полюса состоит из двух 12-вольтных батарей, соединенных последовательно, которые питают две 48-ваттные светодиодные лампы. Поскольку батареи напрямую подключены к низковольтной цепи постоянного тока понижающего преобразователя, требуемая опорная шина постоянного тока постоянно находится в определенном диапазоне напряжений ($22^B < \text{батарея} < 26^B$), и $S3$ контролирует напряжение в понижающем преобразователе.

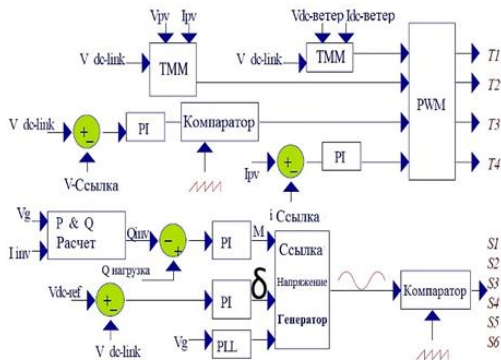


Рис. 6. Система управления для предлагаемой гибридной системы

Fig.6. The method of control technique for the hybrid system

Таблица 1 Режимы работы предлагаемой системы
Table 1 Operating modes of the proposed system

$P_{гибрид} > P_{батарея} + P_{нагрузка}$	Входная мощность может заряжать все батареи и обеспечивает нагрузку, а дополнительная мощность подводится к сети.
$P_{гибрид} = P_{батарея} + P_{нагрузка}$	Суммирование мощности всех устройств может заряжать все батареи и обеспечивает нагрузку.
$P_{гибрид} = P_{батарея}$	Только входная мощность может заряжать батареи, а сетка питает нагрузку.
$P_{гибрид} < P_{батарея}$	Входная мощность не может заряжать все батареи, поэтому сетка подает нагрузку и заряжает батареи.

Рассмотрим возможность управления схемой и основной задачей системы для повышения надежности системы освещения, как показано в таблице 1, исследуются четыре различных режима работы.

Результаты моделирования

Гибридный анализ ввода / вывода предлагаемой системы был смоделирован программой PSIM, и были проанализированы характеристики зарядного устройства. Моделирование имеет четыре блока диаграмм и включает энергию ветра, солнечную энергию и батарею, как показано на рис. 7. Скорость ветра и инсоляция имеют тесную взаимосвязь с производством энергии в гибридной энергосистеме ветра и Солнца. Поэтому характеристики предложенной системы были проанализированы путем изменения этих элементов. Основные условия использования энергии ветра и солнечной энергии показаны в таблице 2. Инсоляция и скорость ветра варьировались для анализа выходных характеристик фотоэлектрической и ветровой энергии и управления TMM.

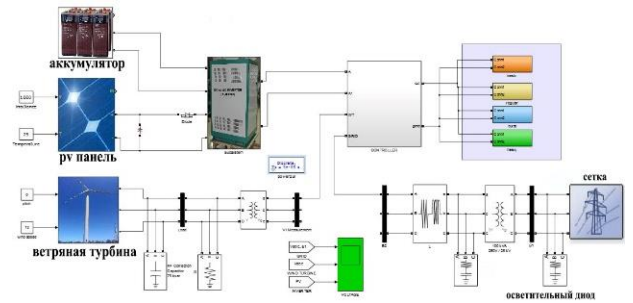


Рис. 7. Simulink гибридного фотоэлектрического / ветрового.

Fig.7. Simulink of hybrid PV/wind system.

Кроме того, были проанализированы изменения напряжения аккумулятора для зарядки аккумулятора, характеристики постоянного напряжения и постоянного тока. На рис. 8 представлены выходные характеристики системы. На рис. 8 (а) скорость ветра была изменена с 12 [м / с] на 10 [м / с], а на рис. 8 (b) инсоляция была изменена на 800 [Вт / м2] с 1000 [м. / с] при напряжении аккумулятора 24 [В].

В точке (а) на рис. 8 (а) скорость ветра изменяется. На этом этапе выходная мощность и ток ветра-генератора были снижены до 110 [Вт] с 300 [Вт] и до 4,23 [А] с 12,5 [А], соответственно. В точке (b) на рис.8 (b) инсоляция изменяется. На этом этапе выходная мощность и ток фотоэлектрических модулей были снижены до 60 [Вт] со 100 [Вт] и до 4,23 [А] с 12,5 [А], соответственно.

Таблица 2. Характеристики фотоэлектрического / ветрогенератора
Table 2. Characteristics of a photovoltaic / wind generator

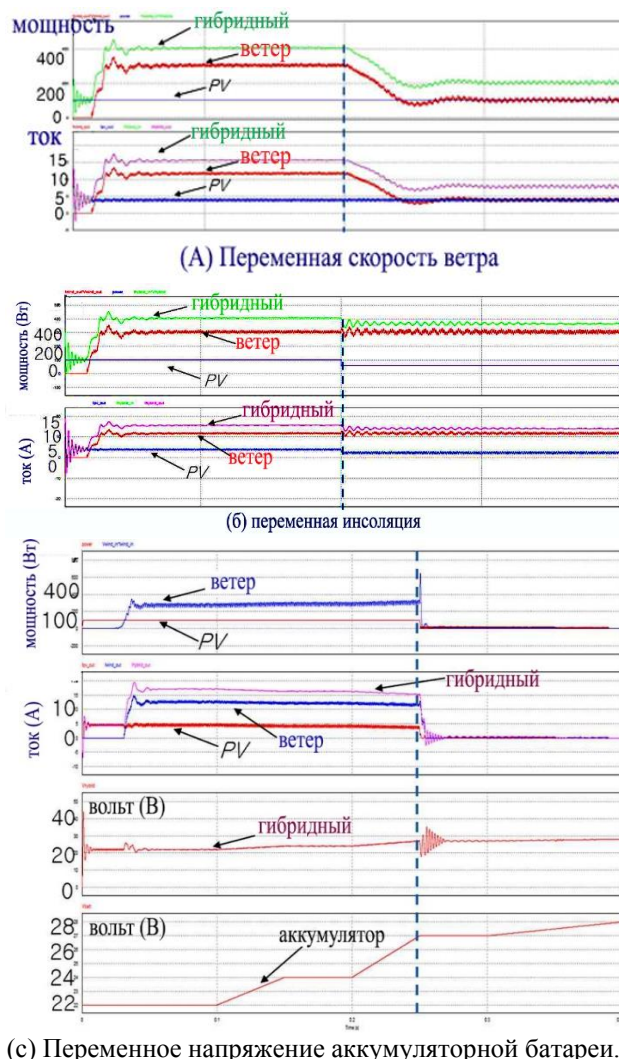
Фотоэлектрический модуль		Ветрогенератор Модель	
Модель	ESH -50 (Вт)	Модель	Суперветренны й 350 (Вт)
Напряжение Разомкнутой цепи	21 В	Номинальное напряжение / ток	24 (В) / 12 (А)
Ток короткого замыкания	3,5 А	Максимальная мощность	400 (Вт)
Максимальное напряжение питания	18 А	Начальная скорость ветра	3,5 (м/с)
Максимальный ток мощности	2,9 А	Номинальная скорость ветра	12,5 (м/с)
1000 Вт / м ² , воздушная масса = 1,5, темп. = 22°С		скорость ротора	500 - 1300 об/мин

На рис. 8(с) показаны выходные характеристики системы при изменении напряжения батареи с 23,8[V] до 28,0[V]. В точке (с) на рис. 8(с) напряжение батареи составляет 26,9[V]. В этот момент аккумулятор заряжается с постоянным контролем напряжения. 27,8[V] - это напряжение, при котором батарея полностью заряжена. Когда аккумулятор полностью заряжен, входной выключатель питания гибридной системы ветро-солнечной энергии отключается для защиты аккумулятора от перезаряда.

Результаты экспериментов

Прототип предлагаемой системы был построен и экспериментально протестирован, как показано на рис. 9. Условиями эксперимента являются скорость ветра (0-3м/с), инсоляция (400-800 Вт/м2), температура (20°С).

Результаты полевых испытаний показаны на рис. 10. На рис. 10 (а) показано напряжение от фотоэлектрических модулей, ветряных генераторов, батарей и светодиодного освещения. На рис. 10 (б) показаны их токи. Выходная мощность от каждого источника энергии показана на рис. 10 (с). Фотоэлектрический контроллер работал в режиме ТММ, отслеживая точку максимальной мощности фотоэлектрических модулей. Выходная мощность фотоэлектрических модулей увеличивалась с увеличением солнечной инсоляции.

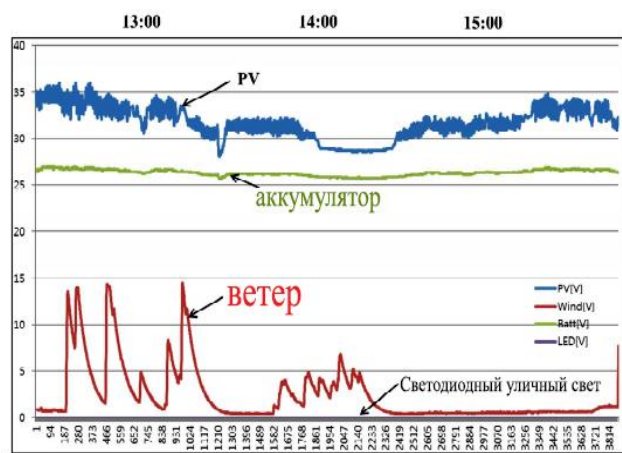


(с) Переменное напряжение аккумуляторной батареи.

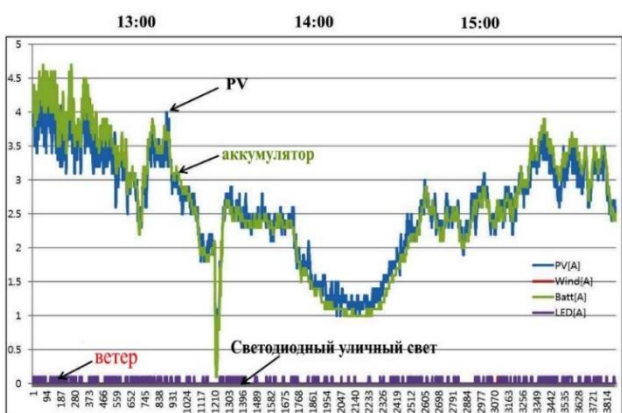
Рис. 8. Результат моделирования.
Fig.8.The simulation results.



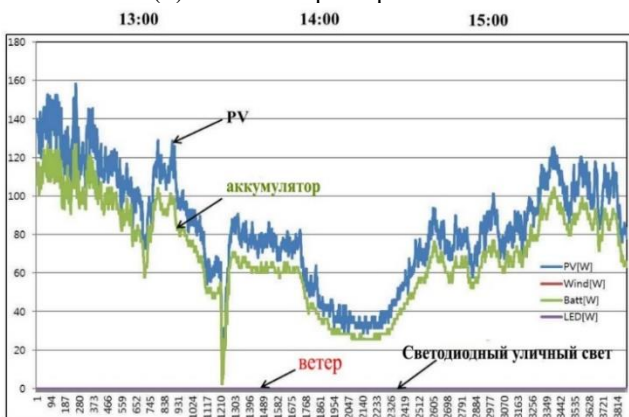
Рис. 9. Ветер / солнечная гибридная система питания на полигоне Сев ГУ на турбазе Горизонт
Fig.9. Wind / solar hybrid power system in garizont



(А) характеристика напряжения



(б) Токовая характеристика



(с) Характеристика мощности

Рис. 10. Результаты полевых испытаний (дневное время)

Fig.10.The results of the field test

Моделирование показывает, что текущий прототип в автономной конфигурации, смоделированный здесь, может обеспечить 61% часов работы с потребностями в освещении. Низкий уровень заряда батареи ограничит время работы. На рисунке 9 показан вклад источников ветра и солнца в задачу освещения гибридной системы в течение моделируемого года. Несмотря на низкую среднюю

скорость ветра (3,7 м /с), ветрогенератор играет фундаментальную роль зимой, как и ожидалось, когда солнечная энергия на горизонтальной панели резко падает на средних или высоких широтах.

ВЫВОДЫ

В настоящей статье была предложена, разработана и исследована гибридная система фотоэлектрических и ветроэнергетических установок, связанных с энергосистемой, с целью обеспечения системы освещения, активной мощности и компенсации реактивной мощности. Кроме того, были применены высокоточные и быстро реагирующие методы для максимального отслеживания мощности и управления в ветряных турбинах. Рекомендуемая система была смоделирована в различных условиях солнечного излучения и изменение скорости ветра. Результаты моделирования наводят на мысль о подходящем отклике системы управления, улучшении качества электроэнергии за счет обеспечения нагрузки реактивной мощностью. Соответствующая скорость и точность представленных изменений, и отсутствие трансформаторов являются достоинствами предлагаемой системы. Кроме того, предоставление мощности, необходимой для систем освещения при любых изменениях погоды, указывает на повышение надежности системы освещения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ производительности гибридных фото-ветроэлектрических установок / Абд Али, Лаит Мохаммед А., Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Энергетические установки и технологии. 2019. Т. 5, № 2. С. 61–68.
2. Абдали Л.М. АНАЛИЗ И моделирование автономной фотоэлектрической системы с использованием среды matlab/simulink / Л.М. Абдали, Х.А. Исса, К.А. Али, В.В. Кувшинов, Э.А. Бекиров // Строительство и техногенная безопасность. — 2021. — № 21(73). — с.97-105. — DOI: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-21-97-105>.
3. Абдали Л.М., Аль-Руфай Ф.М., Якимович Б.А., Кувшинов В.В., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д. Комбинированная энергетическая установки для преобразования солнечной и ветровой энергии. международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020» – Севастополь: СевГУ, 2020. с.21-28
4. Интеллектуальная система управления, используемая при работе ветроэлектрических установок /Л. М. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2021. Т. 24, № 1. С.102–112. DOI: [10.22213/2413-1172-2021-1-102-112](https://doi.org/10.22213/2413-1172-2021-1-102-112)

5. Абд Али Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Разработка элементов Smart Grid для оптимизации режимов районных сетей // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 117–120.
6. Kuvshinov V.V., Abdali L.M., Kakushina E.G. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223-228. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.
7. Kuvshinov, V.V., Abd Ali, L.M., Morozova, N.V. et al. Experimental Studies on Receiving Surfaces of Flat Solar Collectors. *Surf. Engin. Appl. Electrochem.* vol. 57, no. 6, pp.715–720 (2021). <https://doi.org/10.3103/S1068375521060089>.
8. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A. Lyamina, N.V. Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 256-259. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040029>.
9. Vologdin S.V., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 229-234. <https://doi.org/10.3103/S0003701X1904008X>.
10. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 260-264. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040030>.
11. Guryev V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. Improvement of Methods for Predicting the Generation Capacity of Solar Power Plants: the Case of the Power Systems in the Republic of Crimea and City of Sevastopol. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 242-246. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040042>.
12. Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H., Abd Ali L.M. Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell). *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 4414-4418. doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418.
13. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohammed and HusamAbdulhuseinWahhab. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, no. 14, pp. 3666-3673. doi.org/10.36478/jeasci.2019.3666.3673.
14. Kuvshinov V.V., Kolomyichenko V.P., Kakushkina E.G. Storage System for Solar Plants. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.
15. Kuznetsov, N. P., Abd Ali, M. L., Kuvshinov, V. V., Issa, A. H., Mohammed, J. H., & Al-bairmani, G. A.. Investigation of the losses of photovoltaic solar systems during operation under partial shading. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, Vol. 18, No. 3, pp. 313 - 320. Doi :10.5937/jaes18-24460.
16. Abd Ali, L. M., Al-Rufae, F. M., Kuvshinov, V. V. et al. Study of Hybrid Wind-Solar Systems for the Iraq Energy Complex. *Appl. Sol. Energy*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 284–290. <https://doi.org/10.3103/S0003701X20040027>.
17. Кувшинов, В., Абдали, Л., Морозова, Н., Крит, Б., Аль-Руфай, Ф., & Исса, Х. (2021). Экспериментальные исследования приемных поверхностей плоских солнечных коллекторов. *Электронная обработка материалов*, 57(1), 75-81. DOI: 10.5281/zenodo.4456690
18. Оценка потенциала ветроэнергетических ресурсов на юге Ирака / Ф. М. Аль-Руфай, Л. М. Абдали, В. В. Кувшинов, Б. А. Якимович // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 3. С. 105–113. DOI: 10.22213/2413-1172-2020-3-105-113
19. Abd Ali L.M., Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H. Modeling and simulation of tidal energy. *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 3698-3706. DOI: 10.36478/jeasci.2019.3698.3706
20. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д., Якимович Б.А., Моделирование и контроль энергии ветра, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", - Томск: ТПУ, 22–24 апреля 2020 г., с. 14-19.
21. Абдали Л.М. Моделирование параметров управления интегрированной системой солнечной генерации и накопления энергии / Л.М. Абдали, В.В. Кувшинов, Э.А. Бекиров, Ф.М. Аль-Руфай // Строительство и техногенная безопасность. — 2020. — № 18(70). — с.133-142. — DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-133-142.
22. Issa H.A., Mohammed H.J., Abdali L.M., Al Bairmani A.G., Ghachim M. Mathematical Modeling and Controller for PV System by Using TMMT Algorithm. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2021, vol. 24, no. 1, pp. 96-101. DOI: 10.22213/2413-1172-2021-1-96-101
23. Belkaid, A.; Colak, I.; Kayisli, K. Implementation of a modified P&O-TMMT algorithm adapted for varying solar radiation conditions. *Electr. Eng.* 2017, 99, pp. 839–846.
24. Оптимизация аккумулирования энергии в гибридных системах ветроэнергетики и фотовольтаики / Л. М. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 2. С. 100–108. doi: 10.22213/2413-1172-2020-2-100-108.
25. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Мохаммед Х. Д., Якимович Б. А., Кувшинов В. В. Моделирование гибридной фото-ветроэнергетической системы с сетевым подключением. В сборнике: Возобновляемые источники энергии. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XII научной молодежной школы, 2020, С. 117-128.
26. Исса Х. А., Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Мансор М. Ф., Мохаммед Х.Д., Моделирование фотоэлектрического модуля с помощью программы matlab, X Всероссийская научно-практическая

конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.116-122.

27. Мохаммед, Х. Д., Абдали, Л. М., Исса, Х. А., Аль-Руфай, Ф. М., Разработка обобщенной фотоэлектрической Модель с MATLAB использованием, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.166-172.

28. Абдали, Л. М., Али, К. А., Кувшинов, В. В., Бекиров, Э. А., & Коровкин, Н. В. (2021). техника искусственного интеллекта для производства энергии и автоматизация управления гибридной солнечно-ветро-дизельной энергетической системой. *Строительство и техногенная безопасность*, (22 (74)), 91-100.

29. Моделирование режимов работы фотоэлектрической системы / Л. М. Абдали, Х. Д. Мохаммед, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов, Н. В. Коровкин, Д. Ф. Бордан // *Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова*. 2021. Т. 24, № 3. С. 78–87. DOI: 10.22213/2413-1172-2021-3-78-87

30. Моделирование и управление системой ветроэнергетики, связанной с сетью с использованием синхронного генератора с постоянными магнитами (СГПМ) / Л. М. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Х. А. Исса, Б. А. Якимович // *Актуальные проблемы электроэнергетики: Сборник научно-технических статей конференции, Нижний Новгород, 17 декабря 2021 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2021. – С. 299-308. – DOI: 10.46960/44170389_2021_299*

31. Layth M. Abd Ali, L M., Ali, Q. A., Klačková, I., Issa, H. A., Yakimovich, B. A. and Kuvshinov, V. (2021) Developing a thermal design for steam power plants by using concentrating solar power technologies for a clean environment. *Acta Montanistica Slovaca*, Volume 26 (4), 773-783 DOI: <https://doi.org/10.46544/AMS.v26i4.14>

REFERENCES

1. AbdAli Laith Mohammed A., Al-Rufae F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. [Performance Analysis of Hybrid Photo-Wind Turbines]. *Energeticheskije ustanovki i tehnologii*, 2019, vol. 5, no. 2, pp. 61-68 (in Russ.).

2. Abdali L.M. Analysis and simulation off-grid pv panels by using matlab / simulink environment / L.M. Abdali, H.A. Issa, Q.A. Ali, V.V. Kuvshinov, E.A. Bekirov // *Construction and industrial safety*. — 2021. — № 21(73). — p.97-105. — DOI: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-21-97-105>.

3. Abdali L.M., Al-Rufai F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V., Issah.A., Mohammed h.D. [The generation power plant by using the combined of solar and

wind power]. *mezhdunarodnoynauchno-prakticheskoy konferentsii «Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskayabezopasnost' – 2020» – Sevastopol': SevGU., 2020. pp. 21-28(in Russ.)*.

4. Abdali L.M., Al-Rufae F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Smart Control System for the Wind Energy Networks // *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalasnikova*. - 2021. - Vol. 24. - N. 1 - P. 102-112. doi: 10.22213/2413-1172-2021-1-102-112

5. Abd Ali Laith Mokhammed, KhayderAbdulsakhibIssa. [Development of Smart Grid elements for optimizing regional network modes]. *Molodoyuchenyy*, 2014, vol. 8, pp. 117-120 (in Russ.).

6. Kuvshinov V.V., Abd Ali L.M., Kakushina E.G. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223-228. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.

7. Kuvshinov, V.V., Abd Ali, L.M., Morozova, N.V. et al. Experimental Studies on Receiving Surfaces of Flat Solar Collectors. *Surf. Engin. Appl. Electrochem*. vol. 57, no. 6, pp.715–720 (2021). <https://doi.org/10.3103/S1068375521060089>.

8. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A. Lyamina, N.V. Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 256-259. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040029>.

9. Vologdin S.V., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 229-234. <https://doi.org/10.3103/S0003701X1904008X>.

10. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 260-264. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040030>.

11. Guryev V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. Improvement of Methods for Predicting the Generation Capacity of Solar Power Plants: the Case of the Power Systems in the Republic of Crimea and City of Sevastopol. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 242-246. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040042>.

12. Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H., Abd Ali L.M. Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell). *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 4414-4418. doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418.

13. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohammed and HusamAbdulahseinWahhab. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, no. 14, pp. 3666-3673. doi.org/10.36478/jeasci.2019.3666.3673.

14. Kuvshinov V.V., Kolomiychenko V.P., Kakushkina E.G. Storage System for Solar Plants. *Appl.*

Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.

15. Kuznetsov, N. P., Abd Ali, M. L., Kuvshinov, V. V., Issa, A. H., Mohammed, J. H., & Al-bairmani, G. A. Investigation of the losses of photovoltaic solar systems during operation under partial shading. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, Vol. 18, No. 3, pp. 313 - 320. doi :10.5937/jaes18-24460.

16. Abd Ali, L. M., Al-Rufae, F. M., Kuvshinov, V. V. et al. Study of Hybrid Wind–Solar Systems for the Iraq Energy Complex. *Appl. Sol. Energy*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 284–290. <https://doi.org/10.3103/S0003701X20040027>.

17. Kuvshinov, V.V., Morozova, N. V., Abd Ali, L. M., Krit, B. L., Al-Rufae, F. M., & Issa, H.A. (2021). Experimental studies for the receiving surfaces of solar flat collectors. *Электронная обработка материалов*, 1(57), 75–81. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4456690>

18. Al-Rufae F.M., Abdali L.M., Kuvshinov V.V., Yakimovich B.A. Assessment of the Potential of Wind Energy Resources in Southern Iraq // *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalasnikova*. - 2020. - Vol. 23. - N. 3 - P. 105-113. doi: 10.22213/2413-1172-2020-3-105-113.

19. Abd Ali L.M., Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H. Modeling and simulation of tidal energy. *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 3698-3706. doi.org/10.3923/jeasci.2019.3698.3706.

20. Abdali L.M., Al-Rufai F.M., IssaKh.A., Mohammed Kh.D., Yakimovich B.A., [Modeling and control of wind energy], X Vserossiyskayanauchno-prakticheskayakonferentsiya "Nauchnayainitsiativainostrannykhstudentov i aspirantovrossiyskikhvuzov", - Tomsk: TPU, April 22-24, 2020, p. 14-19(in Russ.).

21. Abdali L.M. Development of the simulation and control system for an integrated solar energy generation and storage /L.M. Abdali, V.V.Kuvshinov, E.A. Bekirov, F.M. Al-Rufae // *Construction and industrial safety*. — 2020. — № 18(70). — p.133-142. — DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-133-142.

22. Fazal, M.R.; Kamran, M.; ul Haq, I.; Abbas, Z.; Ayyaz, M.N.; Mudassar, M. Modified Perturb and Observe TMMT algorithm for partial shading conditions. *Int. J. Renew. Energy Res.*2019, 9,721-731.

23. Belkaid, A.; Colak, I.; Kayisli, K. Implementation of a modified P&O-TMMT algorithm adapted for varying solar radiation conditions. *Electr. Eng.* 2017, 99, 839–846.

24. Abdali L.M., Al-Rufae F.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Optimization of Energy Storage in Hybrid Wind and Photovoltaic Energy Systems // *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalashnikova*. - 2020. - Vol. 23. - N. 2 - P. 100-108. doi:10.22213/2413-1172-2020-2-100-108.

25. Abdali L.M., Al-Rufai F.M., Mohammed H.D., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Modeling of a hybrid photo-wind power system with a mains connection V sbornike: *Vozobnovlyayemyye istochniki energii. Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s*

mezhdunarodnym uchastiyem i XII nauchnoy molodezhnoy shkoly, 2020, S. 117-128. (in Russ.).

26. Issa H. A., Abdali L. M., Al-Rufai F. M., Mansor M. F., Mohammed H. D., [Modeling a photovoltaic module using the matlab program].X Vserossiyskayanauchno-prakticheskayakonferentsiya "Nauchnayainitsiativainostrannykhstudentov i aspirantovrossiyskikhvuzov", - Tomsk: TPU, April 22-24, 2020, pp. 116-122 (in Russ.).

27. Mohammed, H. D., Abdali, L. M., Issa, H. A., Al-Rufai, F. M., Development of a Generalized Photoelectric Model with MATLAB.X Vserossiyskayanauchno-prakticheskayakonferentsiya "Nauchnayainitsiativainostrannykhstudentov i aspirantovrossiyskikhvuzov", - Tomsk: TPU, April 22-24, 2020, pp. 166-172 (in Russ.).

28. Abdali L.M. The artificial intelligence technique for the energy generation and administration of the hybrid solar/wind/diesel power system/ L.M. Abdali, Q.A. Ali, V.V. Kuvshinov, E.A. Bekirov, N.V. Korovkin // *Construction and industrial safety*. — 2021. — № 22(74). — p.91-100. — DOI: 10.37279/2413-1873-2021-22-91-100.

29. Abdali L.M., Mohammed H.J., Yakimovich B.A., et al. Modeling the Operating Modes of a Photovoltaic System // *Vestnik IzGTU imeni M.T. Kalashnikova*. - 2021. - Vol. 24. - N. 3 - P. 78-87. DOI: 10.22213/2413-1172-2021-3-78-87

30. Modeling and control of a wind power system connected to the grid using a synchronous generator with permanent magnets (PMS) /L. M. Abdali, F. M. Al-Rufai, H. A. Issa, B. A. Yakimovich // *Actual problems of the electric power industry: Collection of scientific and technical articles of the conference, Nizhny Novgorod, December 17, 2021*. - Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseeva, 2021. -- S. 299-308. - DOI: 10.46960/44170389_2021_299

31. Layth M. Abd Ali, L M., Ali, Q. A., Klačková, I., Issa, H. A., Yakimovich, B. A. and Kuvshinov, V. (2021) Developing a thermal design for steam power plants by using concentrating solar power technologies for a clean environment. *Acta Montanistica Slovaca*, Volume 26 (4), 773-783 DOI: <https://doi.org/10.46544/AMS.v26i4.14>

DESIGN AND STUDY OF OPERATING MODES OF COMBINED SOLAR-WIND INSTALLATIONS TO PROVIDE STREET LIGHTING

Abdali L. M.¹, Issa H.A.², Al-Maliki M.N.³, Kuvshinov V.V.⁴, Bekirov E.A.⁵

¹Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, 7, Kurchatov Avenue, Sevastopol, 299015, Russia, E-mail: laith_2210@yahoo.com

²Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, 7, Kurchatov Avenue, Sevastopol, 299015, Russia, E-mail: haeder.issa84@gmail.com

³Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, Kurchatov Avenue, 7, Sevastopol, 299015, Russia, E-mail: hassamal817@gmail.com

⁴Sevastopol State University, Institute of Nuclear Energy and Industry, Kurchatov Avenue, 7, Sevastopol, 299015, Russia, E-mail: kuvshinov.vladimir@gmail.com

⁵ V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 295007, Simferopol, Prospect Academic Vernadsky 4, Russia, bekirov.e.a@cfuv.ru

Abstract. An innovative hybrid microgeneration unit based on renewable energy sources has been proposed, which was developed for full integration into a specialized LED street lighting system. A key feature of this new system is the placement of several wind turbines in the very structure of the plant, and a photovoltaic panel is also integrated to generate electricity. Electricity is generated by energy conversion equipment along with a storage device that provides lighting even on calm nights. The main application of this project is stand-alone street lighting, but a grid-connected option is also possible, making the system compatible with microgrid concepts. A full-scale prototype of the lighting generator system was installed. A Matlab simulation was used to test the operating state of the proposed system for hybrid input power and battery voltage. The studies carried out have shown a significant efficiency in the generation of electrical energy when using a system for monitoring parameters and energy storage in wind and solar installations. The use of a hybrid wind-solar system makes it possible to effectively control the generation of electrical energy to maintain the required power values in the local network, as well as control over current, frequency and voltage. When using the proposed hybrid systems, the energy characteristics of installations are significantly increased, generation and the ability to accumulate a significant amount of electrical energy increase. The possibilities of increasing the efficiency of the operation of wind-solar hybrid systems for converting the energy of the wind flow and solar radiation will help to significantly increase the environmental component during the operation of large energy complexes in large cities and resort and recreational systems.

Subject of study. Combined wind-solar installations for providing street lighting.

Materials and methods. This article simulates a hybrid system consisting of a solar photovoltaic system, a wind generator. Highly accurate and responsive methods have been applied to maximize power tracking and control in wind turbines. The recommended system was simulated under various conditions of solar radiation and changing wind speeds.

Results. A hybrid system of photovoltaic and wind power power connected to the power grid is developed and analyzed to provide a system of lighting, active power and reactive power compensation.

Finding. The conducted studies have shown significant efficiency of electrical energy generation when using the parameter control and energy storage systems in wind and solar installations, and the simulation results suggest a suitable response of the control system, improving the quality of electricity by providing a load of reactive power. The corresponding speed and accuracy of the presented changes, and the absence of transformers are the advantages of the proposed system. In addition, the presented powers are necessary for lighting systems in any weather changes, studies indicate an increase in the reliability of lighting systems.

Key words: wind-solar hybrid plant, microgeneration, control system, street lighting, photo converters.

УДК 662.612—428.4

СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ТЕМПЕРАТУРНОМ РЕЖИМЕ НА ОСНОВЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА

Кешвединова Ф.А., Умеров А.С., Егоров С.А., Ангелюк И.П., Зайцев О.Н.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,
Институт «Академия строительства и архитектуры»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181, zon071941@gmail.com

Аннотация: Получены теоретические закономерности процессов передачи тепла в отапливаемые помещения при различных схемах расположения отопительных приборов и с учетом влияния аэродинамики помещений при условии теплоснабжения системы от комбинированного теплогенератора. Предложена комбинированная система водяного отопления с установкой низкотемпературных излучающих панелей над оконным проемом и стандартных нагревательных приборов, отличающаяся тем, что исключение выпадение конденсата на поверхности оконных проемов достигается путем нагрева их выше температуры точки росы излучающей панелью, а вторая часть системы восполняет теплопотери помещения.

Предмет исследования: термодинамические характеристики системы отопления при использовании комбинированного теплогенератора.

Материалы и методы: методами исследования являются метод численного моделирования и графоаналитический метод.

Результаты: выявлено, что система напольного низкотемпературного отопления при вентилировании помещения наружным воздухом без подогрева путем проветривания, при условии теплоснабжения системы от комбинированного теплогенератора, не обеспечивает необходимую по нормам температуру внутреннего воздуха, при этом образуется существенная неравномерность распределения температур по высоте помещения и образование потока холодного воздуха в нижней части помещения.

Выводы: выявлено, что установка низкотемпературного отопительного прибора под оконным проемом практически не влияет на область распространения холодного потока воздуха. Также определено, что при установке отопительного прибора (стальной радиатор со средней температурой поверхности 40°C) под оконным проемом и панели лучистого отопления над подоконником (с температурой поверхности 36 °C) практически исключена область распространения холодного потока воздуха. При этом использование небольшой площади незначительно удорожает систему отопления, а для снижения эксплуатационных затрат можно рекомендовать устанавливать выносной терморегулятор на панели, связанный с внутренней температурой коробки светового проема (и включением при снижении температуры ниже 4 °C)

Ключевые слова: нагревательный прибор, излучение, комбинированный теплогенератор, точка росы, передача тепла.

ВВЕДЕНИЕ

В России одной из проблем современности является снижение энергетических затрат на системы отопления и вентиляции в зданиях различного назначения, доля теплопотребления занимает приблизительно 50% от общего количества вырабатываемой тепловой энергии.

Все большее распространение в мире получают новые энергоэффективные технологии обеспечения зданий, основывающийся на спецприменение циклических систем отопления, исходя из этого и системы вентиляции эксплуатируются также циклично, причем если в промышленных и общественных зданиях режим регулируется включением самих систем, то в жилых данный процесс зависит в значительном большинстве от разницы давления между внутренней и наружной средой. В то же время расчет систем вентиляции с естественным побуждением выполняется на температуру +5 С, что в холодный период года неоднократно увеличиваются теплопотери в жилых помещениях, на сегодня современные нормы по микроклимату помещений обеспечивает уменьшение воздухообмена. Исходя из этого, исследования, направленные на разработку и внедрение систем отопления комбинированных, конвекционно-радиационного типа являются

актуальными и соответствуют современным направлениям развития отопительно-вентиляционных систем.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Гидравлические и тепловые режимы систем центрального отопления подробно описаны в [1-3]. Недостатком этих систем является невысокое качество регулирования параметров микроклимата, и, как следствие, низкий уровень теплового комфорта у потребителя. Низкотемпературные системы отопления перспективны как позволяющие использовать возобновляемые низкопотенциальные источники тепла. Установлено [4, 5, 6, 7, 8], что условия комфорта - при любом виде отопления - соблюдаются, если будет определённое соотношение температур внутреннего воздуха и ограждающих конструкций отапливаемого помещения. Часть комфортной зоны, с более высокой температурой внутреннего воздуха, соответствует условиям комфорта при конвективном отоплении, а ниже - при лучистом. Следовательно, при лучистом отоплении комфортные условия, как это уже указывалось, могут быть обеспечены при более низких температурах внутреннего воздуха по сравнению с конвективными системами отопления при одних и

тех же температурах на внутренних поверхностях ограждающих конструкций.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования: совершенствование систем отопления в условиях их периодической работы путем использования комбинированной системы конвективного и панельно-лучистого для поддержания параметров микроклимата жилых помещений.

Задачи исследования:

1. Выявить наиболее рациональную систему отопления при снижении воздухообмена с естественным побуждением с учетом периодичности работы, обеспечивая требуемый режим эксплуатации ограждающих конструкций;

2. Теоретически и экспериментально исследовать работу комбинированной системы отопления при снижении воздухообмена и исключении конденсации на поверхности наружных ограждений в условиях ее периодической работы;

Научная новизна: предложена и экспериментально подтверждена работоспособность комбинированной системы водяного отопления с установкой низкотемпературных излучающих панелей над оконным проемом и стандартных нагревательных приборов, в которой исключение выпадение конденсата на поверхности оконных проемов достигается путем нагрева их выше температуры точки росы для данного помещения излучающей панелью, а вторая часть системы восполняет теплопотери.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе исследования работы комбинированной конвективно-радиационной низкотемпературной системы отопления путем численного моделирования решались следующие задачи: разработка схемных решений применения низкотемпературных греющих панелей и их эффективность в условиях совместной работы с вентиляционными системами.

В данной работе выполнено моделирование совместной работы систем отопления и вентиляции помещения с помощью программного пакета Solid Works, специальное приложение FloWorks [9]. В качестве граничных условий задавались:

- температура поверхности пола $t_{гр} = 26^{\circ}\text{C}$;
- расход вентиляционного воздуха, отнесенный к площади пола помещения $v_g = 3 \text{ м}^3 / \text{м}^2$;
- площадь пола помещения $s = 30 \text{ м}^2$;
- температура наружного воздуха t_n ;
- температура вентиляционного воздуха t_g .

Анализ полученных данных показал следующее.

Данная система отопления при вентилировании помещения наружным воздухом с температурой $t_g = t_n = -6^{\circ}\text{C}$ (параметры А для климатических условий широты г. Красноперекоска) путем проветривания не обеспечивает необходимую по нормам температуру внутреннего воздуха $t_{вн} = 19^{\circ}\text{C}$, а также наблюдается существенная неравномерность распределения температур по высоте помещения и образование потока холодного воздуха у пола.

При установке отопительного прибора (стальной радиатор со средней температурой поверхности 40°C) под оконным проемом и панели лучистого отопления над подоконником (с температурой поверхности 36°C) практически исключена область распространения холодного потока воздуха (рис.1). При этом использование небольшой площади незначительно удорожает систему отопления, а для снижения эксплуатационных затрат можно рекомендовать устанавливать выносной терморегулятор на панели, связанный с внутренней температурой коробки светового проема (и включением при снижении температуры ниже 4°C).

Изменение коэффициента теплоотдачи наружных ограждающих конструкций в зависимости от применения различных нагревательных приборов, приведенное на рис.2, показало, что коэффициент практически не изменяется при установке панели напротив подоконника, за исключением, когда устанавливается аналогичная панель в подоконнике.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено, что система напольного низкотемпературного отопления при вентилировании помещения наружным воздухом без подогрева путем проветривания не обеспечивает необходимую по нормам температуру внутреннего воздуха, при этом образуется существенная неравномерность распределения температур по высоте помещения и образование потока холодного воздуха в нижней части помещения.

2. При вентилировании помещения частично подогретым воздухом (50% от температуры воздуха в помещении), подаваемым в верхнюю зону и отводимым сверху с противоположной стороны, достигается нормируемая температура внутреннего воздуха, распределение температур более равномерно, практически отсутствует зона пониженных температур.

3. Установка низкотемпературного отопительного прибора под оконным проемом практически не влияет на область распространения холодного потока воздуха.

4. При установке отопительного прибора (стальной радиатор со средней температурой поверхности 40°C) под оконным проемом и панели лучистого отопления над подоконником (с температурой поверхности 36°C) практически исключена область распространения холодного

потока воздуха. При этом использование небольшой площади незначительно удорожает систему отопления, а для снижения эксплуатационных затрат можно рекомендовать устанавливать выносной терморегулятор на панели, связанный с

внутренней температурой коробки светового проема (и включением при снижении температуры ниже 4 °С).

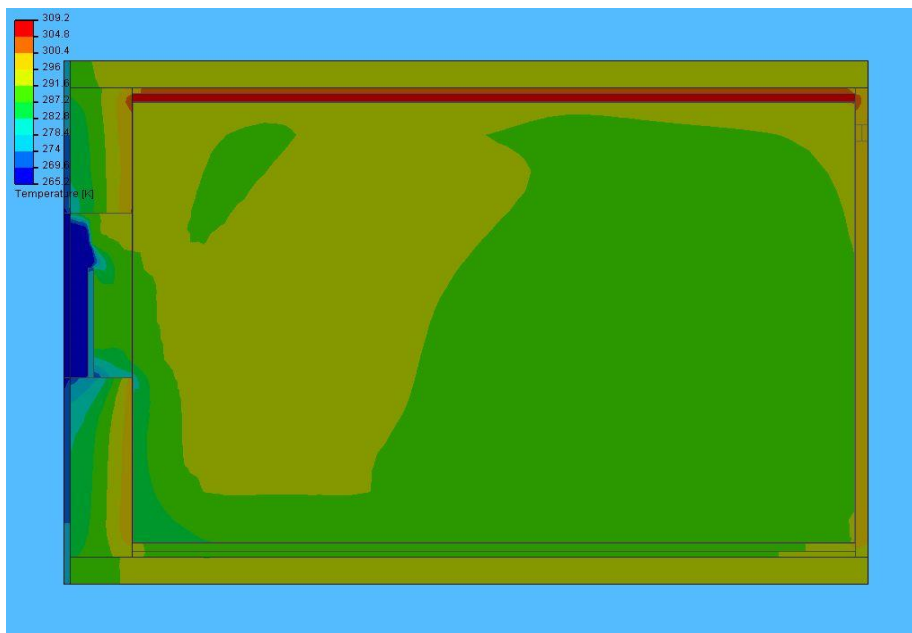


Рис.1. Распределение температур в помещении при $t_g = -6^{\circ}\text{C}$, размещении под световым проемом стального радиатора и панели лучистого отопления над подоконником.

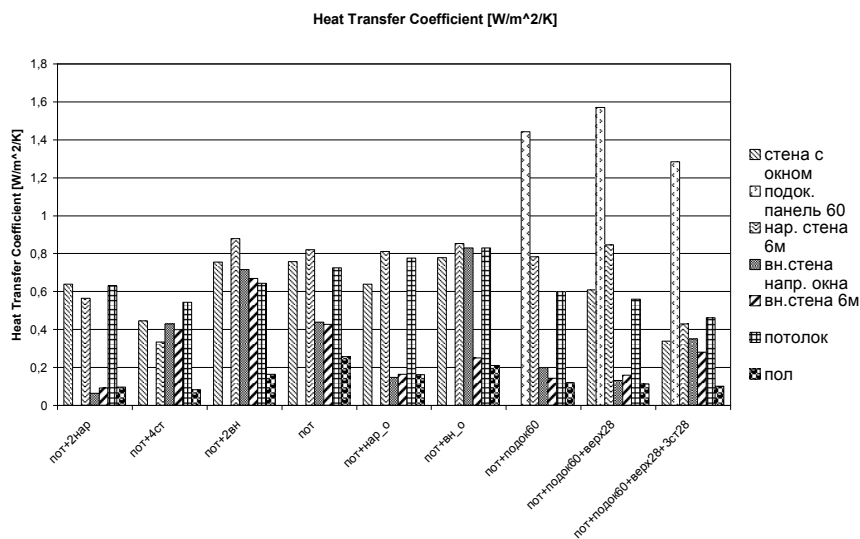


Рис. 2. Диаграмма изменения коэффициента теплоотдачи наружных ограждений при различных способах отопления помещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Табунчиков Ю.А. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы. Докторская диссертация. - М.: НИИСФ, 1983.
2. Табунчиков Ю.А., Хромец Д.Ю., Матросов Ю.А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1986.
3. СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», Москва, 2020.- 150с.

4. Методические рекомендации МР 2.2.0244-21 "Методические рекомендации по обеспечению санитарно-эпидемиологических требований к условиям труда" (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 17 мая 2021 г.).

5. Пособие по проектированию автономных инженерных систем многоквартирных и блокированных жилых домов (водоснабжение, канализация, теплоснабжение и вентиляция, газоснабжение, электроснабжение) МДС 40-2.2000,

Торговый дом «Инженерное оборудование», Москва, 2004

6. Постановление от 28 января 2021 года N 2 "Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

7. Viessmann. A book about the Sun. Design guide for solar heating systems. Published in honor of the 10th anniversary of Viessmann LLC in Ukraine, 2010.- 193 p.

8. Рекомендации АВОК. Руководство по расчету теплопотерь помещений и тепловых нагрузок на систему отопления жилых и общественных зданий. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2020. - 383 с.

9. Алямовский, А. А. Инженерные расчеты и SolidWorks Simulation / А.А. Алямовский. - М.: ДМК Пресс, 2015. - 464 с.

3. SP 60.13330.2020 "Heating, ventilation and air conditioning", Moscow, 2020.- 150с.

4. Methodological recommendations MP 2.2.0244-21 "Methodological recommendations for ensuring sanitary and epidemiological requirements for working conditions" (approved by the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-being on May 17, 2021).

5. Manual for the design of autonomous engineering systems of single-family and blocked residential buildings (water supply, sewerage, heat supply and ventilation, gas supply, electricity supply) MDS 40-2.2000, Engineering Equipment Trading House, Moscow, 2004

6. Resolution No. 2 of January 28, 2021 "On approval of sanitary rules and norms of SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans".

7. Viessmann. A book about the Sun. Design guide for solar heating systems. Published in honor of the 10th anniversary of Viessmann LLC in Ukraine, 2010.- 193 p.

8. AVOK recommendations. Manual for calculating the heat loss of premises and thermal loads on the heating system of residential and public buildings. - М.: АВОК-ПРЕСС, 2020. - 383 p.

9. Alyamovsky, A. A. Engineering calculations and SolidWorks Simulation / A.A. Alyamovsky. - М.: ДМК Пресс, 2015. - 464 p.

REFERENCES

1. Tabunshchikov Yu.A. Fundamentals of mathematical modeling of the thermal regime of a building as a unified heat and power system. Doctoral dissertation. - М.: NIISF, 1983.

2. Tabunshchikov Yu.A., Khromets D.Yu., Matrosov Yu.A. Thermal protection of enclosing structures of buildings and structures. - М.: Stroyizdat, 1986.

HEATING SYSTEMS WITH NON-STATIONARY TEMPERATURE MODE BASED ON A COMBINED HEAT GENERATOR

Keshvedinova F.A., Umerov A.S., Egorov S.A., Angelyuk I.P., Zaitsev O.N.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture, 181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation

Abstract: Theoretical regularities of the processes of heat transfer to heated rooms are obtained with various schemes of arrangement of heating devices and taking into account the influence of the aerodynamics of the rooms, provided that the system is supplied with heat from a combined heat generator. A combined water heating system with the installation of low-temperature radiating panels above the window opening and standard heating devices is proposed, characterized in that the exclusion of condensation on the surface of window openings is achieved by heating them above the dew point temperature with a radiating panel, and the second part of the system makes up for the heat loss of the room.

Subject of research: thermodynamic characteristics of the heating system when using a combined heat generator.

Materials and methods: The research methods are the numerical modeling method and the graphoanalytic method.

Results: it was revealed that the system of low-temperature floor heating when the room is ventilated with outdoor air without heating by ventilation, provided that the system is supplied with heat from a combined heat generator, does not provide the indoor air temperature required by the norms, while a significant unevenness of temperature distribution along the height of the room and the formation of a cold air flow in the lower part of the room is formed.

Conclusions: it was revealed that the installation of a low-temperature heating device under the window opening practically does not affect the area of propagation of the cold air flow. It is also determined that when installing a heating device (steel radiator with an average surface temperature of 40 °C) under the window opening and radiant heating panels above the window sill (with a surface temperature of 36 °C), the area of propagation of cold air flow is practically excluded. At the same time, the use of a small area slightly increases the cost of the heating system, and to reduce operating costs, it can be recommended to install a remote thermostat on the panel associated with the internal temperature of the light opening box (and switching on when the temperature drops below 4 °C)

Keywords: heating device, radiation, combined heat generator, dew point, heat transfer.

УДК 697.971

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПЛОСКИХ ПАНЕЛЕЙ ГЕЛИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА СУБЛИМАЦИИ

Раифов¹ Т.Р., Топорен² С.С.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,
Институт «Академия строительства и архитектуры»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181.
E-mail: tumyp1995@gmail.com¹ toporen1987@gmail.com²

Аннотация: В статье рассмотрены современные холодильные машины, работающие с использованием тепловой солнечной энергии, такие как: адсорбционные и абсорбционные холодильные машины. Проведен анализ принципа работы данных установок с последующим выявлением технологических недостатков в процессах адсорбции и абсорбции. На основании анализа, предложена принципиально новая схема охладителя, с использованием тепловой солнечной энергии, с охлаждением хладагента в сублимационном цикле.

Предмет исследования: Холодильные машины, работающие на тепловой солнечной энергии

Материалы и методы: В работе проведены теоретические исследования процессов охлаждения с дальнейшим сравнением коэффициентов преобразований (COP) адсорбционных и абсорбционных холодильных машин.

Результаты: Разработана новая схема охладителя, с использованием тепловой солнечной энергии, работающей на сублимационном цикле охлаждения.

Вывод: Для протекания процесса сублимации в камере охладителя, необходимо поддержание параметров внутри нее ниже тройной точки. Отбор тепла от охлаждаемой жидкости происходит через теплообменник посредством прохождения через него хладагента в виде пара. Для дальнейшего протекания процесса необходимо отвести тепло от хладагента и вернуть его в изначальное состояние.

Ключевые слова: холодильные машины, сублимация, солнечный коллектор, хладоноситель, теплообменник, охладитель.

ВВЕДЕНИЕ

Современную жизнь человека невозможно представить без использования энергии. Она нужна буквально в каждом аспекте жизни человека, будь то работа за компьютером или же поездка на машине. Ввиду сложившейся в мире экологической ситуации, и неоспоримого факта что углеводородные источники топлива в ближайшем будущем иссякнут, человечество все больше внедряет альтернативные источники энергии в производство, доля которых возрастает с каждым годом. Самым известным способом - это получение энергии от солнца.

Солнечную энергию можно использовать пассивно или активно. Пассивное – это использование энергии без применения различных технических средств. Для активного использования применяют различные технологии для получения энергии. Инсоляция – это главный показатель для преобразования солнечной энергии в тепловую. Этот показатель зависит от времени года, площади поглощающей поверхности и расположения.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

В наших широтах в летнее время для кондиционирования воздуха в зданиях требуется холод. Потребность в холоде так же увеличивается

и для охлаждения серверных помещений, помещений хранения продуктов питания и т.д.

На сегодняшний день самое большое распространение получили электрические компрессорные холодильные машины. Куда меньше пользуются спросом установки с холодильными процессами, использующими тепловую энергию. При использовании жидкого хладоносителя применяются абсорбционные холодильные машины, а при использовании воздуха- сорбционные.

Для данного типа холодильных машин, целесообразным будет использование солнечной энергии для кондиционирования и охлаждения, в связи с тем, что пропорционально инсоляции возрастает и потребность в холоде. Самыми распространенными холодильными машинами, работающими на тепловой энергии, являются абсорбционные холодильные установки.

Принцип работы абсорбционной машины заключается в испарении хладагента, и последующим поглощением раствора бромида лития. Данная смесь подается в генератор, где происходит выпаривание воды, и возвращение изначальной концентрации абсорбера. Основным недостатком данной установки заключается в том, что температура жидкого хладагента недостаточно низкая, в связи с чем COP данной установки не высок.

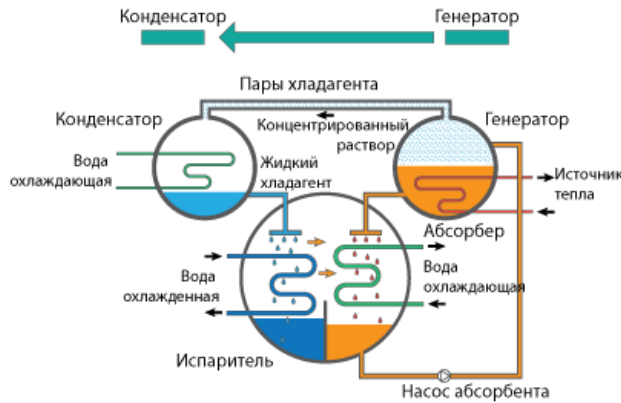


Рис.1 Принципиальная схема абсорбционной холодильной машины
Fig.1 Schematic diagram of an absorption refrigeration machine

Принцип работы абсорбционной машины заключается испарении агента под давлением, и последующим его поглощением адсорбентом. При этом выделяется тепло, которое необходимо отвести. Данный процесс называется «зарядка». Адсорбция заканчивается, когда весь пар агент в испарителе адсорбируется. Для того чтобы «разрядить» гранулы адсорбента, достаточно

подвести тепло. Агент после данной реакции направляется в конденсатор, затем в расширитель, где происходит уменьшение давления до начального и снова попадает в испаритель. К основным недостаткам можно отнести то, что работа данного аппарата является периодической, и довольно сложно поддерживать скорость при которой осуществляются процессы разрядки и зарядки.

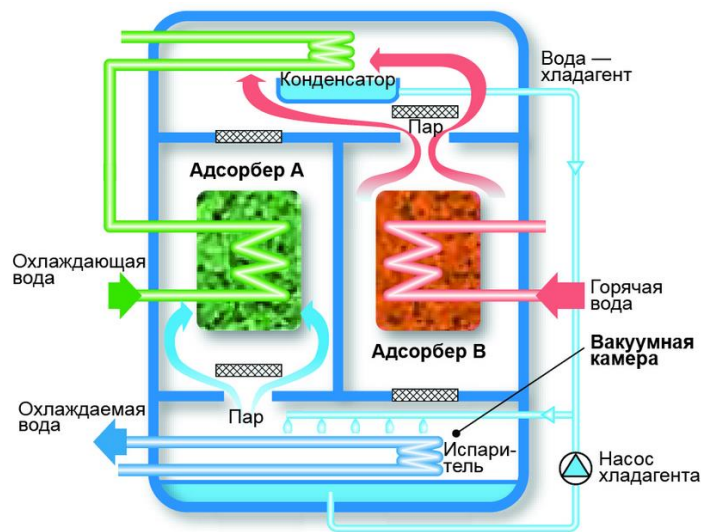


Рис.2 Принципиальная схема адсорбционной холодильной машины
Fig.2 Schematic diagram of adsorption refrigeration machine

Цель и постановка задач исследования

Цель исследования: Провести теоретические и практические исследования холодильной машины, работающей на сублимационном цикле хладагента, с применением тепла, поступающего от плоского солнечного коллектора.

Задачи исследования:

1) На основании анализа выявить пути повышения эффективности холодильных машин.

2) На основании теоретических исследований получить требуемые параметры хладонносителя.
 3) На основании исследований определить рациональную энергоэффективную схему охладителя с учетом возможности моделирование в программном комплексе Solidworks FlowSimulation и выбрать наиболее эффективную

Научная новизна: В промышленности, процесс сублимации в основном используется для очистки твердых веществ от примесей, поскольку задавая различные условия окружающей среды, можно

производить очистку при этом, не меняя исходного агрегатного состояния очищаемого вещества. Процесс сублимации в холодильных машинах применяется впервые, поскольку это довольно сложный технологический процесс, у разных веществ разные условия для протекания данного процесса.

Методика исследования:

Учитывая недостатки абсорбционных и адсорбционных холодильных машин, предложен охладитель, работающий на сублимационном цикле с использованием тепловой энергии солнечного коллектора.

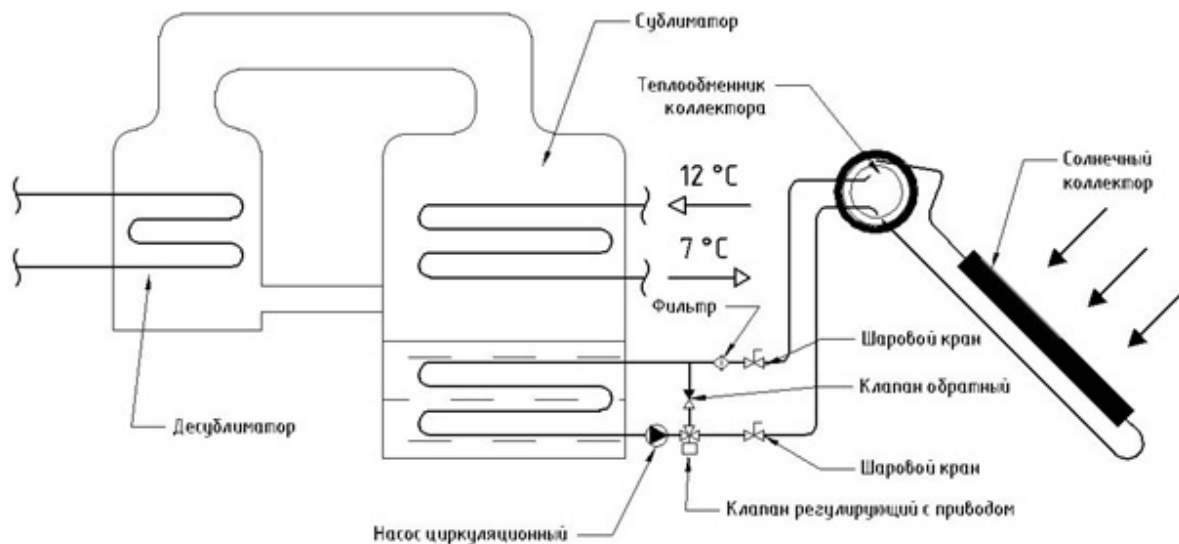


Рис.3 Принципиальная схема сублимационной холодильной машины
Fig.2 Schematic diagram of a sublimation refrigeration machine

Тепло от солнечного коллектора подается в теплообменник №1 в нижней части охладителя, при этом параметры внутри самой камеры ниже тройной точки. Хладагент начинает сублимировать и подниматься вверх в виде газа, вследствие чего происходит отбор тепла от охлаждаемой жидкости в теплообменнике №2. После отбора тепла, газ подается в камеру с холодильной машиной, где происходит десублимация. Затем хладагент снова подается в камеру охладителя и цикл повторяется.

С помощью смесительного узла регулируется интенсивность сублимации, что влияет на интенсивность отбора тепла у охлаждаемой жидкости. Потенциально в качестве хладагента рассматриваются такие вещества как лед и сухой лед. Однако необходимо учесть, что у данных веществ разные диаграммы состояния и как следствие разные тройные точки.

ВЫВОДЫ

Был проведен анализ и изучены проблемы современных холодильных машин. По итогам исследования данной задачи можно сделать вывод, что доля использования тепловых холодильных машин в повседневной жизни крайне мала, что в виду сложившейся современной экологической ситуации придает актуальности исследований в данном направлении.

В результате исследования можно сделать вывод, что для получения требуемых параметров хладоносителя в больших расходах, необходимо снижать давление внутри камеры охладителя, что приведет к снижению температуры сублимации, которая позволит более эффективно отбирать тепло от хладоносителя. Однако необходимо учитывать, что для завершения цикла, необходимо отвести тепло от рабочего тела, а учитывая низкие температуры и особенности кристаллизации хладагента, необходима особая конструкция теплообменника в десублиматоре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Viessmann. Книга о «Солнце». Руководство по проектированию систем солнечного теплоснабжения. Издано в честь 10-летия ООО «Виссманн» в Украине, 2010.- 193 с.
2. Малков М.П. и др. Справочник по физико-техническим основам криогеники – М.: Энергоатомиздат, 1985. - 432 с.
3. Богданов С.Н., Бурцев С.И., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: справочник, под ред. С.Н. Богданова. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: СПбГАХИТ, 1999. – 320 с.
4. Охлаждение - новые девайсы и способы. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://overclockers.ru/lab/show/15152/ohlazhdenie-novye-devajsy-i-sposoby>

5. Принцип действия абсорбционной холодильной машины. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://abxm-thermax.ru/abxm/>

6. Адсорбционные холодильные машины и тепловые насосы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://msd.com.ua/misc/adsorbcionnyeholodilnye-mashiny-i-teplovye-nasosy/>

7. Сорбционная холодильная машина. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ntpo.com/techno/miscellaneous/17.shtml>

8. «Примеры расчетов установок глубокого охлаждения» под ред. Будневича С.С. – Ленинград: «Машиностроение». – 1972. – 288 с.

9. Криогенные машины, А.Д. Суслов, Г.А. Гороховский, В.Б. Полтараус, А.М. Горшков. – М.: Машиностроение, 1982. – 213с.

10. Новотельнов В.Н. и др. Криогенные машины: учебник для вузов по спец. «Техника и физика низких температур». – СПб.: Политехника, 1991. – 335 с.

11. «Примеры расчетов установок глубокого охлаждения» под ред. Будневича С.С. – Ленинград: «Машиностроение». – 1972. – 288 с.

12. Акулов Л.А., Борзенко Е.И., Новотельнов В.Н., Зайцев А.В. «Теплофизические свойства криопродуктов». – СПб: издательство «Политехника». – 2001. – 243 с.

REFERENCES

13. Viessmann. A book about the Sun. Design guide for solar heating systems. Published in honor of the 10th anniversary of Viessmann LLC in Ukraine, 2010.- 193 p.

14. Malkov M.P. and others. Reference book on the physical and technical foundations of cryogenics - M.: Energoatomizdat, 1985. - 432 p.

15. Bogdanov S.N., Burtsev S.I., Ivanov O.P., Kupriyanova A.V. Refrigeration technology. Air conditioning. Properties of substances: a reference book, ed. S.N. Bogdanov. 4th ed., revised. and additional - St. Petersburg: SPbGAHPT, 1999. - 320 p.

16. Cooling - new devices and methods. [Electronic resource]. Access mode: <https://overclockers.ru/lab/show/15152/ohlazhdenie-novye-devajsy-i-sposoby>

17. The principle of operation of the absorption refrigeration machine. [Electronic resource]. Access mode: <http://abxm-thermax.ru/abxm/>

18. Adsorption chillers and heat pumps. [Electronic resource]. Access mode: <http://msd.com.ua/misc/adsorbcionnyeholodilnye-mashiny-i-teplovye-nasosy/>

19. Sorption refrigerator. [Electronic resource]. Access Mode: <http://www.ntpo.com/techno/miscellaneous/17.shtml>

20. 8. "Examples of calculations of deep cooling installations", ed. Budnevich S.S. - Leningrad: "Engineering". - 1972. - 288 p.

21. Cryogenic machines, A.D. Suslov, G.A. Gorokhovskiy, V.B. Poltaraus, A.M. Gorshkov. - M.: Mashinostroenie, 1982. - 213 p.

22. Novotelnov V.N. and others. Cryogenic machines: a textbook for universities on special. "Technique and physics of low temperatures". - St. Petersburg: Polytechnic, 1991. - 335 p.

23. "Examples of calculations of deep cooling installations", ed. Budnevich S.S. - Leningrad: "Engineering". - 1972. - 288 p.

24. Akulov L.A., Borzenko E.I., Novotelnov V.N., Zaitsev A.V. "Thermophysical properties of cryoproducs". - St. Petersburg: publishing house "Polytechnic". - 2001. - 243 p.

IMPROVEMENT OF FLAT PANELS OF SOLAR ENGINEERING SYSTEMS ON THE BASIS OF THE SUBLIMATION PROCESS

Raifov T.R. Toporen S.S.

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture,
181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation
toporen1987@gmail.com

Abstract: The article discusses modern refrigeration machines operating using thermal solar energy, such as: adsorption and absorption refrigeration machines. An analysis of the principle of operation of these installations was carried out with the subsequent identification of technological shortcomings in the processes of adsorption and absorption. Based on the analysis, a fundamentally new scheme of the cooler is proposed, using thermal solar energy, with cooling of the refrigerant in the sublimation cycle.

Subject of study: Chillers powered by thermal solar energy

Materials and methods: In the work, theoretical studies of cooling processes were carried out with a further comparison of the coefficients of transformation (COP) of adsorption and absorption refrigeration machines.

Results: A new cooler scheme has been developed using thermal solar energy operating on a sublimation cooling cycle.

Conclusion: For the sublimation process to proceed in the cooler chamber, it is necessary to maintain the parameters inside it below the triple point. The heat is removed from the cooled liquid through the heat exchanger by passing the refrigerant through it in the form of vapor. For the further course of the process, it is necessary to remove heat from the refrigerant and return it to its original state.

Key words: refrigerating machines, sublimation, solar collector, coolant, heat exchanger, cooler.

РАЗДЕЛ 4. Экологическая безопасность

УДК 628.16

КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА РОСТА МИКРООРГАНИЗМОВ

Асташина М.В., Зенцов В.Н., Лапшакова И.В.

Уфимский государственный нефтяной технический университет (Уфа)
450080, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, 195, aqua_ufa@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные принципы и закономерности биологической очистки сточных вод. Обобщены процессы жизнедеятельности бактерий, участвующих в процессе разложения органических загрязнений. Подробно изложены основные закономерности динамики роста чистых культур микроорганизмов в сочетании с расчетными математическими моделями.

Предмет исследования: математические модели процессов жизнедеятельности микроорганизмов.

Материалы и методы: методика математического моделирования на основе модели Моно.

Результаты: выделены стадии роста микроорганизмов и потребления субстрата, выявлено, что субстрат, проникая в клетку, включается в цепь разного рода превращений, результатом которых является дополнительное образование молекул ферментов в цепи, установлены математические модели роста, приведены экспериментальные значения констант модели Моно для некоторых видов субстратов и микроорганизмов.

Выводы: модель Моно позволяет представить процесс роста микроорганизмов несложной зависимостью, что является причиной наиболее частого употребления этой модели в теории и практике культивирования микроорганизмов.

Ключевые слова: биомасса, микроорганизмы, математическая модель, биологическая очистка сточных вод, динамика роста.

ВВЕДЕНИЕ

Сущность процесса биологической очистки сточных вод состоит в том, что растворённые органические вещества употребляются микроорганизмами, причём часть органических веществ окисляется, а часть трансформируется в биомассу.

Известно несколько методов биологической очистки: очистка сточных вод в естественных условиях (в биопрудах, на полях орошения и на полях фильтрации) и очистка сточных вод в искусственных условиях (в аэротенках и в биофильтрах) [1-3].

Имеющиеся в сточных водах органические соединения обладают большим запасом энергии, что делает термодинамически выгодным процесс окисления этих соединений до минеральных форм.

Главенствующую роль в процессе разложения органического вещества в естественных условиях играют бактерии. Известно, что скорость роста бактерий чрезвычайно велика и практически любой процесс, идущий с выделением свободной энергии, может быть использован ими, т.е. спектр веществ, которые могут служить пищей для бактерий, довольно разнообразен. Эти свойства бактерий и обуславливают саму возможность метода биологической очистки сточных вод от органических загрязнений [4].

В сточных водах обычно находятся следующие виды микроорганизмов: бактерии, грибы, простейшие. Могут встречаться также водоросли, черви и другие [5].

Большинство бактерий имеет размер от 0,5 до 3 мкм. Важную роль в их существовании играют

температура и *pH*. С повышением температуры на 10 °С метаболическая активность бактерий увеличивается приблизительно в два раза, но до известного предела, за которым резко падает. Оптимальные условия для бактерий по *pH* находятся между 6,5 и 7,5. В бактериальной клетке около 80% воды и 20% сухого вещества. Около 90% сухого вещества является органическим и лишь 10% неорганическим. Составу органической части приблизительно соответствует эмпирическая формула $C_5H_7O_2N$.

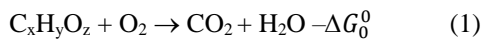
Простейшие – одноклеточные водные животные, на порядок больше бактерий. Питаются как отдельными бактериями, так и взвешенным органическим веществом. Химическому составу их протоплазмы соответствует эмпирическая формула $C_7H_{24}O_3N$.

Низшие растения, не содержащие хлорофилла, называются грибами. Грибы выживают в более кислых средах, при более высоких концентрациях тяжелых металлов, чем бактерии, и обладают более низкими требованиями к азоту. Всё это делает грибы доминирующими при очистке некоторых промышленных сточных вод. Органической части клеточной массы грибов может соответствовать эмпирическая формула $C_{10}H_{17}O_6N$.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

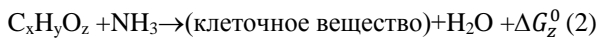
Метаболизмом, или обменом веществ, называется совокупность химических и физических процессов, непрерывно происходящих в клетке и обеспечивающих её рост и активность. Основным строительным материалом, необходимым для синтеза бактериальных клеток, является

органический углерод. На синтез расходуется энергия, выделяемая при реакции окисления субстрата. Одновременно с ростом бактерий происходит процесс непрерывного самоокисления их клеточного вещества. Энергия, которая расходуется на поддержание неравновесной структуры микроорганизмов и, таким образом, компенсирует процессы самоокисления, называется энергией основного обмена. Если количество энергии, высвобождающейся при окислении субстрата, недостаточно для того, чтобы покрыть её расходы на основной обмен, то биомасса клеток будет не расти, а уменьшаться. Рассмотренные выше процессы трансформации вещества и энергии (рис. 1) можно представить в виде системы реакций (1)-(3):



окисление органического вещества (дыхание).

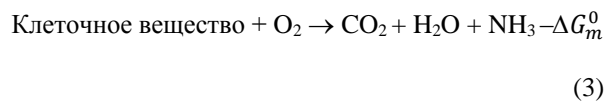
Дыхание есть окислительный процесс, при котором молекулярный кислород является акцептором водорода, образующиеся при этом метаболические продукты – неорганические соединения углерода, азота и серы. В процессе дыхания выделяется энергия, эта энергия расходуется на синтез клеточного вещества:



синтез клеточного материала.

В ходе синтеза клетка использует органическое вещество сточных вод как строительный материал. Не вся энергия, выделяемая при окислении органического вещества сточных вод, идёт на процесс синтеза клеточного вещества. Трансформация энергии в клетке происходит в два этапа: сначала в результате окислительного фосфорилирования образуются молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), а затем энергия, запасенная в молекулах АТФ, расходуется на все виды полезной работы, совершаемой клеткой.

В отсутствие подходящего субстрата энергии может быть получена при окислении внутриклеточного материала (самоокисление). В ходе самоокисления клетка разрушается. Метаболические продукты при этом те же, что и в процессе основного дыхания:



самоокисление.

Исходя из термодинамических закономерностей, можно оценить степень трансформации субстрата в биомассу клеток Y , которую принято называть коэффициентом урожайности, или экономическим коэффициентом.

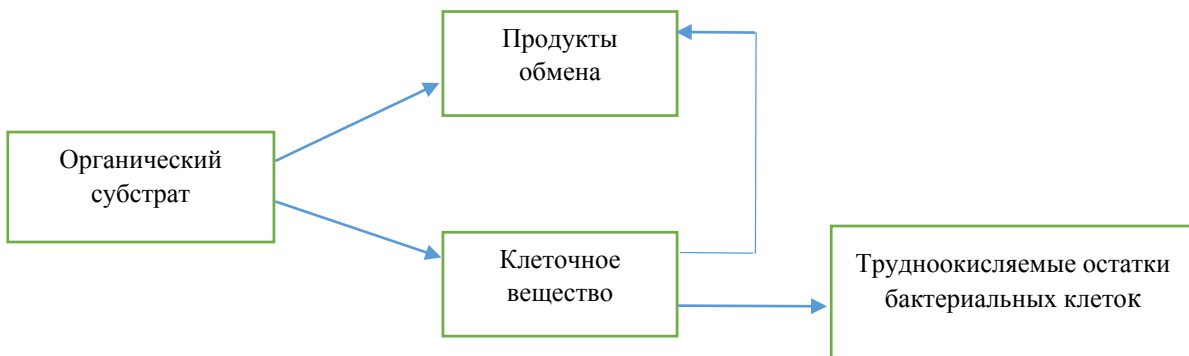
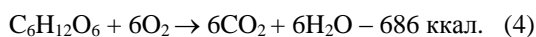


Рис. 1. Трансформация вещества в процессе бактериального окисления органического субстрата
 Fig. 1. Transformation of a substance during bacterial oxidation of an organic substrate

Для примера рассчитаем значения Y , когда субстратом является глюкоза, а клеточному веществу соответствует эмпирическая формула $C_5H_7NO_2$. Уравнение (1) для глюкозы:



Если через M_s обозначить относительную молекулярную массу субстрата, то энергия, высвобождающаяся при окислении 1 г субстрата, будет равна $\Delta G_0^0 / M_s$. Согласно (4):

$$\Delta G_0^0 / M_s = 686 \text{ ккал} / 180 \text{ г} = 3,8 \text{ ккал/г (глюкоза)}.$$

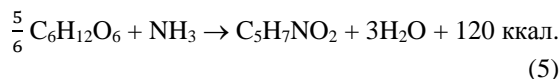
Известно, что гидролиз фосфорэфирной связи в молекуле АТФ сопровождается выделением ~ 9 ккал/моль свободной энергии, а при окислении 1

молекулы глюкозы в клетке образуется 36 молекул АТФ. Отсюда эффективность преобразования энергии окисления глюкозы в полезную работу при синтезе биомассы:

$$\eta = \frac{36 \text{ моль} * 9 \text{ ккал/моль}}{686 \text{ ккал}} \approx 0,48.$$

Действительно, экспериментальные исследования показали, что эффективность преобразования энергии в бактериальной клетке может достигать 40–60%.

Уравнение (2) для глюкозы примет вид:



Обозначим через M_e относительную молекулярную массу клеточного вещества, тогда энергия, необходимая для синтеза 1 г биомассы, составит $\Delta G_S^0 / M_e$. Согласно (5):

$$\frac{\Delta G_S^0}{M_B} = \frac{120 \text{ ккал}}{113 \text{ г}} = 1,06 \text{ ккал/г (глюкоза)}.$$

Из 1г глюкозы (5) при наличии NH_3 и O_2 образуется 0,754 г клеточного вещества, поскольку

$$\frac{M_B}{\frac{5}{6}M_S} = \frac{6 * 113 \text{ г}}{5 * 180 \text{ г}} = 0,754.$$

Пусть окисляется x граммов глюкозы, а $1 - x$ граммов глюкозы используется как строительный материал (см. рис. 1). Запишем следующее уравнение энергетического баланса:

$$\eta * 3,8 \text{ ккал/г} * x_r = 0,754 * (1 - x) \text{ г} * 1,06 \text{ ккал/г},$$

где в 1-й части уравнения описывается эффективная энергия, выделяемая при окислении глюкозы, а во 2-й – энергия, требующаяся для образования клеточного вещества. Отсюда:

$$x = \frac{0,754 * 1,06}{0,48 * 3,8 + 0,754 * 1,06} \text{ г} \approx 0,24 \text{ г}.$$

Это даёт $Y_m = 0,754 * (1 - x) \text{ г кл. вещества/г глюкозы} \approx 0,523 \text{ г кл. вещества/г глюкозы}$.

Аналогично могут быть рассчитаны коэффициенты Y_m для различных субстратов. В работе [6] содержится таблица изменений

термодинамического потенциала для некоторых субстратов.

Если (3) запишем как



то найдем количество кислорода в граммах, необходимое для окисления 1 г эмпирического клеточного вещества:

$$\alpha = 5M_{O_2} / M_e = 5 * 32 \text{ г} / 113 \text{ г} = 1,42 \text{ г } O_2 / \text{г биомассы},$$

где M_{O_2} – относительная молекулярная масса кислорода.

Биохимическое потребление кислорода (БПК) характеризует количество органического вещества, которое подвергается биохимическому разложению присутствующими в воде микроорганизмами. Химическое потребление кислорода (ХПК) пропорционально практически полному количеству органики в сточной воде, если в качестве окислителя присутствует бихромат калия. Величины БПК и ХПК обычно измеряются в мг O_2 /л.

Чтобы яснее представить себе смысл понятия БПК, обратимся к процессам происходящим в изолированной от внешней среды склянке с пробой сточной воды (рис. 2): на начальной стадии кривая потребления кислорода повторяет кривую роста микроорганизмов. К моменту, когда биомасса достигает максимального значения, практически весь субстрат используется для роста, и дальнейшее увеличение БПК связано с эндогенным окислением клеточного вещества. Подъём кривой БПК на конечном участке объясняется процессами окисления солей аммонийного азота нитрифицирующими бактериями.

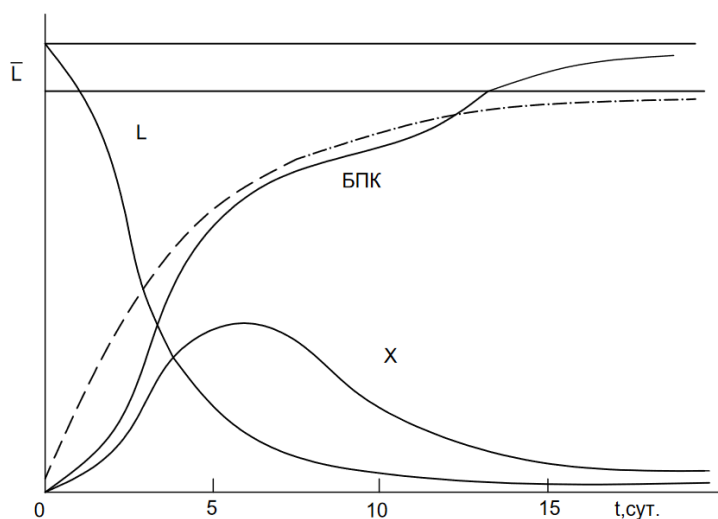


Рис. 2. Динамика процессов биохимического потребления кислорода (БПК), удаления органического субстрата L и микробияльного роста X . Пунктиром показана зависимость (7).

Fig. 2 Dynamics of biochemical oxygen demand (BOD), organic substrate removal L and microbial growth X . Dotted line shows dependence (7)

Если пренебречь процессами нитрификации, что возможно, когда в пробе содержится главным образом органический углерод, то увеличение БПК после стадии логарифмического роста хорошо аппроксимируется кинетической кривой первого порядка (рис. 2), т. е.

$$\text{БПК} = \bar{L} * (1 - 10^{-k_1 t}), \quad (7)$$

где k_1 – константа скорости реакции первого порядка; \bar{L} – предельное значение БПК при $t \rightarrow \infty$.

Значение k_1 в основном определяется видом сточной воды и её температурой. Для бытовых стоков при $T = 20^\circ\text{C}$ – $k_1 = 0,1 \text{ сут}^{-1}$.

Так как биомасса микроорганизмов содержит некоторое количество трудноокисляемых веществ, то за конечный промежуток времени значение БПК никогда не успевает достигнуть теоретического предела L . Однако принято считать, что полная биохимическое потребление кислорода происходит на 20-е сутки от начала процесса. Эту величину называют БПК_{полное}, или БПК₂₀.

Для характеристики концентрации органического углерода в сточных водах пользуются также значением пятисуточного потребления кислорода (БПК₅). Очевидно, что БПК₅ – это заниженная суммарная концентрация загрязнителя в воде (например, для бытовых сточных БПК₅ составляет 70% от БПК₂₀), поэтому в настоящее время при расчетах сооружений биологической очистки концентрацию загрязнителя характеризуют БПК₂₀ или ХПК. ХПК стоков определяют по так называемой бихроматной окисляемости, и, как показывает опыт, значения ХПК может приблизиться к теоретически необходимому для окисления количеству кислорода.

Анализы на БПК и ХПК являются наиболее распространёнными методами оценки загрязнённости воды, причём для оперативных целей показатели ХПК значительно удобнее.

В настоящее время разработан еще один метод оценки суммарной концентрации загрязнителя. Он основан на определении общего количества углерода (ТОС) путём полного сжигания сточной воды при высокой температуре. Отличительная особенность ТОС-теста состоит в том, что его можно провести легко и быстро. Величинах ХПК и ТОС взаимосвязаны. Например, для бытовых стоков ХПК/ТОС = 2,2.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Прежде чем приступить к рассмотрению кинетики процесса потребления загрязнений активным илом, необходимо остановиться на основных закономерностях развития чистых

бактериальных культур, растущих на моноsubstrate.

При описании динамики роста микроорганизмов X и потребления субстрата L обычно выделяют отдельные стадии (рис. 3): лаг-фазу а, переходную фазу б, фазу ускоренного роста в, фазу замедленного роста г, стационарную фазу д, фазу отмирания е. Концентрацию биомассы микроорганизмов выражают в граммах сухого вещества на литр, концентрацию субстрата – в граммах на литр или в молях (относительная молекулярная масса вещества в литре) [6].

Известно, что в широком диапазоне условий культивирования скорость роста микроорганизмов пропорциональна их биомассе, т.е.

$$\frac{dX}{dt} = \mu X, \quad (8)$$

где μ – удельная скорость роста.

Значение μ можно считать постоянным лишь в фазе ускоренного роста, в общем случае оно зависит от концентрации лимитирующего его субстрата. Моно [7] предложил использовать для такой зависимости формулу

$$\mu = \frac{\mu_m * L}{K_L + L}, \quad (9)$$

μ_m – максимальная удельная скорость роста; K_L – константа полунасыщения, равная концентрации субстрата, при которой скорость процесса равна $\mu_m / 2$. Формула Моно аналогична уравнению Михаэлиса-Ментен для скорости ферментативных реакций. Одновременно с увеличением биомассы концентрация субстрата изменяется со скоростью:

$$\frac{dL}{dt} = - \frac{\mu}{Y} X, \quad (10)$$

где $Y = \left| \frac{dX}{dL} \right|$ – представляет собой коэффициент трансформации субстрата в биомассу, или экономический коэффициент.

Запишем уравнения (9), (10) в виде системы, известные как модель Моно:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \frac{\mu_m * X * L}{K_L + L}; \\ \frac{dL}{dt} &= - \frac{1}{Y} \frac{\mu_m * X * L}{K_L + L}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

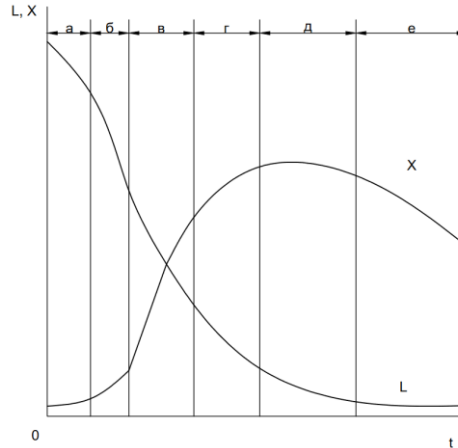


Рис. 3. Характерные фазы роста бактерий X и потребления субстрата L
Fig.3 Characteristic phases of bacterial growth X and substrate consumption L

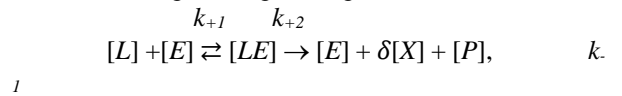
Аналогия между формулами Моно и Михаэлиса-Ментен имеет не внешний характер, а наоборот, указывает на глубокую связь между молекулярными процессами, протекающими внутри клетки, и ростом биомассы. В основе этой связи лежит тот факт, что одна из ферментативных реакций может быть узким местом, определяющим скорость дальнейших биохимических превращений, в том числе и процессов биосинтеза. Исходя из этого можно непосредственно вывести формулу Моно.

Итак, субстрат, проникая в клетку, включается в цепь разного рода превращений, результатом которых является дополнительное образование молекул ферментов в цепи, т. е. дополнительное образование биомассы. Предположим, что:

- 1) концентрация субстрата в среде и внутри микробной клетки одинакова, что вполне вероятно, если клетки имеют малые размеры и процессами диффузии субстрата внутри клетки можно пренебречь;
- 2) узким местом является первая ферментативная реакция в цепи превращений;
- 3) все биополимеры клетки имеют приблизительно одинаковую молекулярную массу;

4) относительное содержание каждого биополимера в клетке строго постоянно.

Тогда изобразим процесс роста в виде



где $[L] = L/M_L$ – молярная концентрация субстрата в среде (M_L – относительная молекулярная масса субстрата); $[E]$ – молярная концентрация свободного ключевого фермента; $[X] = X/M_X$ – молярная концентрация биополимеров в среде (M_X – средняя относительная молекулярная масса биополимеров бактериальной клетки); $[LE]$ – молярная концентрация фермент-субстратного комплекса; $[P]$ – молярная концентрация продуктов жизнедеятельности; k_{+1} – константа скорости образования фермент-субстратного комплекса; k_{-1} – константа скорости распада фермент-субстратного комплекса; k_{+2} – константа скорости образования продукта реакции; $\delta = Y \frac{M_L}{M_E}$ – стехиометрический коэффициент; Y – экономический коэффициент.

Согласно п. 4 полное количество ключевого фермента:

$$[E] + [EL] = \varepsilon [X], \quad (12)$$

где ε – доля ключевого фермента в общей биомассе клетки.

Система дифференциальных уравнений, описывающая предложенную схему реакции, имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{d[EL]}{dt} &= k_{+1}[L][E] - k_{-1}[EL] - k_{+2}[EL]; \\ \frac{d[L]}{dt} &= -k_{+1}[L][E] + k_{-1}[EL]; \\ \frac{d[X]}{dt} &= k_{+2}\delta[L][E] \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Поставим в систему (13) выражение для концентрации свободного фермента $[E]$ из формулы (12):

$$\left. \begin{aligned} \frac{d[EL]}{dt} &= k_{+1}[L](\varepsilon [X] - [EL]) - k_{-1}[EL] - k_{+2}[EL]; \\ \frac{d[L]}{dt} &= -k_{+1}[L](\varepsilon [X] - [EL]) + k_{-1}[EL]; \\ \frac{d[X]}{dt} &= \delta k_{+2}[EL]. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Перейдём к безразмерным переменным:

$$\lambda = \frac{[EL]}{\varepsilon [X]}; l = \frac{[L]}{L_0} M_L; x = \frac{[X]}{X_0} M_X; \tau = \frac{\varepsilon k_{+1} X_0}{M_X} t.$$

Здесь L_0 и X_0 представляют собой характерные для микробиологических процессов концентрации соответственно субстрата и бактерий.

В новых переменных системы (14) примет вид

$$\left. \begin{aligned} \frac{\varepsilon M_L}{M_X} \frac{d\lambda}{d\tau} &= \frac{L_0}{X_0} l(1 - \lambda) - \frac{k_{-1} M_L}{k_{+1} X_0} \lambda - \frac{k_{+2} M_L}{k_{+1} X_0} \lambda - \varepsilon \delta \frac{k_{+2} M_L}{k_{+1} X_0} \lambda^2; \\ \frac{dl}{d\tau} &= -xl(1 - \lambda) + \frac{k_{-1} M_L}{k_{+1} L_0} x\lambda; \\ \frac{dx}{d\tau} &= Y \frac{k_{+2} M_L}{k_{+1} X_0} x\lambda. \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Значения правых частей системы (15) примерно одинаковы. Между тем в первом уравнении перед производной стоит множитель $\varepsilon M_L / M_X$. Так как, с одной стороны, $\varepsilon \ll 1$, а с другой – относительная молекулярная масса субстрата намного меньше относительной молекулярной массы фермента, то значение этого сомножителя на несколько порядков меньше единицы (малый параметр) [8].

Это говорит о том, что переменная λ является быстрой, т. е. концентрация фермент-субстратного комплекса $[EL]$ практически сразу выходит на стационарный уровень, в то время как концентрации X и L не успевают сколько-нибудь заметно измениться.

По теореме Тихонова [9] в этом случае правую часть уравнения для быстрой переменной можно приравнять к нулю и решать вырожденную систему уравнений (15). Последним членом в первом алгебраическом уравнении можно пренебречь, поскольку $\varepsilon \delta \ll 1$ и $\lambda \leq 1$. Возвращаясь к весовым концентрациям, получим

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \frac{\varepsilon Y \left(\frac{M_L}{M_X}\right) k_{+2} LX}{\frac{k_{-1} + k_{+2} M_L + L}{k_{+1}}}; \\ \frac{dL}{dt} &= \frac{\varepsilon \left(\frac{M_L}{M_X}\right) k_{+2} LX}{\frac{k_{-1} + k_{+2} M_L + L}{k_{+1}}}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Если предположить, что

$$K_L = \frac{k_{-1} + k_{+2}}{k_{+1}} M_L, \quad \mu_m = \varepsilon Y \left(\frac{M_L}{M_X}\right) k_{+2}, \quad (17)$$

то система (16) приобретает вид, аналогичный модели Моно (11). Кроме того, если известны соответствующие константы скоростей и коэффициент ε , то константы Моно можно непосредственно вычислить по формуле (17). Например, субстрат типа глюкозы в цикл биохимических превращений вовлекает фермент гексокиназа. Для этого фермента:

$$K_m = \frac{k_{-1} + k_{+2}}{k_{+1}} = 10^{-4} \text{ моль глюкозы/л, } k_{+2} = 10^3 \text{ мин}^{-1}.$$

Отсюда

$$K_L = M_{gl} * K_m = (180 * 10^3 \text{ мг/моль}) 10^{-4} \text{ моль/л} \approx 20 \text{ мг/л}.$$

Средняя относительная молекулярная масса белков в бактериальной клетке составляет 40000. Предположим также, что доля ключевого фермента $\varepsilon = 10^{-3}$, а $Y = 0,5$. Отсюда:

$$\mu_m = \frac{10^{-3} * 0,5 * 180}{40000 * 10^3} \text{ мин}^{-1} \approx 0,14 \text{ ч}^{-1}.$$

Для рассматриваемого примера величина

$$\varepsilon \frac{M_L}{M_X} = \frac{10^{-3} * 180}{40000} \approx 10^{-5}.$$

Следует сказать, что значения констант скоростей биохимических реакций в растворе и в бактериальной клетке могут отличаться, поэтому расчёты по формулам (17) имеют приближённый характер.

Итак, модель Моно позволяет представить процесс роста микроорганизмов несложной зависимостью, что является причиной наиболее частого употребления этой модели в теории и практике культивирования микроорганизмов (табл.1).

В дальнейшем в целях более точного описания динамики роста бактерий были предложены различные модификации модели Моно. Так, модель Герберта [10]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \frac{\mu_m X L}{K_L + L} - bX; \\ \frac{dL}{dt} &= -\frac{\mu_m X L}{Y(K_L + L)}. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Таблица. Экспериментальные значения констант модели Моно для некоторых видов субстратов и микроорганизмов

Table. Experimental values of the Mono model constants for some types of substrates and microorganisms

Лимитирующий субстрат	Организм	$\mu_m, \text{ч}^{-1}$	$K_L, \text{мг/л}$	$Y, \frac{\text{г биомассы}}{\text{г субстрата}}$
Глюкоза [15]	<i>Escherichia coli</i>		4	–
Глюкоза [16]	То же	0,49	29	–
Глюкоза [17]	»	–	49	–
Глюкоза [18]	<i>Phodotorula gracilis</i>	–	–	0,55
Глюкоза [19]	<i>Zoogloea ramigera</i>	–	~ 2	–
O ₂ [20]	То же	–	0,1	–
O ₂ [21]	<i>Coli aerobic</i>	–	0,0007	–
Аммонийный азот [22]	<i>Nitrosomonas aerobic</i>	0,083	0,5	–
Нитриты [22]	<i>Nitrobacter aerobic</i>	0,167	0,3	–

где b – константа скорости самоокисления бактерий позволяет описывать фазу отмирания микроорганизмов. Характерные значения константы b составляют [24] для чистых культур 0,02 – 0,03 ч^{-1} для смешанных культур.

Если субстрат обладает ингибирующим действием, то кинетику процесса правильнее описывать модель Халдейна [11]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= \frac{\mu_m \lambda L}{K_L + L + \frac{L^2}{K_i}}; \\ \frac{dL}{dt} &= - \frac{\mu_m X L}{Y (K_L + L + \frac{L^2}{K_i})} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

где K_i – константа ингибирования.

Модель (19) при $K_i \rightarrow \infty$ совпадает с моделью Моно (11).

ВЫВОДЫ

Помимо указанных моделей, в настоящее время имеется более 30 различных математических соотношений, описывающих основные кинетические закономерности процесса роста микроорганизмов. Развитие математического моделирования обобщает литературные данные по кинетике роста микроорганизмов, а также экспериментального материала и теоретических представлений, сведений о функционировании отдельных химических и биологических компонентов в водных растворах. На основе этих обобщений возможно построение имитационных математических моделей, которые затем проверяются на экспериментальных данных и прослеживается динамика роста некоторых компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биологическое сооружение для очистки бытовых сточных вод. Назаров В.Д., Назаров М.В., Курас М.В. Патент на изобретение RU 2464239 С1, 20.10.2012. Заявка № 2011116890/05 от 27.04.2011.
2. Назаров В.Д. Биологическое сооружение для очистки бытовых сточных вод Назаров В.Д., Назаров М.В., Курас М.В. Водоочистка. 2013. № 1. С. 47-50.
3. Зенцов В.Н. Нетрадиционная концепция очистки сточных вод /Зенцов В.Н. В.Н., Лапшакова И.В., Шайхисламов А.В., Никитина О.Г. // Стратегические проекты освоения водных ресурсов в XXI веке: правовые, социально-экономические и экологические аспекты. Сборник докладов Международной научно-практической конференции. Редколлегия: Сидоренко О.В., Щербаков Г.А., Гашев С.Н., Максимова С.В., Храмов А.Б./ 2013. С. 180-184.
4. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Оптимальная технологическая схема биологической очистки сточных вод активным илом. Микробиологическая промышленность. 1976г., №8.
5. Роговская Ц.И. Биохимический метод очистки производственных сточных вод. М.: Стройиздат, 1967.
6. McCarty P.L. Energetics of organic matter degradation. – In Water pollution microbiology. N. Y.:Wiley-Interscience, 1972
7. Monod J. Rechercher sur la croissance des cultures bacteriennes/ Paris: Herman et Cie, 1942.
8. Вавилин В.А., Васильев В.Б. Обоснование применимости формулы Моно для процессов биологической очистки в системе с активным илом. Биофизика, 2012г., 212 стр.
9. Тихонов А.Н. Системы дифференциальных уравнений, содержащих малые параметры при производных. – Математический сборник. 1982., 31, №3.
10. Herbert D. A Theoretical analysis of continuous culture systems. – In: Symposium of continuous cultivation of microorganism? 1960, Sc I, Monograf №12. London, 1981.
11. Haldane J.B.S. Enzymes. Longmans, 1930.

REFERENCES

1. Biological domestic wastewater treatment plant. Nazarov V.D., Nazarov M.V., Kuras M.V. Invention patent RU 2464239 C1, 20.10.2012. Application № 2011116890/05 от 27.04.2011.
2. Nazarov V.D. Biological domestic wastewater treatment plant. Nazarov V.D., Nazarov M.V., Kuras M.V. Biological domestic wastewater treatment plant. Water treatment. 2013. № 1. P. 47-50.
3. Zentsov V.N. Non-traditional concept of wastewater treatment / V.N. Zentsov, I.V. Lapshakova, A.V. Shaikhislamov, O.G. Nikitina // Strategic projects of water resources development in XXI century: legal, socio-economic and environmental aspects. Collection of reports of the International scientific-practical conference. Editors: Sidorenko O.V., Shcherbakov G.A., Gashev S.N., Maximova S.V., Khrantsov A.B. / 2013. P. 180-184.
4. Vavilin V.A., Vasiliev V.B. Optimal technological scheme of biological wastewater treatment with active sludge. Microbiological Industry. 1976, №8.
5. Rogovskaya C.I. Biochemical method of industrial wastewater treatment. Moscow: Stroyizdat, 1967.
6. McCarty P. L. Energetics of organic matter degradation. – In Water pollution microbiology. N. Y.:Wiley-Interscience, 1972
7. Monod J. Rechercher sur la croissance des cultures bacteriennes/ Paris: Herman et Cie, 1942.
8. Vavilin V.A., Vasiliev V.B. Rationale for applicability of Mono formula for biological treatment processes in the system with activated sludge. Biophysics, 2012, 212 pp.
9. Tikhonov A.N. Systems of differential equations containing small parameters in derivatives. - Mathematical Collection. 1982., 31, №3.
10. Herbert D. A Theoretical analysis of continuous culture systems. – In: Symposium of continuous cultivation of microorganism? 1960, Sc I, Monograf №12. London, 1981.
11. Haldane J.B.S. Enzymes. Longmans, 1930.

KINETIC REGULARITIES OF THE GROWTH PROCESS OF MICROORGANISMS

Astashina M.V., Zentsov V.N., Lapshakova I.V.

Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)
450080, Republic of Bashkortostan, Ufa, 195 Mendeleeva str, aqua_ufa@mail.ru

Abstract. In this article the basic principles and regularities of biological wastewater treatment are discussed. The life processes of bacteria involved in the decomposition of organic pollutants are summarised. The basic regularities of the growth dynamics of pure cultures of microorganisms in combination with computational mathematical models are described in detail.

Subject of research: Mathematical models of microbial life processes.

Materials and methods: a methodology for mathematical modelling based on the Mono model.

Results: The stages of microbial growth and substrate consumption are distinguished, the substrate penetrating the cell is found to be involved in a chain of various transformations resulting in additional formation of enzyme molecules in the chain, mathematical models of growth are established, experimental values of the Mono model constants for some types of substrates and microorganisms are given.

Conclusions: The Mono model allows the growth process of micro-organisms to be represented by an uncomplicated relationship, which is the reason why this model is most commonly used in the theory and practice of microbial cultivation.

Key words: biomass, microorganisms, mathematical model, biological wastewater treatment, growth dynamics.

ОЦЕНКА СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ДЕФИЦИТА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В КРЫМУ

Николенко И.В.¹, Каримов Э. А.², Мельникова Н.С.³

^{1,3} ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,
Институт «Академия строительства и архитектуры»,
295493, Республика Крым, г. Симферополь, улица Киевская, 181.

¹e-mail: nikoshi@mail.ru

²Симферопольский филиал ГБУ РК «Крыммелиоводхоз»

²e-mail: karimov_ervin@mail.ru

Аннотация. В статье выполнена оценка возможных способов решения проблем дефицита водных ресурсов в Крыму на основе анализа многолетних характеристик наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова. Несмотря на разблокирование Северо-Крымского канала и восстановление подачи на полуостров Крым днепровской воды для вододефицитных периодов региона необходим поиск методов обеспечения водной безопасности на основе современных технологий. Анализ наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова за многолетний период показал, что их приток существенно различается для засушливых и водообильных лет. Показана целесообразность более полного использования водотоков в период весенних и летних паводков многоводных лет путем увеличения суммарного полезного объема водохранилищ естественного стока Крыма. Выполнена оценка применимости и адекватности разработанной модели по определению величины максимальных суточных объемов наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова при отсутствии технологического сброса из них. Проведен анализ полученных результатов, а также даны рекомендации по возможности их реализации.

Предмет исследования. Закономерности степени наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова в течении многолетнего периода наблюдений, как основных источников водных ресурсов, для оценки способов решения проблем обеспечения водной безопасности Республики Крым и города Севастополя

Материалы и методы исследования: Выполнен сбор, систематизация, статистическая обработка и анализ закономерностей степени наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова в течении 38- летнего периода наблюдений по информации Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. Проведен анализ объективных и субъективных факторов возникновения дефицита водных ресурсов на полуострове, на основе которого выполнена оценка способов его решения. Проанализированы факторы, влияющие на степень наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова, которые являются основным источником водоснабжения населения Крыма и во многом определяют социально-экономические условия жизнеобеспечения полуострова.

Результаты. Установлены факторы, влияющие на степень наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова, а также обоснована необходимость увеличения их суммарного полного проектного объема. Представлена расчетная зависимость для определения величины максимальных суточных объемов наполнения водохранилищ естественного стока на основе данных многолетних наблюдений по их наполнению. Выполнена оценка применимости и адекватности представленной зависимости на основе данных по суточным объемам наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова за январь – апрель 2022 г. Установлены величины технологических сбросов, применение которых позволит увеличить суммарный полный проектный объем водохранилищ естественного стока.

Выводы. По результатам выполненного анализа закономерностей степени наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова за многолетний период установлено, что одним из способов решения проблем дефицита водных ресурсов в Крыму является необходимость увеличения проектного полезного объема наполнения водохранилищ естественного стока до 318...323 млн. м³. Эти величины суммарного полезного объема водохранилищ естественного стока обеспечиваются за счет использования существующих в настоящее время технологических сбросов

Ключевые слова: водные ресурсы, дефицит, водохранилище, естественный сток, неравномерность, годовой приток, объем наполнения, технологический сброс, расчетный объема наполнения

ВВЕДЕНИЕ

Запасы воды на Земле колоссальны, но возможность их использования ограничена в первую очередь природными факторами, в том числе экологическими. Увеличение населения и рост мировой экономики, сопутствующие этому изменения климата, увеличение антропогенной нагрузки на экосистемы и природные водные объекты, стали причиной возникновения нехватки воды во многих регионах мира. Дефицит водных ресурсов является глобальной мировой проблемой, которая становится одним из вызовов человечеству. Главными причинами дефицита является высокая неравномерность распределения водных ресурсов в

мире и различных уровень развития экономик регионов и стран мира как по уровню, так и по структуре. Для оценки уровня дефицита в современной науке о воде широко используются термины "водный стресс" и "водный кризис" [1]. Ситуация нехватки воды удовлетворительного качества и количества для обеспечения нужд людей и окружающей среды определяется как водный стресс, а распространенный и хронический недостаток безопасного и достаточного количества питьевой воды и канализации с высоким числом случаев водообусловленных заболеваний, с разрушением водно-болотных угодий и деградацией качества воды в водных объектах определяются как водный кризис. Эти определения имеют качественный характер, для их

использования необходимы количественные оценки, которые зависят от многих факторов, зависящих от уровня развития регионов и стран, климатических условий, уклада жизни, национальных традиций и т.д. Поэтому количественные оценки уровня дефицита водных ресурсов предлагаются в различных исследованиях, но часто эти оценки не совпадают. В качестве критерия водного стресса регионов и стран в директивах ООН указана удельная водообеспеченность менее 1700 кубических метров в год на человека [1]. Во многих работах для оценки водного стресса также используется соотношение водозабора из доступных водных источников к доступным возобновляемым водным ресурсам. Если это отношение менее 10%, то водного стресса нет, если от 10 до 20%, то существует слабая нехватка воды, если 20...40% - то умеренная, превышение 40% означает высокий уровень нехватки воды, который определяется как водный стресс.

Определением дефицита по воде страны или региона в других исследованиях принимается удельная водообеспеченность менее 1000 м³ в год или 2740 л на человека в день при котором нехватка воды становится серьезным препятствием для устойчивого развития, то есть для производства продовольствия, экономического развития и защиты природных систем [2].

Российская Федерация занимает второе место в мире по валовым ресурсам пресной воды после Бразилии, а по водообеспеченности в год на душу населения — третье место после Канады и Бразилии. На территории страны в реках, озерах, болотах, ледниках и снежниках, а также в подземных водных объектах сосредоточено более 20 процентов мировых запасов пресных вод [3]. Особенностью водных ресурсов Российской Федерации является значительная неравномерность распределения по территории страны. На освоенные районы европейской части страны, где сосредоточено более 70 процентов населения и производственного потенциала, приходится не более 10 процентов водных ресурсов [4]. Поэтому в районах интенсивной хозяйственной деятельности в маловодные годы возникают локальные дефициты водных ресурсов для обеспечения нужд питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в Республике Калмыкия, Белгородской и Курской областях, Ставропольском крае, отдельных районах Южного Урала и юга Сибири, а также для обеспечения сельскохозяйственных и рыбохозяйственных нужд на территориях Саратовской и Астраханской областей, в отдельных частях Волгоградской и Оренбургской областей, а также на Северном Кавказе [5]. К регионам России с дефицитом водных ресурсов относится и Крымский полуостров в виду природно-климатических условий и отсутствия крупных природных источников воды [6].

Вследствие почти повсеместного увеличения антропогенной нагрузки на водные ресурсы суши, а

также вследствие роста неопределенностей, связанных с изменениями климата, актуальными, а в некоторых случаях являются неотложными исследования особенностей многолетних изменений речного стока, регулируемого водохранилищами, и связей параметров стока с параметрами водохранилищ. Изменения режима осадков, обусловленные глобальным потеплением, для многих регионов России могут быть неблагоприятными. Ожидаемое существенное увеличение неравномерности выпадения осадков означает одновременное усиление угрозы, как наводнений, так и засух в некоторых регионах страны [7].

На Всемирных форумах по водным ресурсам определены важнейшие глобальные факторы возникновения их дефицита. Основными являются нерациональное и неправильное использование пресной воды, низкая эффективность технологий водопользования. Возрастающая антропогенная нагрузка на водные объекты, неадекватность используемых технологий водоочистки с дополнительно загрязняющими компонентами обуславливают приоритетную значимость экономических и экологических аспектов в решении проблем обеспечения безопасности водопользования, в том числе питьевого водоснабжения [1, 2, 3].

Основным источником водоснабжения населения Крыма являются водохранилища естественного стока. Исследования закономерностей степени их наполнения, выполненные в данной работе, являются актуальными, так как фактические объемы наполнения, величины притока и забора во многом определяют социально-экономические условия жизнеобеспечения полуострова.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

История водопользования на Крымском полуострове насчитывает несколько тысячелетий, но целый комплекс природно-климатических факторов периодически вызывал в регионе дефицит водных ресурсов разной интенсивности. Поэтому Республика Крым и город Севастополь относится к числу вододефицитных регионов Российской Федерации, по территории которого водные ресурсы распределены крайне неравномерно, что объясняется различными факторами, в том числе сложными формами рельефа, высотной поясностью Крымских гор, разнообразием климатических зон, сочетанием южного географического положения полуострова и влиянием морей и заливов. Распределение осадков неравномерно как по временам года, так и по регионам полуострова. Поэтому пресная вода в Крыму всегда имела важное значение, так как на полуострове нет крупных пресных озер и полноводных рек, а более 1600 малых рек и временных водостоков распределены крайне неравномерно, имеют стоки с существенными сезонными и годовыми

перепадами, запасы подземных пресных вод также размещены по территории неравномерно, а также различаются по степени пригодности их использования. Для рек и водотоков Крыма характерны обильные паводки, но при этом многие из них полностью пересыхают в межень. Без наличия достаточных объемов водных ресурсов и культуры водопользования в Крыму, его историческое развитие было бы не возможным [8].

Большие изменения в схеме водопользования Крыма произошли в конце прошлого века после строительства и запуска в эксплуатацию Северо-Крымского канала (СКК) - самого большого по длине в Европе и его трех очередей с ответвлениями. На полуостров по СКК в разные годы поступало 1,5...1,8 млрд кубометров пресной воды, что превышает в два раза те объемы, которые в состоянии дать местные крымские источники. При этом более полувека вода, подаваемая по СКК составляла 70...85% всего объема ее потребления на Крымском полуострове с общими транспортными потерями на испарение и фильтрацию в подземные водоносные горизонты до 50%. Основная часть воды по каналу (до 80%) шла на нужды сельского хозяйства, в том числе большая часть (60%) на выращивание риса, самой влагоемкой сельскохозяйственной культуры. Фильтрация воды из русла СКК достигала 40% и являлась одной из основных причин подтопления территорий, вторичного засоления почв и смену биоценозов вдоль канала. Поэтому по многим показателям СКК показал низкую эффективность по техническим, экономическим и экологическим показателям [9, 10]. До 20% воды, подаваемой по СКК шла на водоснабжение и технические нужды, а также направлялась в наливные водохранилища общим объемом 145 млн. м³, которые являлись источниками водоснабжения населения Восточного Крыма, и обеспечивали аварийные запасы на случай вододефицитных периодов, как дополнительный источник пресной воды.

В мае 2014 года Украина заблокировала СКК и перекрыла подачу днепровской воды на Крымский полуостров, что существенно изменило структуру и объемы водопользования. Это сильно ударило и нанесло значительный ущерб сельскохозяйственным предприятиям Крыма, которым пришлось менять направления и структуру своего производства с применением менее влагоемких культур. Восемь лет в результате перекрытия СКК и водной блокады жители и предприятия Крыма получали воду только из местных источников.

Одним из важных итогов первого этапа специальной военной операции Российской Федерации на Украине в феврале 2022 года стало разблокирование СКК и восстановление подачи на полуостров Крым днепровской воды, которая рождается на территории России и Белоруссии. Восстановление подачи по СКК днепровской воды требует изменения и оценки структуры водопользования Крымского полуострова. Эти

новые подходы должны создаваться и реализовываться с учетом исторической памяти отношения к водным ресурсам в регионе, а также современных технологий и методов обеспечения водной безопасности в вододефицитных регионах, на основе научной обоснованности водохозяйственных решений и принципов интегрированного управления с ориентацией на собственные водные ресурсы. При этом следует учитывать, что эффективное использование воды создает новый источник водоснабжения, а современные технологии и методы водопользования позволяют сократить потребности в воде в сельском хозяйстве на 10...50%, в промышленности на 40...90%, а в жилищно-коммунальном хозяйстве на 30...35%, не создавая социальных, экономических и экологических издержек [2]. Сокращение объемов потребления воды, за счет более эффективного ее использования различными потребителями, уменьшает водопотребление, что фактически создает новый источник водоснабжения. Уменьшение водопотребления приводит к снижению антропогенной нагрузки на водные объекты, что создает условия к сохранению водных ресурсов и к улучшению качества воды [6].

Серьезная региональная проблема нехватки пресной, в том числе и питьевой воды на Крымском полуострове решалась в 2020 и 2021 годах. К объективным факторам возникновения дефицита водных ресурсов на полуострове кроме перекрытия подачи пресной воды по СКК в 2014 году, относились циклические изменения климатических условий по атмосферным осадкам, глобальные изменения климата, испарения с открытых поверхностей водных объектов, нерациональное использование водных ресурсов, в том числе применение устаревших водоемких технологий в сельскохозяйственном производстве, а также отсутствие комплексных и системных мероприятий по водосбережению и водоэффективности [6, 8]. К субъективным факторам возникновения дефицита водных ресурсов в Республике Крым и городе Севастополе можно отнести отсутствие системы управления общественными, экономико-хозяйственными и социальными взаимоотношениями на основе интегрированного трехуровневого водного баланса для полуострова, с учетом всех источников водных ресурсов и их потребителей, для позитивных, негативных и наиболее вероятных прогнозируемых условий. Огромные потери водных ресурсов в водообильные годы, путем технологического сброса в море пресной воды поверхностного стока, сброс очищенных сточных вод без их повторного использования для сельскохозяйственных и технических целей, потери в системах водоснабжения, связанные с конструктивными, технологическими и эксплуатационными причинами, отсутствие разработок долгосрочных и сверхдолгосрочных стратегий внедрения рециклинга воды для сельскохозяйственных,

промышленных и рекреационных предприятий. Негативно влияет на ситуацию отсутствие планов финансирования научно-исследовательских, поисковых и опытно-конструкторских работ по обоснованию и решению региональных проблем дефицита водных ресурсов, обеспечивающих разработку современных подходов и механизмов нормативно-правового, технического, технологического и информационного обеспечения развития водохозяйственного комплекса для обеспечения водной и водно-экологической безопасности Крыма. Немаловажный фактор не только для сегодняшнего дня, но и для будущего развития водохозяйственного комплекса Крыма – дефицит специалистов и их подготовки по решению на современном уровне проблем водопользования - гидроинформатике и акватронике.

Водные ресурсы по территории Крыма распределены крайне неравномерно, что объясняется различными причинами: сложными формами рельефа, высотной поясностью Крымских гор, разнообразием климатических зон, сочетанием южного географического положения полуострова и влиянием морей и заливов. Распределение осадков неравномерно как по временам года, так и по территории Крымского полуострова. Средние суммы осадков: в степных районах Крыма имеют минимальные значения 250...300 мм, на Южном берегу Крыма 600...800 мм, в горной зоне 800...1000 мм, а максимальные значения более 1000 мм на плато в зоне горы Ай-Петри. По величине осадков большая часть степных районов Крыма относится к зоне относительно недостаточного увлажнения.

По временам года структура месячных осадков по климатическим зонам Крыма характеризуется также относительно высоким уровнем разнообразия. Для южнобережной и в горной зонах максимальные осадки наблюдаются в зимние месяцы, величина которых в 1, 5...2 раза больше осадков в летние месяцы. В степной зоне максимальные осадки наблюдаются в летние месяцы, величина, которых в 1.3...1.7 раза больше осадков в зимние месяцы. Кроме неравномерного распределения осадков по временам года для Крымского полуострова характерна и неравномерное распределение режима водопотребления, что связано с сезонным увеличением численности населения в летние месяцы и обуславливает максимум водопотребления в этот период. Следует также учитывать, что на временную неравномерность распределения водных ресурсов на Крымском полуострове оказывают влияние циклические изменения климатических условий по атмосферным осадкам и глобальные изменения климата.

В связи с ярко выраженной территориальной и сезонной неравномерностью осадков и речного стока, который является одним из основных источников пресной воды, для ее сезонного накопления и дальнейшего использования на территории Крымского полуострова сооружено 15

водохранилищ естественного стока общим полным объемом до 253.0 млн м³. Все крымские водохранилища естественного стока были построены во времена СССР, четыре еще в довоенные годы. Истоки рек, которые питают водохранилища естественного стока в основном расположены в Крымских горах. Самым крупным водохранилищем естественного стока Крыма, обеспечивающим водоснабжение г. Севастополя, стало Чернореченское, которое после реконструкции 1984 г. в результате наращивания плотины имеет полный проектный объем 64.2 млн м³.

Для решения задач водообеспечения Крыма за счет эксплуатации СКК в 70-ые и 80-ые годы прошлого века было построено 9 наливных водохранилищ системы СКК общим полным объемом до 145 млн. м³. Для водоснабжения городов и поселков наливные водохранилища расположены преимущественно в Восточном Крыму на Керченском полуострове, а также в равнинном Крыму, за исключением Межгорного и Старо-Крымского водохранилищ, относящихся к зоне Предгорья Крымских гор. Межгорное водохранилище, которое было заполнено в 1989 году, является самым крупным наливным из системы СКК с проектным полным объемом 50 млн. м³.

На рис. 1 показан годовой приток в водохранилища естественного стока Крымского полуострова и наливных СКК с 1983 по 2021 г., представленные по информации Государственного комитета по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым, средний многолетний приток в эти водохранилища и суммарный средний приток в водохранилища за рассмотренный период. Средний годовой приток за этот период в водохранилища естественного стока составили 270 млн м³. Средний приток в наливные водохранилища системы СКК рассмотрен для трех расчетных временных отрезков: 1-й период – 1983-1989 годы приток в наливные водохранилища до наполнения Межгорного водохранилища, 2-й период – 1989–2013 годы при функционировании всех 9 наливных водохранилищ, 3-й период – 2013–2020 годы наполнение наливных водохранилищ после перекрытия СКК. В период после перекрытия СКК наливные водохранилища Восточного Крыма служат для аккумуляции вод Просторненского, Нежинского и Новогригорьевского артезианских водозаборов и части стока р. Биюк-Карасу и с учетом дополнительного переброса воды из Белогорского водохранилища естественного стока. Эти три подземные месторождения артезианской воды в северо-восточной части Крымского полуострова разведаны ещё в советское время и были до 2014 года законсервированы. Средний приток в наливные водохранилища СКК в 1-й период составил – 85 млн м³, за период с 1989 по 2013 г. – 140 млн м³, за 3-й период с учетом вышеуказанных источников пресной воды - 40 млн м³. Суммарный среднееголетний приток в

водохранилища Крымского полуострова в 1-й рассмотренный период составил – 356 млн. м³, во 2-й период – 414 млн. м³, а в 3-й период – 286 млн. м³.

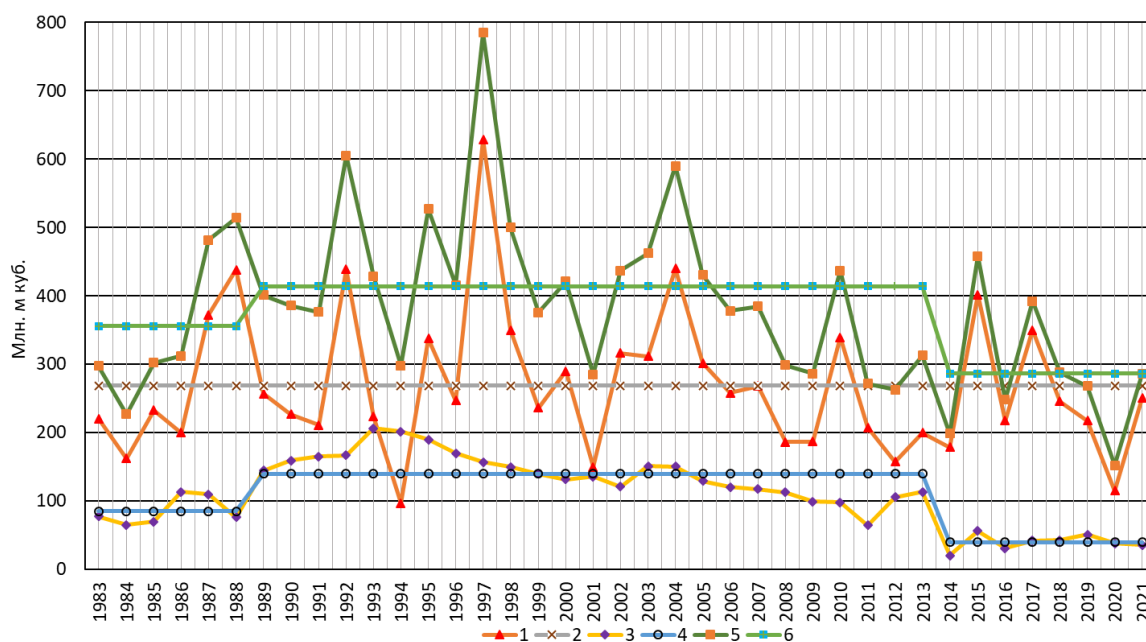


Рис. 1. Годовой приток (млн м³) в водохранилища Крымского полуострова за 1983–2021 г.: 1 – приток в водохранилища естественного стока; 2 – среднегодовой приток в водохранилища естественного стока; 3 – приток в наливные водохранилища СКК; 4 – среднегодовой приток в наливные водохранилища СКК; 5 – суммарный приток в водохранилища; 6 – среднегодовой суммарный приток в водохранилища

Анализ, представленного на рис. 1 годового притока в водохранилища Крыма естественного стока, показал, что они могут отличаться более чем в 6 раз. Максимальный приток за рассмотренные 38 лет был в 1997 г. и составил 628 млн м³, а минимальный приток – 97 млн м³ был в 1994 г. Эти экстремальные значения наблюдались соответственно в 2, 3 раза больше среднегодового притока за рассмотренный период и в 2,8 раза меньше среднего. Приток в водохранилища естественного стока с величиной в 1,4...1,6 раза больше среднего значения появляется с периодичностью 5–7 лет.

Анализ притока в наливные водохранилища СКК в период с 1983 по 1989 г. имел величину выше среднего в 1,4 раза в 1986 г., а ниже среднего в 1,3 раза в 1984 г. Из анализа притока в наливные водохранилища СКК во 2-ом рассмотренном временном отрезке следует, что в период с 1989 по 1999 г. он имел величину выше среднего, в том числе приток 1993 г., который был в 1,5 раза выше среднего значения, а в период с 2005 по 2013 г. приток в наливные водохранилища СКК был меньше среднегодового значения за весь рассмотренный период, в том числе в 2011 г. в 2,2 раза ниже среднегодового. В 3-й рассмотренный период, после перекрытия СКК, в наливных водохранилищах Восточного Крыма было аккумулировано вод подземных водозаборов и части стока р. Бююк-Карасу с величиной годовых притоков в диапазоне 20...56 млн м³, в том числе в 2014 г. приток был в 2 раза меньше

среднегодового притока, а в 2015 г. в 1,4 раза выше.

Основным источником водоснабжения населения Крыма является система существующих водохранилищ. Анализ суммарного притока в водохранилища Крымского полуострова показал, что за рассмотренный 38-летний период в течение 21 года годовой приток был меньше среднегодового суммарного. Такое распределение отражает чередование большего числа лет с осадками меньше среднегодовых, с меньшим числом лет с осадками больше среднегодовых, то есть периодов, которые были с относительным дефицитом водных ресурсов. При этом за рассмотренный 1-й период суммарный приток в 1998 г. – 514 млн. м³ был в 1,44 раза выше среднегодового, а минимальный в 1984 г. – 227 млн. м³ был в 1,57 раза меньше. За 2-й рассмотренный период суммарный приток в 1997 г. – 785 млн. м³ был в 1,9 раза выше среднегодового, а минимальны в 2001 г. – 285 млн. м³ был в 1,45 раза меньше. За 3-й рассмотренный период суммарный приток в 2015 г. – 458 млн. м³ был в 1,6 раза выше среднегодового, а минимальный в 2020 г. – 152 млн. м³ был в 1,88 раза меньше. Выполненный анализ показал, что суммарный приток в водохранилища Крымского полуострова в основном определяется притоком водохранилищ естественного стока, который существенно зависит от количества суммарных осадков на полуострове. Фактическая степень наполнения водохранилищ

также зависит от времени года, температурных режимов, а также от величин заборов воды.

В целях обеспечения устойчивого водоснабжения Республики Крым и г. Севастополя реализуются мероприятия комплексного плана, утвержденного распоряжением Правительства РФ № 2668 от 16.10.2020 г. Выполнение мероприятий этого комплексного плана, обеспечивает важные оперативные решения по преодолению проблем водного дефицита Республики Крым и г. Севастополя. Реализация всех мероприятий комплексного плана обеспечит увеличение годовых объемов водоснабжения на 100 млн. м³, что составляет до 50% от максимального дефицита водных ресурсов в маловодные годы. Одним из важных источников пресной воды стало геологическое изучение и разведка водозаборов в целях увеличения использования подземных водозаборов. В силу сложившихся природных условий Крымского полуострова запасы пресных подземных вод распределены неравномерно – большая часть приходится на Красногвардейский, Джанкойский, Нижнегорский и частично Сакский районы. Оценить возможность использования подземных вод Крымского полуострова в качестве гарантированного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения с прогнозируемым временем сохранения качественного состава, удовлетворяющего действующим нормативным требованиям, и в заданных уровнях водоотбора возможно при одновременном выполнении целого комплекса мероприятий [11]. Наиболее важным является создание постоянно действующей гидродинамической модели для анализа и прогноза режима подземных вод, гидрологического обоснования рационального использования и охраны геологической среды.

Поиск методов решения вопросов обеспечения водной и водно-экологической безопасности Крымского полуострова должен основываться на современных подходах к водопользованию в

вододефицитных регионах, с учетом научной обоснованности водохозяйственных решений, принципов интегрированного управления с ориентацией на собственные водные ресурсы региона. Поэтому в данной работе выполнен анализ наполнения водохранилищ естественного стока, как основных источников водных ресурсов, рассмотрены пути решения проблем обеспечения водной безопасности Республики Крым и города Севастополя.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Циклические изменения сумм атмосферных осадков в 2020 г. на Крымском п-ове вызвали аномально малый приток в водохранилища естественного стока, что привело к серьезным проблемам нехватки пресной, в том числе и питьевой воды. Существенным фактором возникновения дефицита водных ресурсов на полуострове в этот период стало перекрытие СКК в 2014 г., так как не стало резервных запасов водных ресурсов в наливных водохранилищах СКК, которые могли стать дополнительным источником пресной воды [7].

Для анализа объемов аккумулированной воды в водохранилищах естественного стока Крыма за период возникновения дефицита водных ресурсов рассмотрим на рис. 2 временной ход суточных значений фактического наполнения водохранилищ, который построен на основе суточных данных ГБУ РК «Крыммелиоводхоз». Для этого рассмотрены суточные ходы объемов наполнения водохранилищ за 2020 и 2021 г., а также суточные значения объемов: максимального (max), среднего (cp) и минимального (min) стока в течении 34 лет (1983–2021). При построении выбирались значения за характерные 3 дня недели.

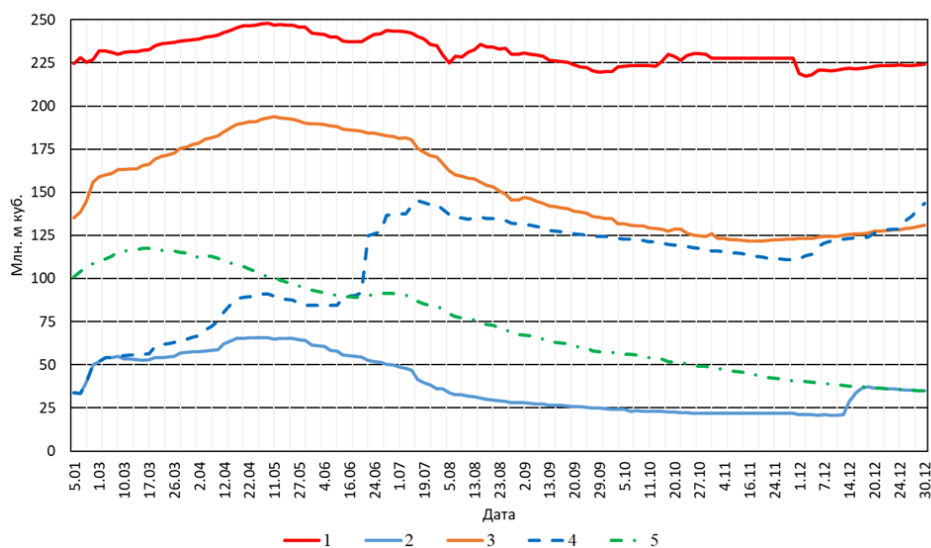


Рис. 2. Временной ход фактического наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова за 2020 и 2021 г.: 1 – максимальный объем наполнения за 1983 – 2021 г.; 2 – минимальный объем наполнения за 1983 – 2021 г.; 1 –

среднегодовое количество осадков за 1983 – 2021 г.; 4 – фактический объем наполнения за 2021 г.; 5 – фактический объем наполнения за 2020 г

Максимальные значения наполнения водохранилищ естественного стока соответствует 1997 г. – самому многоводному году по осадкам за рассмотренный период наблюдений. Большая часть временного хода минимального наполнения водохранилищ естественного стока соответствует 1994 г. – самому маловодному году по осадкам за рассмотренный период наблюдений. Однако из анализа, представленного на рис. 2 временного хода следует, что в конце не самого маловодного 2020 г. наполнение водохранилищ естественного стока стало меньше многолетних минимальных значений. Фактическое наполнение водохранилищ естественного стока Крыма превысило минимальный многолетний уровень в первой декаде марта 2021 г., а уровень наполнения предыдущего 2020 г. – в середине июня. С середины сентября 2021 г. фактический уровень наполнения водохранилищ естественного стока достиг 90...94% от среднегодового наполнения, а с середины декабря превысил его. В конце 2020 г уровень фактического наполнения был в 3,7 раза меньше среднегодового значения и в 6,4 раза меньше максимального значения, а в конце 2021 г. уровень фактического наполнения был в 1,1 раза больше среднегодового значения и в 1,6 раза меньше максимального значения.

Анализ наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова за рассмотренный многолетний период показал, что отношение средних уровней наполнения к минимальным находится в диапазоне 3.0...5.6, причем меньшие значения соответствуют летним месяцам, а большие – зимним. Отношение максимальных уровней наполнения к средним находится в диапазоне 1.3...1.9, причем меньшие значения соответствуют летним месяцам, а большие – зимним. Из анализа представленных данных по наполнению водохранилищ естественного стока Крыма за многолетний период следует, что максимальный объем наполнения этих водохранилищ занижен. В частности, в июне многоводного 2015 г. из водохранилищ естественного стока Крыма было сброшено паводковых вод 31 млн. м³, в том числе из Симферопольского водохранилища в объеме 9,9, Партизанского – 11.1 и Загорского – 9.9 млн м³. Этот объем практически вдвое выше, чем минимальные фактические объемы наполнения, которые были во всех водохранилищах естественного стока в декабре 2020 г. и в первом квартале 2021 г.

Основным источником водоснабжения населения Крыма являются водохранилища естественного стока, которые наполняются в основном за счет осадков, которые имеют годовую, сезонную и территориальную неравномерность. Степень фактического наполнения водохранилищ естественного стока во многом определяет социально-экономические условия жизнеобеспечения полуострова. Необходимость

увеличения суммарного полного проектного объема водохранилищ естественного стока Крымского полуострова качественно подтверждается следующими факторами:

- существенным различием суммарных осадков в мало- и многоводные годы, которые могут отличаться в 2,5...6 раз, а число мало- и многоводных лет за рассмотренный период одинаково;

- современные данные по гидрологии рек Крыма показывают, что суммарный полный проектный объем водохранилищ естественного стока составляет 25...27% от среднегодового стока рек, которые их наполняют;

- срок эксплуатации действующих водохранилищ естественного стока Крыма составляет от 40 до 80 лет, что не позволяет по их техническому состоянию обеспечить использование полного проектного объема;

- суммарный мертвый объем водохранилищ естественного стока составляет не менее 25 млн. м³;

- большие сбросы воды из водохранилищ естественного стока в многоводные годы, которые уходят с водами рек в море.

Для количественной оценки суммарного полного проектного объема водохранилищ естественного стока Крыма рассмотрены суточные значения минимальных, максимальных и средних многолетних объемов наполнения за последние 35 лет. Для выполнения такой оценки в работе [8] предложено применить значения среднегодовых суточных объемов наполнения водохранилищ

$$W_{cp i} = \frac{W_{max i}^* + W_{min i}}{2}, \quad (1)$$

где $W_{max i}^*$ - максимальные суточные объемы фактического наполнения водохранилищ при отсутствии сброса из них; $W_{min i}$ - минимальные суточные фактические объемы наполнения водохранилищ.

Многолетние суточные значения величин $W_{cp i}$ и $W_{min i}$ для водохранилищ естественного стока Крымского полуострова известны из данных ГБУ РК «Крыммелиоводхоз». Эти данные являются основой расчета величины максимальных суточных объемов наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова при отсутствии сброса из них по расчетной зависимости, предложенной в работе [8]

$$W_{max расч i} = 2 \cdot W_{cp i} - W_{min i}. \quad (2)$$

где $W_{cp i}$ – суточные значения среднегодового наполнения водохранилищ естественного стока.

Определим по зависимости (2) по исходным данным по водохранилищам Крымского полуострова за 35 лет значения расчетных суточных

максимальных объемов наполнения водохранилищ естественного стока, при котором суточные средние объемы наполнения будут действительно средними. Результаты вычисления по формуле (2) по исходным данным представленным на рис. 2 расчетных значений суточных максимальных объемов наполнения показаны на рис. 3, на которых, кроме зависимостей многолетних суточных значений максимального, среднего и минимального наполнения водохранилищ естественного стока, показан график расчетных значений максимального наполнения, суммарный полный полезный объем водохранилищ, суммарный мертвый объем, а также расчетный суммарный полный объем, который получен в результате расчета по зависимости (2). Мертвый объем водохранилищ — в нормальных условиях эксплуатации несрабатываемая часть полного проектного объема, который в регулировании стока не участвует.

Мертвый объем и соответствующий ему уровень мертвого объема определяют для каждого водохранилища расчетами с учетом батиграфических кривых, среднемноголетних объемов годового стока и его мутности, плотности

отложений, срока заиления, а также требований санитарно-технических норм. На водохранилищах, используемых для коммунально-бытового водоснабжения, главными факторами, определяющими значение и отметку уровня мертвого объема, являются санитарно-технические требования и условия обеспечения необходимого качества воды. Эксплуатация водозаборных сооружений водохранилищ на уровнях мертвого объема существенно ухудшает условия работы водоочистных сооружений и увеличивают технологические потери воды. Анализ временного хода многолетних суточных значений минимального наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова, представленного на рис. 3, показал, что в маловодные годы фактические объемы наполнения с середины сентября по середину декабря могут достигать мертвых объемов. Увеличение технологических потерь водоочистных сооружений при работе на уровнях мертвого объема дополнительно уменьшает доступные объемы воды в период дефицита водных ресурсов, которые в эти периоды являются ограниченными.

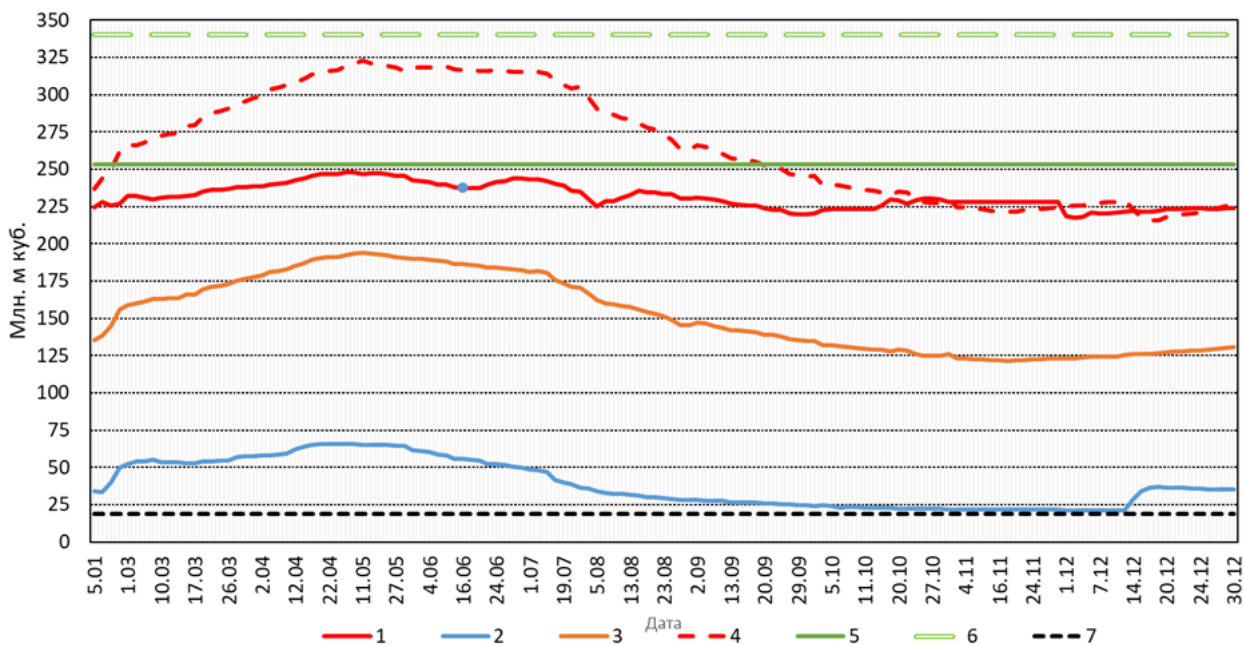


Рис. 3. Временной ход расчетного суммарного суточного максимального объема наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова по результатам анализа многолетнего среднего и минимального фактических объемов наполнения за 35 лет: 1 - многолетние суточные значения максимального фактического объема наполнения; 2 - многолетние суточные значения минимального фактического объема наполнения; 3 – среднемноголетние суточные значения фактического объема наполнения; 4. – расчетные значения суточного максимального фактического объема наполнения по формуле (2); 5 – полный проектный объем водохранилищ естественного стока на 2022 г.; 6 – расчетный полный проектный объем водохранилищ естественного стока; 7 – мертвый объем водохранилищ.

Из анализа графических зависимостей приведенных на рис. 3 установлено, что значения многолетних средних суточных объемов наполнения водохранилищ достигают максимальных значений $W_{срi} = 192 \dots 194$ млн. м³ в конце апреля и начале мая. В эти периоды многолетние минимальные суточные объемы наполнения водохранилищ естественного стока

составляют $W_{min_i} = 65 \dots 66$ млн. м³. В результате расчета по зависимости (2) установив значение максимального расчетного суточного полезного объема наполнения водохранилищ естественного стока по результатам анализа многолетних средних и минимальных значений объемов наполнения $W_{max_i}^* = 318 \dots 323$ млн. м³. Эти величины необходимо принимать в качестве оценки

суммарного полезного объема водохранилищ естественного стока. С учетом, рекомендуемой расчетной величины мертвого объема 5...10% от полного проектного получим, что суммарный полный проектный объем водохранилищ естественного стока Крыма необходимо увеличить как минимум до 330...350 млн м³. В результате, определим, что полный проектный объем водохранилищ естественного стока Крымского полуострова должен быть равным среднему расчетному значению максимального объема водохранилищ естественного стока $W_{max_i}=340$ млн. м³. которое необходимо обеспечить в периоды максимального притока, то есть в конце апреля, начале мая для более полного использования водотоков в период весенних и летних паводков.

Для оценки применимости и адекватности зависимости (2) по определению величины максимальных суточных объемов наполнения водохранилищ естественного стока Крымского

полуострова при отсутствии сброса из них составим временной ход фактического объема наполнения водохранилищ за январь – апрель 2022 г., который представлен на рис.4. Технологические сбросы за этот период выполнялись на 7 водохранилищах естественного стока: Аянское, Симферопольское, Партизанское, Белогорское, Тайганское, Загорское и Кутузовское. Технологический сброс из Аянского водохранилища поступал в Симферопольское, поэтому в расчетах его величина не учитывалась. Технологический сброс из Белогорского и Тайганского поступал в реку Биюк-Карасу, а из нее по каналу сбрасывался в СКК для подачи в наливные водохранилища Восточного Крыма. С учетом того, что в настоящее время СКК начал работать в эксплуатационном режиме, то расчет выполнялся для двух вариантов. В первом варианте учитывался весь технологический сброс из водохранилищ естественного стока, а во втором варианте сброс из Белогорского и Тайганского водохранилищ не учитывался.

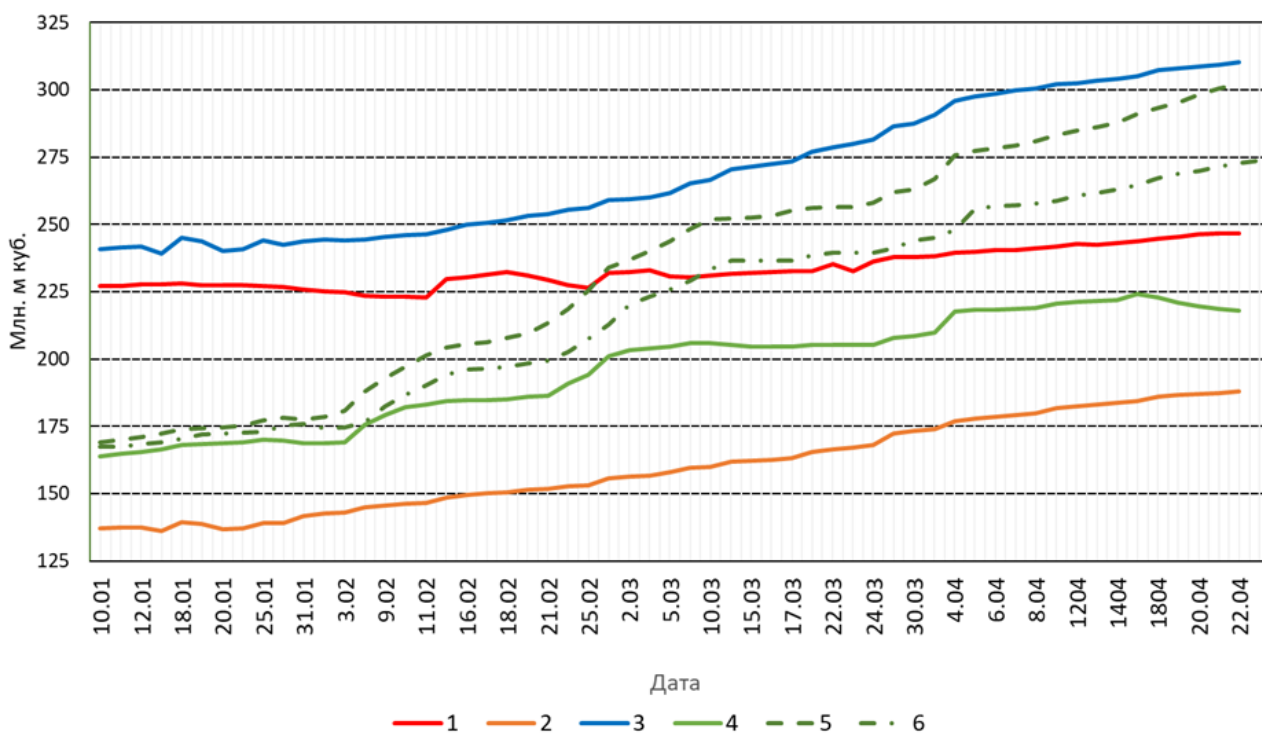


Рис. 4. Временной ход фактического и расчетного объема наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова за январь – апрель 2022 г.: 1 - многолетние суточные значения максимального фактического объема наполнения; 2 – среднемноголетние суточные значения фактического объема наполнения; 3 – расчетные значения суточного максимального фактического объема наполнения по формуле (2); 4 – суммарный фактический объем наполнения за 2022 г.; 5 - фактический объем наполнения за 2022 г. с учетом технологического сброса из всех водохранилищ (первый вариант расчета); 6 - фактический объем наполнения за 2022 г. с учетом технологического сброса из водохранилищ Симферопольское, Партизанское, Загорское, Кутузовское (второй вариант расчета).

Как показал анализ фактического объема наполнения водохранилищ естественного стока в начале 2022 г. их суммарный объем наполнения превышал среднемноголетние значения на 20%, несмотря на то, что в 2021 г. как видно из рис. 1., годовой приток в водохранилища естественного стока был меньше среднемноголетнего притока. Многолетние суточные значения максимального фактического объема наполнения водохранилищ

естественного стока Крымского полуострова в начале 2022 г. были на 38% выше, чем суммарный объем наполнения этого года. К середине апреля фактический объем наполнения половины водохранилищ естественного стока превышал 90% полного проектного объема, в том числе 5 наиболее крупных водохранилищ Крымского полуострова с объемами более 20 млн. м³. К середине марта 2022 г. было зафиксировано максимальное фактическое

суммарное наполнение водохранилищ естественного стока 206 млн. м³, что было больше среднемноголетнего значения на 29%, но меньше суточных значений максимального фактического объема наполнения всего на 12%. Высокие уровни фактического наполнения и обильные осадки начала года обусловили необходимость технологических сбросов для предотвращения переполнения водохранилищ естественного стока с февраля 2022 г. При расчетах фактического наполнения водохранилищ с учетом технологического сброса по первому варианту, то его величина 226 млн. м³, в том числе технологический сброс 31 млн. м³ соответствовала суточным значениям максимального фактического объема наполнения к концу февраля, а с учетом технологического сброса по второму варианту, то его величина 230 млн. м³, в том числе технологический сброс 28 млн. м³ соответствовал максимальным значениям наполнения в первой декаде марта.

Результаты расчета наполнения водохранилищ естественного стока при отсутствии сброса из них по расчетной зависимости (2) по данным для третьей декады апреля 2022 г. показал, что расчетный объем по первому варианту расчета, с учетом суммарного технологического сброса 84 млн. м³, составляет 302 млн. м³, что больше среднемноголетнего значения на 61%, многолетнего значения на 22% и меньше расчетного многолетнего

значения по формуле (2) всего на 3%. Расчетный объем по второму варианту расчета с учетом суммарного технологического сброса 56 млн. м³, составляет 273 млн. м³, что больше среднемноголетнего значения на 45%, многолетнего значения на 11% и меньше расчетного многолетнего значения по формуле (2) на 14%. Представленные результаты свидетельствуют о применимости и адекватности метода определения величины максимальных суточных объемов наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова при отсутствии сброса, который был предложен в работе [8]. Разность в оценках, которые получены по первому и второму вариантам расчета обусловлены тем, что расчетные значения на основе многолетних наблюдений объемов наполнения водохранилищ выполнены для всех водохранилищ, а в основе второго варианта расчета учитываются технологические сбросы только из 4 водохранилищ.

Важным фактором, влияющим на режимы водопользования Крымского полуострова, является сезонная и территориальная неравномерность распределения осадков, что существенно влияет на режимы наполнения водохранилищ естественного стока. На рис. 5 изображены картодиаграммы географического положения, проектных полных объемов водохранилищ естественного стока из которых в рассмотренный период 2022 г. совершался технологический сброс, а также величины этих сбросов.



Рис. 5 Картодиаграммы географического расположения, полных проектных объемов и технологических сбросов в январе – апреле 2022 г. водохранилищ естественного стока Крымского полуострова

Из анализа представленной картодиаграммы следует, что технологические сбросы выполнены из водохранилищ естественного стока, которые

питаются реками, истоки которых в основном расположены на северных склонах Крымских гор. С середины сентября 2021 г. уровень наполнения

водохранилищ естественного стока Крымского полуострова достиг 90...94% от среднего многолетнего наполнения [8]. К концу 2021 г. только два водохранилища (Аянское и Загорское) имели уровень наполнения более 85% от полного проектного объема, что обуславливало технологические сбросы из них. К концу апреля 2022г. в 9 водохранилищах из 15 процент наполнения превысил 85% от полного проектного объема. Суммарный проектный объем водохранилищ естественного стока из которых выполнялся сброс за этот период превышает 80% от полного проектного объема всех водохранилищ такого вида. Технологический сброс из водохранилищ по отношению к полному проектному объему составил 15...250%, где минимальное значение соответствует технологическому сбросу из Тайганского водохранилища, а максимальное значение - для Аянского.

Подача воды по СКК и его распределительным каналам кардинально изменила режимы водопользования Северного и Восточного Крыма, так как позволит полностью обеспечить водой сельское и жилищно-коммунальное хозяйство. Эти изменения по значительному увеличению доступных водных ресурсов в Крыму естественно положительно повлияют на хозяйственную деятельность полуострова. Несмотря на это схема водопользования Южного Берега Крыма практически не изменится. Реки и водостоки, выклинивающиеся на южных склонах Крымских гор, имеют относительно малые длины и площади поверхностного водосбора, но отличаются значительной разницей среднегодовых расходов от максимальных в паводок. Поэтому существующая система подачи воды в системы водоснабжения населенных пунктов Южного берега Крыма из этих источников не способна использовать огромный потенциал водных ресурсов в режиме их наибольших расходов. В результате, большая часть пресной воды, пригодной для системы водоснабжения, уходит в море. Поэтому этот район Крыма в настоящее время обладает наибольшим потенциалом неиспользуемых водных ресурсов, пригодных для питьевого водоснабжения.

Естественными для климата Крымского полуострова являются неравномерности распределения осадков по его зонам и временам года, а также периодическое чередование водообильных периодов с обильным притоком в водохранилища и вододефицитных периодов с засухой разной интенсивности. Эти особенности могут быть одними из причин водного дефицита. Поэтому более полное использования водотоков в период весенних и летних паводков многоводных лет путем увеличения суммарного полезного объема водохранилищ естественного стока Крыма является одним из путей решения проблем дефицита водных ресурсов в Крыму.

Для обоснования путей решения проблем обеспечения водной безопасности республики

Крым и города Севастополя необходимо создание перспективной балансовой схемы водного хозяйства полуострова Крым с разработкой схемы "Всекрымского водовода" с поэтапным объединением в единую систему источников водоснабжения, для распределения воды по водохранилищам в разных зонах полуострова с исключением сброса водных ресурсов. Такая модель разрабатывается с учетом ограниченных возможностей регулирования объемов наполнения водохранилищ естественного стока для удовлетворения ресурсной потребности всех видов потребителей, а также недостаточной комплексности использования водных ресурсов на отдельных водохозяйственных участках [9].

Водное хозяйство Крымского полуострова долгое время развивалось под определяющим давлением текущих, кратко и среднесрочных экономических и социальных интересов. Поэтому долгосрочные перспективы и последствия этого развития комплексно и системно не анализировались, и недостаточно принимались во внимание при выборе соответствующих мер. Важным этапом обеспечения устойчивого развития систем водоснабжения Крыма, в новых условиях открытия подачи воды по СКК, является разработка концепции развития водного хозяйства на основе перехода к его интенсивным методам водопользования и современным технологиям решения проблем водного дефицита. В концепции развития необходимо учитывать воспроизводственный потенциал природных гидросистем Крыма, воздействие на них не только непосредственно водного хозяйства, но всех сфер деятельности и отраслей экономики, с разработкой долгосрочных прогнозов изменений потребности в пресной воде.

ВЫВОДЫ

Для оценки способов решения проблем дефицита водных ресурсов в Крыму необходимы комплексные исследования закономерностей фактического наполнения водохранилищ естественного стока, так как они являются главным источником водоснабжения населения и во многом определяют социально-экономические условия жизнеобеспечения полуострова.

Восстановление подачи днепровской воды по СКК позволяет полностью обеспечить сельскохозяйственное водоснабжение полуострова, существенно улучшить водоснабжения населения Восточного Крыма, а также обеспечить аварийные запасы на случай вододефицитных периодов, как дополнительного источника пресной воды. Несмотря на это, возобновление эксплуатации СКК требует модернизации и переоценки структуры водопользования Крымского полуострова с учетом современных технологий и методов обеспечения водной безопасности в вододефицитных регионах.

Представлена расчетная зависимость для количественной оценки суммарного полного

проектного объема водохранилищ естественного стока на основе многолетних значений суточных минимальных и средних объемов фактического наполнения. На основе этой зависимости выполнен анализ временного хода фактического наполнения водохранилищ естественного стока Крыма за многолетний период, на основании которого установлено, что для этих водохранилищ суммарный полный проектный объем занижен на 70 млн м³.

Оценка применимости предложенного метода расчета выполнена на основе анализа временного хода фактического объема наполнения водохранилищ Крымского полуострова за январь – апрель 2022 г., который позволил определить величины максимальных суточных объемов наполнения водохранилищ при отсутствии сброса из них. Представленные результаты, на основе анализа фактических данных, свидетельствуют об адекватности предложенного метода для определения величин максимальных суточных объемов наполнения водохранилищ естественного стока Крымского полуострова при отсутствии технологического сброса.

Наибольшим потенциалом неиспользуемых водных ресурсов, пригодных для питьевого водоснабжения населенных пунктов обладают местные источники Южного берега Крыма, так как существующая система подачи воды в системы водоснабжения из этих источников не способна использовать огромный потенциал водных ресурсов в режиме их наибольших расходов. В результате, большая часть пресной воды, пригодной для системы водоснабжения, уходит в море.

Решение проблем дефицита водных ресурсов на Крымском полуострове в маловодные периоды должно быть основано на создании перспективной балансовой схемы водного хозяйства всего полуострова с поэтапным объединением в единую систему источников водоснабжения для распределения воды по водохранилищам в разных зонах полуострова, а также более полного использования водотоков в период весенних и летних паводков многоводных лет с исключением технологических сбросов водных ресурсов путем увеличения суммарного полезного объема водохранилищ естественного стока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Потребление воды: экологический, экономический, социальный и политический аспекты // М.: Наука, 2006. 221 с.
2. Postel. The last oasis. Facing water scarcity. – London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p
3. В.И. Данилов-Данильян. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. — М.: ООО «Типография ЛЕВКО», 2009. — 88 с.

4. Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года. Распоряжение Правительства РФ от 27 августа 2009 г. N 1235-р. Электронный ресурс: режим доступа <http://government.ru/docs/10049/>(дата обращения 10.03.2022 г.)

5. Постановление Правительства РФ от 19.04.2012 N 350 (ред. от 31.05.2017) "О федеральной целевой программе "Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 годах". Электронный ресурс: режим доступа: <http://government.ru/docs/37156/>(дата обращения 10.03.2022 г.)

6. Николенко И.В., Копачевский А.М. Основные направления разработки комплекса мер по решению проблем дефицита воды в Крыму// Строительство и техногенная безопасность №21(73) – 2021. – 147 – 160.

7. С. Г. Добровольский, И. П. Лебедева, М. Н. Истомина, И. В. Соломонова. Водохранилища мира: анализ количественных параметров и воздействия на структуру многолетних изменений стока регулируемых рек// Водные ресурсы, 2020, том 47, № 1, с. 3–15.

8. И.В. Николенко, А.М. Копачевский, Э.А. Каримов. Анализ наполнения водохранилищ естественного стока для обоснования путей решения проблем обеспечения водной безопасности Республики Крым и города Севастополя// Водные ресурсы, 2022, том 49, № 4, с. 1–16

9. Каюкова Е.П., Барабошкина Т.А., Бударина В.А. Ресурсный потенциал пресных вод Крыма. Статья 2. Водные ресурсы, экология и политика // Вест. Воронеж. гос. ун-та. Серия: геология. 2016. № 1. С. 131–135.

10. Каюкова Е.П., Юровский Ю.Г. Водные ресурсы Крыма // Геоэкология. инженерная геология. гидрогеология. Геокриология. 2015. № 6. С. 505–512.

11. Лущик А.В., Горбатюк Н.В., Морозов В.И. Водоотбор и его влияние на подземные воды пригодные для хозяйственно-питьевого водоснабжения в Крыму// Строительство и техногенная безопасность №2(54) – 2016. – 83 – 91.

REFERENCES

1. Danilov-Danilyan V.I., Losev K.S. Water consumption: ecological, economic, social and political aspects // Moscow: Nauka, 2006. 221 p.
2. Postel. The last oasis. Facing water scarcity. – London: Earthscan Publications Ltd., Worldwatch Institute, 1992. – 226 p
3. V.I. Danilov-Danilyan. Water resources of the world and prospects of the water management complex of Russia. — М.: ООО "Типография ЛЕВКО", 2009. — 88 p.
4. Water strategy of the Russian Federation for the period up to 2020. Order of the Government of the Russian Federation of August 27, 2009 N 1235-R. Electronic resource: access mode

<http://government.ru/docs/10049> //(accessed 10.03.2022)

5. Decree of the Government of the Russian Federation of 19.04.2012 N 350 (ed. of 31.05.2017) "On the federal target program "Development of the water management complex of the Russian Federation in 2012-2020". Electronic resource: access mode: <http://government.ru/docs/37156> //(accessed 10.03.2022)

6. Nikolenko I.V., Kopachevsky A.M. The main directions of the development of a set of measures to solve the problems of water scarcity in the Crimea// Construction and technogenic safety №21(73) – 2021. – 147 – 160.

7. S. G. Dobrovolsky, I. P. Lebedeva, M. N. Istomina, I. V. Solomonova. Reservoirs of the world: analysis of quantitative parameters and impact on the structure of long-term changes in the flow of regulated rivers// Water Resources, 2020, volume 47, No. 1, pp. 3-15.

8. I.V. Nikolenko, A.M. Kopachevsky, E.A. Karimov. Analysis of the filling of natural runoff reservoirs to substantiate ways to solve the problems of ensuring water security of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol// Water Resources, 2022, volume 49, No. 4, pp. 1-16

9. Kayukova E.P., Baraboshkina T.A., Budarina V.A. Resource potential of fresh waters of the Crimea. Article 2. Water resources, ecology and politics // West. Voronezh. State University. Series: Geology. 2016. No. 1. pp. 131-135.

10. Kayukova E.P., Yurovsky Yu.G. Water resources of the Crimea // Geocology. engineering geology. hydrogeology. Geocryology. 2015. No. 6. pp. 505-512.

11. Luschik A.V., Gorbatyuk N.V., Morozov V.I. Water sampling and its effect on groundwater suitable for domestic drinking water supply in the Crimea// Construction and technogenic safety №2(54) – 2016. – 83 – 91.

ASSESSMENT OF WAYS TO SOLVE DEFICIT PROBLEMS WATER RESOURCES IN CRIMEA

Nikolenko I.V.¹, Karimov E. A. ², Melnikova N.S.³

^{1,3} V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Academy of construction and architecture, 181, Kievskaya str., Simferopol, 295050, Russian Federation

¹e-mail: nikoshi@mail.ru

²simferopol branch of GBU RK "Krymmeliiovodkhoz"

²e-mail: karimov_ervin@mail.ru

Abstract. The article evaluates possible ways to solve the problems of water scarcity in the Crimea based on the analysis of long-term characteristics of filling reservoirs of natural runoff of the Crimean peninsula. Despite the unblocking of the North Crimean Canal and the restoration of the supply of Dnieper water to the Crimean peninsula, for water-deficient periods of the region, it is necessary to search for methods of ensuring water safety based on modern technologies. The analysis of the filling of reservoirs of the natural flow of the Crimean Peninsula over a long period showed that their inflow significantly differs for arid and watery years. The expediency of more complete use of watercourses during spring and summer floods of high-water years by increasing the total useful volume of reservoirs of natural flow of the Crimea is shown. The assessment of the applicability and adequacy of the developed model for determining the maximum daily volumes of filling of reservoirs of natural flow of the Crimea is carried out.

The subject of the researches. Regularities of the degree of filling of reservoirs of the natural flow of the Crimean Peninsula during a long-term observation period, as the main sources of water resources, to assess ways to solve the problems of ensuring water security of the Republic of Crimea and the city of Sevastopol.

Materials and methods of research: The collection, systematization, statistical processing and analysis of the regularities of the degree of filling of reservoirs of the natural flow of the Crimean Peninsula during the 38-year observation period was carried out according to the information of the State Committee for Water Management and Land Reclamation of the Republic of Crimea. The analysis of objective and subjective factors of the occurrence of water scarcity on the peninsula was carried out, on the basis of which an assessment of ways to solve it was carried out. The factors influencing the degree of filling of the reservoirs of the natural flow of the Crimean peninsula, which are the main source of water supply for the population of Crimea and largely determines the socio-economic conditions of the peninsula's life support, are analyzed.

Results. The factors influencing the degree of filling of reservoirs of the natural flow of the Crimean peninsula are established, and the need to increase their total design volume is justified. The calculated dependence for determining the maximum daily filling volumes of natural runoff reservoirs based on long-term observations of their filling is presented. An assessment of the applicability and adequacy of the presented dependence was carried out based on data on the daily volumes of filling of reservoirs of natural runoff of the Crimean Peninsula for January – April 2022. The values of technological discharges have been established, the use of which will increase the total design volume of natural runoff reservoirs.

Conclusions. According to the results of the analysis of the regularities of the degree of filling of reservoirs of natural runoff of the Crimean peninsula over a long period, it was found that one of the ways to solve the problems of water scarcity in the Crimea is the need to increase the design useful volume of filling reservoirs of natural runoff to 318 ...323 million m³. These values of the total useful volume of natural runoff reservoirs are provided through the use of currently existing technological discharges

Key words: water resources, shortage, reservoir, natural runoff, unevenness, annual inflow, filling volume, technological discharge, estimated filling volume

УДК 69.059.4/502.51

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТА НА РЕАЛЬНЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ ПРЕДПРИЯТИЯ МАСЛОЭКСТРАКЦИИ

Стрелков А.К., Базарова А.О., Теплых С.Ю

ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет (СамГТУ), Академия строительства и архитектуры
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244,
a19400209@yandex.ru, bystranova14@mail.ru

Аннотация. Технология пищевых производств в последние десятилетия подверглась значительным изменениям, были внесены кардинальные изменения в технологическую цепочку, что приводит к образованию сточных вод с более высокими концентрациями загрязнений по различным показателям. Большая часть предприятий расположена в селитебной зоне, что усложняет строительство очистных сооружений ввиду ограниченной территории. Предприятия пищевой промышленности являются источником образования жиросодержащих сточных вод, к применению предложен биопрепарат для очистки сточных вод, который является сравнительно новым направлением в очистке сточных вод и широко не изучен. Микроорганизмы деструкторы в составе биопрепарата, способны расщеплять жиры, белки и другие сложные вещества органического происхождения на более простые органические вещества, которые, в свою очередь, легко разлагаются культурами до углекислоты и воды.

Предмет исследования: сточные воды маслоэкстракционного завода г. Безенчук.

Материал и методы: эксперимент проведен в динамических условиях на территории маслоэкстракционного завода г.Безенчук на изготовленной модельной установке со следующим набором сооружений: аэрационное сооружение с компрессором, отстойник, емкость накопитель для рециркуляции биомассы, насос подачи исходной воды, а также емкость-усреднитель. Химический анализ по показателям: БПК_{полн}, жиры, нефтепродукты, фенолы, выполнен в аккредитованной гидрохимической лаборатории Академии строительства и архитектуры СамГТУ. Ежедневно проводился контроль технологических параметров работы модельной установки, расхода на подающих насосах, рециркуляции биомассы, показателя рН в поступающем и очищенном стоке на рН-метре, рН-150МИ, уровень концентрации растворенного кислорода в аэрационном сооружении оксиметром Охi 3310.

Результаты: Произведен сбор и анализ данных на маслоэкстракционном заводе в г. Безенчук. Определены поступающие концентрации на очистные сооружения и представлен график колебания показателей в течение суток. Диктующими показателями приняты: жиры нефтепродукты, фенолы. Изучение биохимической очистки сточных вод маслоэкстракционного завода с применением биопрепарата проходила в динамических условиях на разработанной и изготовленной модельной установке. Представлены графики изменения диктующих показателей при различных режимах работы маслоэкстракционного завода. Подобрана доза и режим введения биопрепарата, а также определена эффективность применения на сточных водах маслоэкстракционной промышленности.

Выводы: Применение биопрепарата свидетельствует о перспективности его использования для интенсификации процессов очистки сточных вод, снижения уровня выделения неприятных запахов и повышения санитарной безопасности объектов канализационного хозяйства.

Ключевые слова: масложировые сточные воды, жиры, нефтепродукты, фенолы, биологический метод очистки.

ВВЕДЕНИЕ

Основными источниками образования жиросодержащих сточных вод являются предприятия пищевой промышленности, из общего количества образующихся сточных вод, до 78% загрязняются жирами, концентрация которых достигает от 490 мг/л до 4000 мг/л [2,10,16].

Технология производства предприятий пищевой промышленности значительно изменилась за последние десятилетия. Очистные сооружения были построены исходя из технологии производства запатентованной ранее. Большая часть предприятий пищевой промышленности расположена в селитебной зоне, что усложняет строительство очистных сооружений, ввиду ограниченной территории. Загрязненные сточные воды подвергают очистке совместно с бытовыми сточными водами населенных пунктов или других предприятий [1,6]. Самостоятельная очистка производится только при отсутствии технической

возможности или экономической целесообразности подачи стоков на общие очистные сооружения.

Актуальность данного исследования заключается в том, что проблема очистки масложировосодержащих сточных вод определяется потребностью в проведении реконструкции существующих и строительстве новых предприятий по переработке масленичных семян [3,7]. Значительная доля действующих предприятий не оборудована сооружениями очистки сточных вод, либо эти сооружения требуют реконструкции.

Наличие жировых веществ в высоких концентрациях в сточных водах вызывают сложности не только в работе очистных сооружений, но и отрицательно влияет на жизнедеятельность микроорганизмов активного ила [14]. Одним из перспективных способов решения этой проблемы является использование высокоэффективных микроорганизмов-деструкторов жировых веществ и созданных на их основе биопрепаратов [4,8,9,11,13,15].

В настоящее время существует ряд биопрепаратов, используемых для локальной

очистки сточных вод. Это консорциумы микроорганизмов, выделенные методом накопительных культур из активного ила аэротенков городских сооружений очистки сточных вод. Они используются для очистки сточных вод местного значения, например в селах, дачных и коттеджных поселках, небольших поселках городского типа, мини-заводах и т.п. Биопрепараты, содержащие ограниченное число видов микроорганизмов, по спектру разлагаемых веществ уступают свежему активному илу. Однако, они содержат быстро растущие штаммы, которые инициируют процессы разложения органических загрязнений.

Действие биопрепаратов заключается в том, что в процессе своей жизнедеятельности микроорганизмы вырабатывают ферменты, которые способны расщеплять жиры, белки и другие сложные вещества органического происхождения на более простые органические вещества, последние в свою очередь легко разлагаются культурами до углекислоты и воды [12]. После добавления препарата возрастает концентрация микроорганизмов, а, следовательно, степень очистки. В качестве питательных элементов биопрепараты содержат соли азота и фосфора, которые стимулируют рост микроорганизмов и выработку ими липолитических, амилазолитических, карбогидразных, и др. ферментов, максимально облегчающих разложение органических загрязнений. Аналогичные биоактиваторы, но с несколько другим составом, применяются так же при производстве компоста, в биотуалетах и т.п.[5].

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Методы биологической очистки отображены в работах С.В. Яковлевым, Т.А. Карюхиной, И.В. Скирдовым, В.Н. Швецовым, А.А. Бондаревым, К.М. и др. Качественный и количественный состав сточных вод, поступающих от предприятий маслоэкстракционной промышленности, изучен в работах Мачигина В.С.

Исследованием по возможности использования микроорганизмов для очистки жиросодержащих сточных вод занимались как российские ученые: Меледина Т.В., Соколова А.А., Федосеева Л.А., Проскорякова Н.В., Кобызева Н.В., так и зарубежные авторы: Abdul Karim M.I., Bhumibhamon O., Da-Silva O., Deive F.J., Lasik M, Prasad M., Rattanapan C., Sipinyte V., и др.

Анализ изученной литературы подтверждает перспективное применение биологического метода очистки. Однако из-за особенности технологического процесса маслоэкстракционной промышленности, а именно, высокой температуры стоков от 40 до 60 °С, требуется усовершенствования метода биологической очистки, путем проведения эксперимента на масложировых сточных водах с использованием термофильных бактерий в составе биопрепарата.

ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования является сточная вода маслоэкстракционного завода в г. Безенчук, Самарской области. Основной продукцией маслоэкстракционного завода, является пищевое подсолнечное масло. Производительность завода по семенам подсолнечника с отделением плодовой оболочки до 1270 т/сутки.

В настоящее время на территории Безенчукского предприятия образуются три вида стока:

1.Производственные сточные воды. Стоки от технологических процессов участка рафинации и дезодорации, поступают в жироловушку для предварительной отчистки, после очищения поступают в производственную канализацию, где смешиваются с производственными стоками участка розлива и склада хранения готовой продукции.

2.Хоз-бытовые сточные воды. В хозяйственную канализацию поступают стоки со всех участков (цехов), после использования воды на хозяйственные нужды (раковины, душевые, сан. узлы и т.д.). Стоки с территории завода сбрасываются в городской коллектор через два узла учета.

3.Ливневая канализация. В ливневую канализацию поступают стоки с дождеприемных колодцев, образовавшихся после выпадения осадков. Перед сбросом на ЛОС (локальных очистных сооружений), стоки проходят предварительную отчистку на песконефтеуловителе.

Максимальный часовой расход стоков, подлежащий очистке – 800 м³/сут (144 м³/ч). Температура поступающих сточных вод колеблется от 40 до 60 °С.

Усреднённые показатели поступающего стока на очистные сооружения маслоэкстракционного завода г. Безенчук за 2020 г. представлены в таблице 1. На основании анализа показателей, приведенных в таблице 1 определены диктующие показатели, а именно: БПК, жиры, нефтепродукты и фенолы. Кроме того, стоки маслоэкстракционной промышленности характеризуются неравномерностью притока и колебаниями концентраций загрязняющих веществ, вследствие залповых сбросов от периодических промывок и дезинфекции технологического оборудования.

В таблице 2 приведены колебания показателей загрязняющих веществ в сточных водах после очистных сооружений маслоэкстракционного завода г. Безенчук при нормальном режиме работы завода. Выполненный анализ данных таблицы 2, показал, что качественный состав сточных вод на протяжении суток крайне нестабилен. Это обусловлено интервалом времени изготовления готовой продукции и промывкой оборудования на предприятии. Значительные колебания концентраций органических загрязнений по, БПК от 208 до 681 мг/л, жиры от 39 до 91 мг/л, нефтепродукты от 0,6 до 1,75.

Таблица 1. Усреднённые показатели поступающего стока на очистные сооружения маслоэкстракционного завода г. Безенчук за 2020 г.

Table 1. Average indicators of incoming runoff to the treatment facilities of Bezenchuk oil extraction plant in 2020

Показатели	При постоянном режиме работы всех цехов на территории завода	При ремонте/мойке части или всех цехов на территории завода
РН	7,3	9,51
БПК-5, мг/л	196	50
Взвешенные вещества, мг/л	306	28
СПАВ, мг/л	0,3	Более 10
Жиры, мг/л	407,8	28,1
Сульфаты, мг/л	150	129
Хлориды, мг/л	787,0	950,0
Нефтепродукты, мг/л	2,87	0,6
Фенол, мг/л	0,11	<0,0005
Железо общее, мг/л	1,7	0,78
Никель, мг/л	<0,015	<0,0038
Медь, мг/л	0,01	0,0022
Хром общий, мг/л	<0,025	<0,01
Аммиак, мг/л	2,42	1,54
Нитраты, мг/л	2,35	0,72
Нитриты, мг/л	0,38	0,065
Фосфаты, мг/л	0,57	0,28

Таблица 2. Колебания загрязняющих веществ в сточных водах после очистных сооружений маслоэкстракционного завода г. Безенчук при нормальном режиме работы завода

Table 2. Fluctuations of pollutants in wastewater after its purification by treatment facilities of Bezenchuk oil extraction plant during the plant normal mode of operation

Показатели	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	Среднее
БПК ₅	359	446	629	482	681	670	208	496,4
Жиры	51	89	72	43	78	91	39	66,1
Нефтепродукты	0,005	0,005	0,09	0,005	0,005	0,07	0,005	0,026
Фенолы	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	<0,1	<0,005	0,018

Качественный состав сточных вод и особенность маслоэкстракционного производства, создают сложные условия для выбора способа очистки. Высокая температура поступающих стоков 40-70 °С, на очистные сооружения вынуждает работников обслуживающих очистные сооружения предпринимать меры для снижения температуры, а именно, разбавлять поступающий сток холодной водой для эффективной очистки сточных вод физико-химическим методом, который в свою очередь не очищает до норм ПДК для сброса в городскую канализацию г. Безенчук, а также загрязняет осадок солями тяжелых металлов.

Применяемый дорогостоящий флокулянт, который не удовлетворяет установленным нормам и приводит к платам за сброс превышений по нормируемым показателям, подтолкнул к поиску нового экономически выгодного и экологичного препарата. На основании чего, к использованию предложен новый ранее не применяемый биопрепарат «Русский Богатырь №4».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основной целью исследования является проведение эксперимента с применением биопрепарата в динамических условиях и создание более эффективной технологии очистки сточных вод с высокой концентрацией жиров, а также примесью нефтепродуктов и фенолов, на уже существующих предприятиях пищевой промышленности находящихся в селитебной зоне.

Модельная установка включает в себя: аэрационное сооружение 50 л с компрессором, отстойник 100 л, емкость накопитель для рециркуляции биомассы 10 л, насос подачи исходной воды, а также емкость-усреднитель объемом 100 л. На рисунке 1 представлена разработанная схема модельной установки и фотография созданной установки.

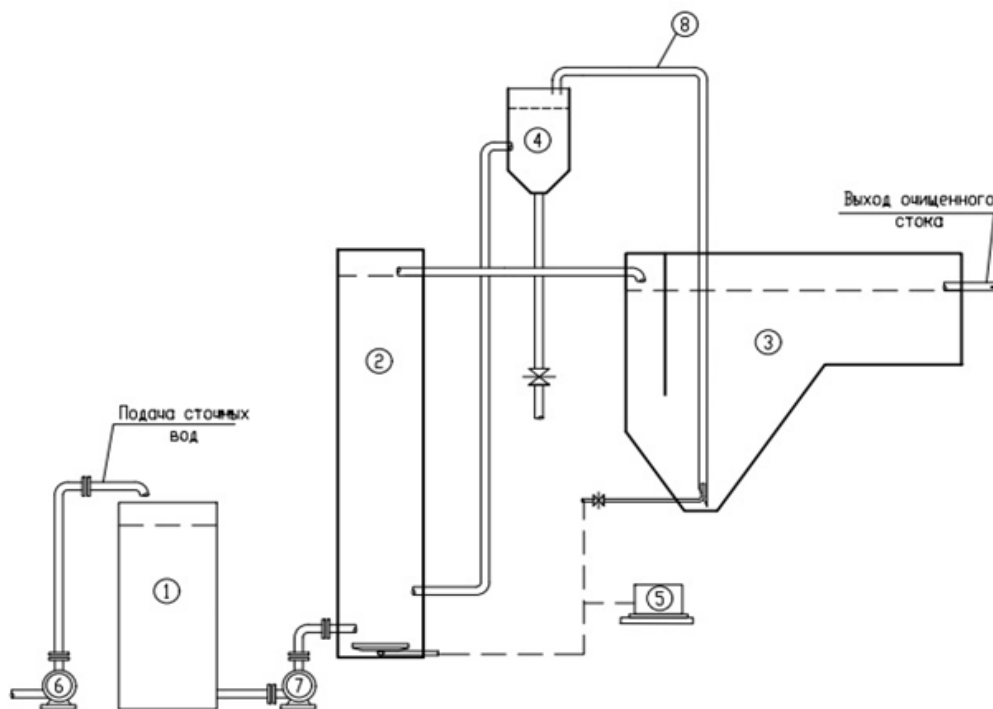


Рис. 1 Схема модельной установки с рециркуляцией биомассы: 1-емкость-усреднитель для отбора поступающих проб; 2-аэрационное сооружение; 3-отстойник; 4-емкость накопитель для рециркуляции биомассы; 5- компрессором; 6- насос подачи исходной воды 7-насос подачи из емкости-усреднителя; 8-эрлифт.

Fig. 1 Scheme of a model system with biomass recirculation: 1 - averaging tank for sampling; 2 - aeration facility; 3 - settling tank; 4 - storage tank for biomass recirculation; 5 - compressor; 6 - source water supply pump; 7 - feed pump from the averaging tank; 8 - airlift.

Поступающие производственные сточные воды, предварительно подвергались механической очистке на локальной жироловушке в цехе экстракции. Сточные воды по трубопроводу попадали в приемную камеру, откуда насосом с установленным расходом (6) поступали в емкость (1), где происходило усреднение объема сточных вод. Далее насосом (7), сточные воды подавались в аэрационное сооружение (2), оборудованное воздушным компрессором для подачи кислорода из атмосферы (5), затем предварительно очищенный сток попадал в отстойник (3), где происходило осаждение загрязняющих веществ. Модельная установка была оборудована специальной емкостью (4) для накопления и рециркуляции (8) биомассы, полученной в процессе введения биопрепарата. Производительность модельной установки составила 40-50 л/ч, что соответствует 0,96-1,2 м³/сут. Ниже, на рисунке 2.2 представлена фотография модельной установки, на которой был осуществлен эксперимент на сточных водах маслоэкстракционного завода.

Химического анализа по следующим показателям: БПК_{полн}, жиры, нефтепродукты, фенолы, выполнен в аккредитованной гидрохимической лаборатории Академии строительства и архитектуры СамГТУ три раза в неделю. Ежедневно проводился контроль технологических параметров работы модельной установки, расхода на подающих насосах, рециркуляции биомассы, концентрации рН в

поступающем и очищенном стоке рН-метром, рН-150МИ, уровень концентрации растворенного кислорода в аэрационном сооружении оксиметром Охi 3310.

Экспериментальные исследования на модельной установке (рис. 1) проводились на территории маслоэкстракционного завода г. Безенчук в период с 30.06.2021 г по 19.11.2021 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В процессе эксперимента, после пусконаладочных работ, были определены 4 режима работы модельной установки, характеризующие: концентрацией загрязняющих веществ на входе, дозой биопрепарата и интервалом времени в течение, которого наблюдается эффект очистки при разово введенной дозе. В период с 02.09.21 г по 28.09.21, из-за проведения ремонтных работ, сточные воды предприятий маслоэкстракционной промышленности характеризовались низкими концентрациями жиров от 1 до 8 мг/л и высокой концентрацией по СПАВ, более 10 мг/л, что в свою очередь затрудняло проведение анализа. По этой причине оценка 4-го режима работы была осуществлена за период с 21.09.21 г по 02.09.21 г и в период с 28.09.21 г. по 16.10.21 г. Более подробно особенности каждого из режимов представлены в таблице 4.4.

Таблица 3. Описание режимов работы при котором осуществлялся эксперимент на территории завода г. Безенчук
Table 3. Description of operating modes under which the experiment was carried out on the territory of Bezenchuk oil extraction plant .

Режим	Режим работы завода	Период проведения эксперимента	РН поступающих сточных вод	Температура поступающих сточных вод, °С	Концентрация поступающих жиров, мг/л	Рецикл биомассы
1	нормальный	30.06.2021-08.07.2021	7,7-8,25	41-65	210-494	да
2	нормальный	10.07.2021-16.07.2021	7,91-8,13	41-70	95-201	нет
3	ремонт	27.07.2021-19.08.2021	9,25-9,75	40-59	6-118	да
4	ремонт	17.08.2021-16.10.2021	8,98-9,85	40-50	22-86	нет

Запуск биологической очистки и активны рост биомассы происходил при 6,25 мг/л по сухому веществу, для поддержания эффекта очистки и прироста биомассы вводили 2,5 мг/л по сухому веществу в аэрационное сооружение. Время нахождения поступающих сточных вод в аэрационном сооружении, составила 50-60 мин.

Динамика изменений основных показателей в ходе биологической очистки на модельной установке при различных режимах работы (рис.4.1-4.3).

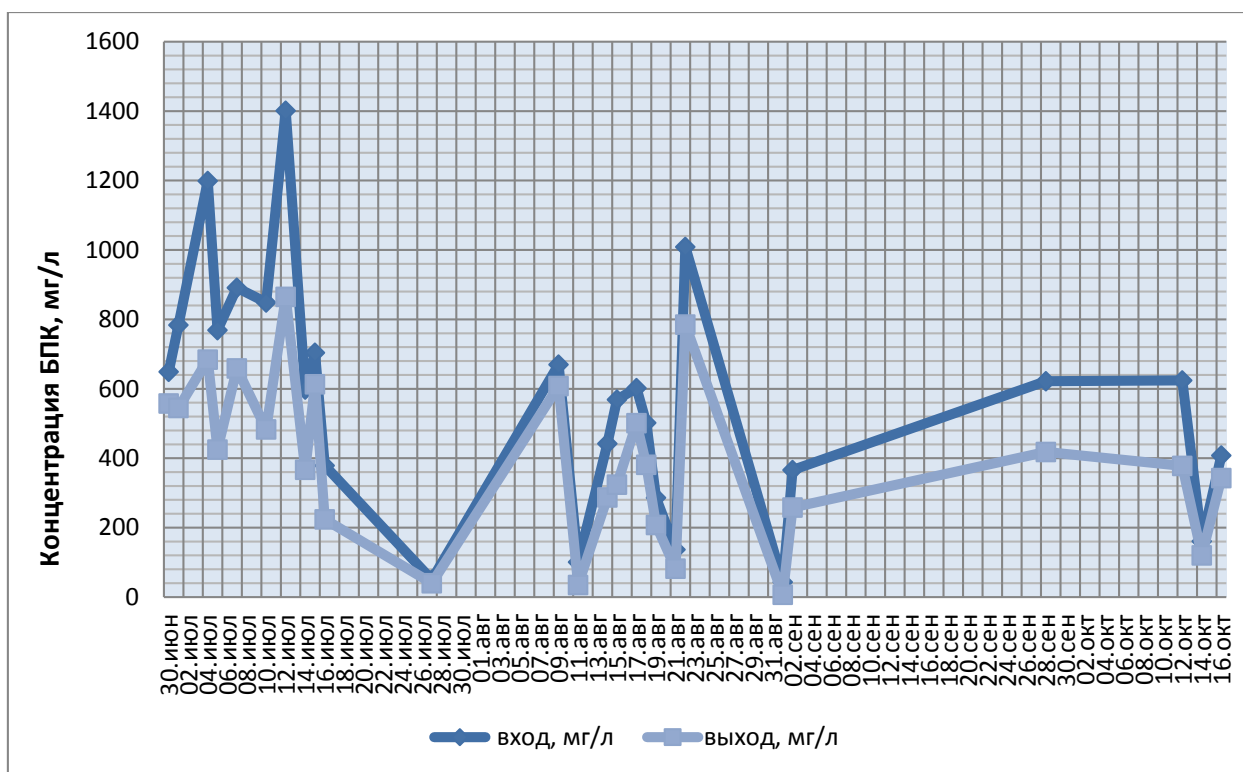


Рис. 2 График изменения БПК_{полн} при различных режимах работы модельной установки
Fig. 2 The graph of BOD_{full} changes under different operating modes of the model system

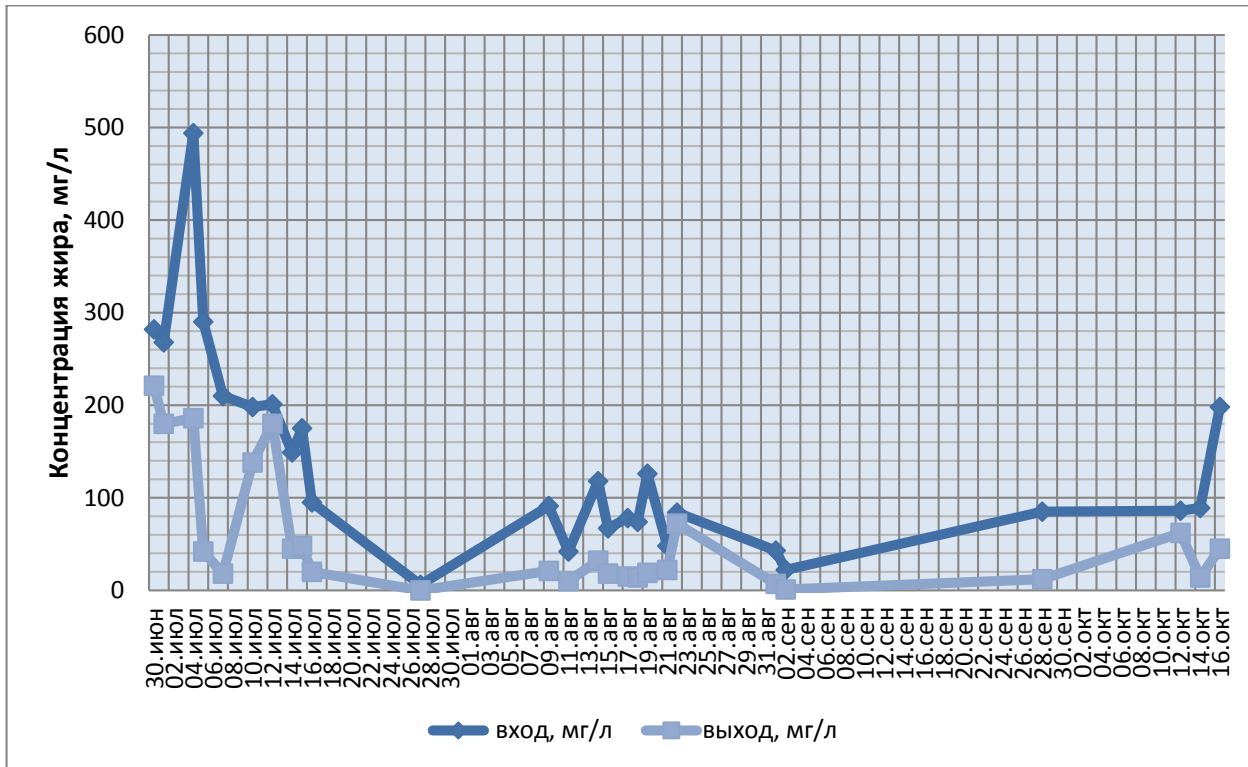


Рис. 3 График изменения концентрации жиров при различных режимах работы модельной установки
 Fig. 3 The graph of fat concentration changes under different operating modes of the model system

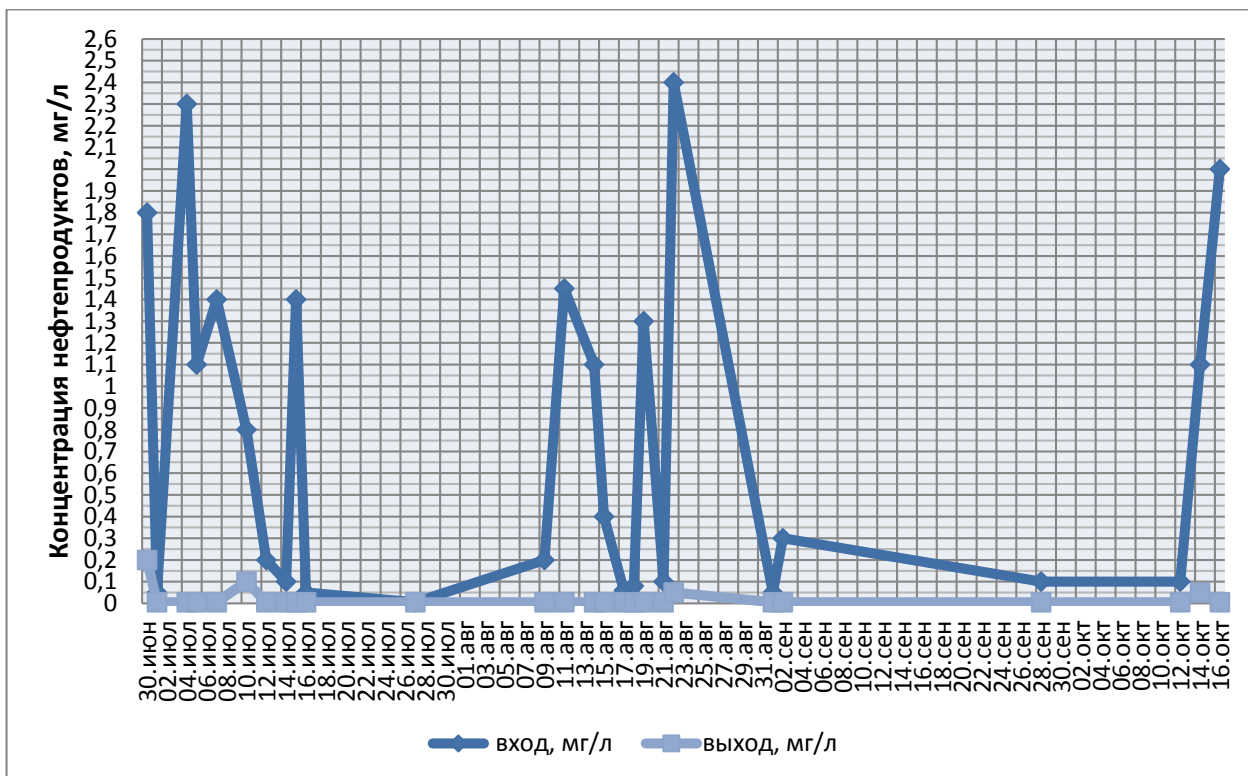


Рис. 4 График изменения концентрации нефтепродуктов при различных режимах работы модельной установки
 Fig. 4 The graph of petroleum products concentration changes under different operating modes of the model system

Поступающая концентрация фенолов на очистные сооружения маслоэкстракционного завода г. Безенчук, не имеет ярко выраженной динамики для отображения на графике, так как разовое максимальное значение колебалось в интервале 0,08-0,1 мг/л и успешно было очищено до концентрации 0,005 мг/л.

Таблица 4. Результативность применения биопрепарата на сточных водах маслоэкстракционного завода г. Безенчук при нормальном режиме работы

Table 4. The effectiveness of the use of the biological product in the wastewater of Bezenchuk oil extraction plant under its normal mode of operation

Показатель	Поступающий сток, мг/л			Очищенный сток, мг/л		
	Мин. знач.	Макс. знач.	Ср. знач.	Мин. знач.	Макс. знач.	Ср. знач.
БПК _{полн}	379	1401	822	224	865	542
Жиры	95	494	236	18	221	108
Нефте-ты	0,05	2,3	0,92	0,005	0,2	0,034
Фенолы	0,005	0,1	0,014	0,005	0,005	0,005

Таблица 5. Результативность применения биопрепарата на сточных водах маслоэкстракционного завода г. Безенчук в период проведения ремонтных работ

Table 5. The effectiveness of the use of the biological product in the wastewater of Bezenchuk oil extraction plant during repair operations

Показатель	Поступающий сток			Очищенный сток		
	Мин. знач.	Макс. знач.	Ср. знач.	Мин. знач.	Макс. знач.	Ср. знач.
БПК _{полн}	43	1009	412	7	785	298
Жиры	6	198	79	0	62	22
Нефте-ты	0,005	2,4	0,67	0,005	0,05	0,01
Фенолы	0,005	0,8	0,054	0,005	0,005	0,005

Этап исследования, проводимый на территории маслоэкстракционного завода и полученные графики изменения концентраций, позволили выяснить, что период времени, за который, происходит наращивание активной биомассы для эффективной очистки сточных вод составила от 4 до 6 дней.

Снижение эффективности очистки происходит на 5-е – 7-е сутки, что требует дополнительное дозирование биопрепарата 2,5 мг/л для поддержания эффекта очистки не ниже 75%.

Максимальные значения, по очищенному стоку отображенные в таблицах 4.5, 4.6, являются началом эксперимента по каждому из режимов очистки и не свидетельствуют о неэффективной работе биопрепарата.

Каждый из режимов имеет свои отличительные особенности. Так, при первом и втором режиме нормальной работы маслоэкстракционного завода, концентрации жировых веществ в очищенных сточных водах, менялась от 221 мг/л до 18 мг/л. В третьем и четвертом режиме ремонтных работ, снижение концентраций происходило от 72 до 0 мг/л. Данный режим имеет высокие концентрации в сточной воде по СПАВ, наличие, которого затрудняет извлечение и удаление жировых веществ. Несмотря на особенности каждого из режимов, эффективность очистки по жирам, после наращивания биомассы, в среднем составила 54-72%.

Очищенные сточные воды по органическим загрязнениям, а именно БПК_{полн}, в среднем имели концентрацию от 610 мг/л до 7 мг/л, которая зависела от степени активности биомассы, а также времени пребывания в аэрационном сооружении. Эффект очистки колеблется от 28 до 32%. Для достижения норм ПДК рыбохозяйственного

назначения требуется увеличение времени биологической очистки или применения дополнительных сооружений и способов очистки.

Концентрации нефтепродуктов и фенольных примесей изменялась от 0,05 до 1,8 мг/л и успешно была очищена до норм ПДК рыбохозяйственного назначения, во всех режимах работы модельной установки, спустя два дня после введения биопрепарата.

При проведении эксперимента на сточных водах маслоэкстракционного завода г. Безенчук, было выявлено, что ряд бактерий в составе биопрепарата, образует активную биопленку не только на стенках сооружений, но и на канализационных трубах. В свою очередь, биопленка доочищает сток от загрязнений, предотвращая отложения на стенках труб, которые ранее приводили к повторному загрязнению сточных вод.

Оценка полученных данных свидетельствует о том, что наибольший эффект очистки по жирам, нефтепродуктам и фенольным примесям был продемонстрирован с рециклом биомассы, а именно при 1 и 3 режиме работы.

ВЫВОДЫ

1. Осуществлен подбор оптимальной дозы и режим введения биопрепарата: 6,25 мг/л для запуска биохимической очистки и 2, 5 мг/л и для поддержания эффективной работы сооружений.

2. Использование биопрепарата в качестве ступени биологической очистки позволит сократить потребление водных ресурсов, так как сточные воды будут сразу поступать на ступень биохимической очистки.

3. Экспериментально доказано, что новый, ранее не применяемый биопрепарат обладает

деструктивной активностью по отношению к масложировым сточным водам и является перспективным методом очистки сточных вод. Для повышения эффекта очистки требуется увеличить время пребывания в аэрационном сооружении.

«Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-35-90026».

Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number № 20-35-90026.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лихачев Н.И., Ларин И.И., Хаскин С.А.. Канализация населенных мест и промышленных предприятий / Под общ. ред. В. Н. Самохина. М.: Стройиздат, 1981. 639 с.
2. Молоканов Д.А. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / Д.А. Молоканов, А.В. Молчан, Р.С. Хайрулин // Пищевая промышленность. – 2005.- №4. – с 15-17
3. Надысев В.С. Очистка сточных вод предприятий масложировой промышленности. М: Пищевая промышленность, 1976. 132 с.
4. Проскорякова Н.В. Разработка основы биопрепарата для деструкции жиров: автореф. дис. ...канд. Биол. Наук: 03.00.23 / Н.В. Поскрязова; Ин-т биологии Уфим. науч. Центра РАН.- Уфа, 2007. 24 с.
5. Титова Т.А. Эффективность применения инфльтрационных биоплато при очистки коммунальных сточных вод/ Титова Т.А.// Вестник Российского государственного аграрного заочного университета.-2016.-№ 15.-С.67-71
6. Товбин М., Файнберг Е.Е. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий. М.: Пищевая промышленность, 1965. 516 с.
7. Файнберг Е.Е., Товбин И.М., Луговой А.В. Технологическое проектирование жироперерабатывающих предприятий. М: Изд.ЛиПП, 1983. 416 с.\
8. Abdul Karim M.I. Treatment of palm oil mill effluent using microorganisms / M. I. Abdul Karim, N.A. Daud, D.Z. Alam // Current research and development in biotechnology engineering at International Islamic University Malaysia.- Kuala Lumpur, 2011. –Vol. III.- p 261-267
9. Bhumibhamon O. Biotreatment of high fat and oil wastewater bar lipase producing microorganisms / O. Bhumibhamon, A. Koirasertsak, S. Funthong // Kasetsart Journal. – 2002. – Vol.36. – p 261-267
10. Da-Silva O. Removal of organic pollutants from wastewater using humic substances / O. Da-Silva, E. Alpay // Water Resources Management. – 2003. – Vol. 8.- p 125-134
11. Deive F.J. Production of a thermostable extracellular lipase by *Kluveromyces marxianus* / F.J. Deive, M. Costas, M.A. Longo // Biotechnol. Lett.- 2003- Vol.25. – p 1403-1406

12. Lasik M. Thermophilic aerobic biodegradation of food industry wastewater./ M. Lasik, J. Novak // Biotechnologia.-2006. / – Vol. 74. - p 98-112

13. Prasad M. Comparative study on biodegradation of lipid-rich wastewater using lipase producing bacterial species / M. Prasad, K. Manjunath // Ind. J. Biotechnol. – 2001. –Vol. 10 – p 121-124

14. Rattanapan C. Enhanced efficiency of dissolved air flotation for biodiesel wastewater treatment by acidification and coagulation processes // C. Rattanapan [et al.] // Desalination.- 2011.-Vol.280.- p 370-377

15. Sipinyte V. Selection of fat-degrading microorganism for the treatment of lipid-contaminated environment / V. Sipinyte, S. Grigiskis, E. Baskys // Biologija.- 2009. –Vol.24 – p. 84-92.

16. Tchobanoglous G. Wastewater engineering: treatment and reuse / G. Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel. – New York: McGraw-Hill, 2003. – p 305

REFERENCES

1. Likhachev N I, Larin I I and Haskin S A 1981 Drainage of populated areas and industrial enterprises (Moscow: Stroizdat) p. 639
2. Molokanov D.A. Wastewater treatment of food industry enterprises / D.A. Molokanov, A.V. Molchan, R.S. Khairulin // Food industry. – 2005.- Vol 4. – p 15-17
3. Nadysev V S 1976 Wastewater treatment of oil and fat industry enterprises (Moscow: Food industry) p. 132
4. Proskoryakova N.V. Development of the basis of a biological preparation for the destruction of fats: abstract. dis. ...cand. Ufa, 2007. 24 p.
5. Titova T.A. The effectiveness of the use of infiltration bioplatos in the treatment of municipal wastewater/ Titova T.A.// Bulletin of the Russian State Agrarian Correspondence University -2016 -Vol 15.- p 67-71
6. Tovbin I M and Feinberg E E 1965 Technological design of fat-processing enterprises (Moscow: Food industry) p. 516
7. Feinberg E E, Tovbin I M and Lugovoy A V 1983 Technological design of fat-processing enterprises (Moscow: Light and Food Industry Publishing House) p. 416
8. Abdul Karim M.I. Treatment of palm oil mill effluent using microorganisms / M. I. Abdul Karim, N.A. Daud, D.Z. Alam // Current research and development in biotechnology engineering at International Islamic University Malaysia.- Kuala Lumpur, 2011. –Vol. III.- p 261-267
9. Bhumibhamon O. Biotreatment of high fat and oil wastewater bar lipase producing microorganisms / O. Bhumibhamon, A. Koirasertsak, S. Funthong // Kasetsart Journal. – 2002. – Vol.36. – p 261-267
10. Da-Silva O. Removal of organic pollutants from wastewater using humic substances / O. Da-Silva, E. Alpay // Water Resources Management. – 2003. – Vol. 8.- p 125-134

11. Deive F.J. Production of a thermostable extracellular lipase by *Kluyveromyces marxianus* / F.J. Deive, M. Costas, M.A. Longo // *Biotechnol. Lett.* - 2003 - Vol.25. – p 1403-1406
12. Lasik M. Thermophilic aerobic biodegradation of food industry wastewater. / M. Lasik, J. Novak // *Biotechnologia.* - 2006. / – Vol. 74. - p 98-112
13. Prasad M. Comparative study on biodegradation of lipid-rich wastewater using lipase producing bacterial species / M. Prasad, K. Manjunath // *Ind. J. Biotechnol.* – 2001. – Vol. 10 – p 121-124
14. Rattanapan C. Enhanced efficiency of dissolved air flotation for biodiesel wastewater treatment by acidification and coagulation processes // C. Rattanapan [et al.] // *Desalination.* - 2011. - Vol.280. - p 370-377
15. Sipinyte V. Selection of fat-degrading microorganism for the treatment of lipid-contaminated environment / V. Cbpinyte, S. Grigiskis, E. Baskys // *Biologija.* - 2009. – Vol.24 – p. 84-92.
16. Tchobanoglous G. Wastewater engineering: treatment and reuse / G. Tchobanoglous, F.L. Burton, H.D. Stensel. – New York: McGraw-Hill, 2003. – p 305

BIOCHEMICAL PURIFICATION OF OIL EXTRACTION PLANTS WASTEWATER BY USING A BIOLOGICAL PRODUCT

Strelkov A.K., Bazarova A.O., Teplyh S.Yu.

Samara State Technical University, Academy of Architecture and Civil Engineering
443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244,
a19400209@yandex.ru, bazarova14@yandex.ru, kafvv@mail.ru

Abstract. In recent years, the technology of food production has changed a lot. Most technological chains have also been completely transformed. As a result, wastewater generated by food industry enterprises, is characterized by with higher concentrations of pollutants according to different indicators. The fact that most food industry enterprises are located in residential areas complicates the construction of treatment facilities due to the limited territory. Food industry enterprises also generate fat-containing wastewater. In this paper, the researchers introduce a biological product for purifying fat-containing wastewater. Using biological products is a relatively new method of wastewater treatment which has not been widely studied yet. Microorganisms- destructors being a part of a biological product are capable of splitting fats, proteins and other complex substances of organic origin into simpler organic substances, which, in turn, are easily decomposed to carbon dioxide and water.

Subject of research: wastewater of Bezenchuk oil extraction plant

Material and methods: the experiment was carried out under dynamic conditions on the territory of the Bezenchuk oil extraction plant. The researchers used a specially manufactured model system consisting of an aeration facility with a compressor, a settling tank, a storage tank for biomass recycling, a source water supply pump, as well as an averaging tank. Chemical analysis considering such indicators as BOD_{full}, fats, petroleum products, phenols, was performed in the accredited hydrochemical laboratory of the Academy of Construction and Architecture of SamSTU. This model system technological parameters as well as the flow rate at the source water supply pumps, biomass recycling, pH indicators in the incoming and purified runoff (obtained with pH-meter), pH-150MI, the concentration level of dissolved oxygen in the aeration facility (obtained with an Oxi 3310 oximeter) were monitored daily.

Results: The data was collected at the oil extraction plant in Bezenchuk and analysed further in the laboratory. The researchers determined incoming concentrations at the treatment facilities and produced a graph of indicators fluctuations during the day. Fats, petroleum products and phenols were regarded as key indicators. The study of an oil extraction plant wastewater and its biochemical purification by using a biological product was carried out under dynamic conditions on a specially developed and manufactured model system. The researchers produced graphs of key indicators changes under different operating modes of the oil extraction plant, determined the biological product dosage and dose schedule as well as the effectiveness of its use for treating the wastewater of oil extraction plants.

Conclusions: The experiments of a biological product application show the potential of its use for the intensification of wastewater treatment processes, for the reduction of the level of unpleasant odours and for improving sanitary safety of sewage facilities.

Key words: fat-and-oil wastewater, fats, petroleum products, phenols, biological purification method.

УДК 628.166.094.3 (477.75)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ГИПОХЛОРИТОМ НАТРИЯ (НА ПРИМЕРЕ РЕКИ АЛЬМА РЕСПУБЛИКИ КРЫМ)

Скрябин А.Ю.¹, Иванкова Т.В.²

^{1,2} ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»
346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132,
E-mail: ¹vicsakhranov@ya.ru, ²academy-design@mail.ru

Аннотация. Основные трудности с водоснабжением современного Крыма обусловлены дефицитом питьевой воды, низкой санитарной надежностью систем водоподготовки, отсутствием достаточного количества обеззараживающих установок в сельской местности, неудовлетворительным состоянием водопроводных сетей. В создавшихся условиях весьма актуальной задачей стало обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности населения путем сохранения экологической безопасности функционирования инженерно-технических систем Крыма, в том числе сооружений, станций и установок по очистке и обеззараживанию природных и сточных вод. В статье рассмотрены вопросы и пути решения проблем утилизации и повторного использования отходов от электролизного гипохлорита натрия, производимого на водоочистных сооружениях для обеззараживания питьевой воды. Рекомендованы новые технологические решения по обеспечению экологической безопасности и безотходностью работы электролизных установок получения гипохлорита натрия из водных растворов поваренной пищевой соли.

Предмет исследования: Обоснование применения гипохлорита натрия для обеззараживания питьевой воды на Партизанских водопроводных очистных сооружениях взамен привозного жидкого хлора с целью обеспечения экологической безопасности и благоприятных условий жизнедеятельности населения близлежащих территорий.

Материалы и методы: Гидрохимические показатели качества воды Партизанского водохранилища, суточная производительность водопроводных очистных сооружений, электрохимический метод производства гипохлорита натрия путем электролиза раствора поваренной соли.

Результаты: Представлена новая технологическая схема очистки и повторного использования промывной воды солерастворителя в установках «ХЛОРЭФС».

Выводы: Решены задачи экологической и промышленной безопасности в результате использования раствора гипохлорита натрия для обеззараживания питьевой воды на Партизанских водопроводных очистных сооружениях (Республики Крым) взамен привозного жидкого хлора на установках «ХЛОРЭФС» с использованием или оборотом всех применяемых в технологиях реагентов (воды, поваренной соли, кислоты).

Ключевые слова: дефицит воды, бактериальное и вирусное загрязнение воды, обеззараживание воды, гипохлорит натрия, электролизная установка, декарбонизация, солерастворитель, безотходная технология.

ВВЕДЕНИЕ

Экологически грамотное водопользование возможно лишь на территориях, где проведено планирование и разработан комплексный план охраны природы, опирающиеся на научно-обоснованную систему управления. При решении проблемы водоснабжения и водоотведения Крыма с населением около 2,5 млн. чел. следует учитывать, что полуостров в силу географического положения и природно-климатических особенностей занимает одно из ведущих мест в ряду самых малообеспеченных водными ресурсами регионов России [1], меньше, чем в среднем по России, в 64 раза. Реки Крыма имеют важное экономическое значение, поскольку используются для поставки питьевой воды, промышленного водоснабжения и орошения. Для Южного берега Крыма, Бахчисарайского и Белогорского районов, районов Севастополя и Симферополя, реки являются практически единственным источником водных ресурсов. Неустойчивый (сезонный) сток рек, который нельзя использовать без его регулирования, вызвал необходимость строительства водохранилищ сезонного типа, направленных на аккумуляцию многоводных зимне-весенних периодов для использования в маловодные летние и осенние сезоны.

Первое в Крыму водохранилище, наполняемое стоком реки Альма, с которой соединилось каналом длиной 5 км, было построено в начале 30-х годов. Для водоснабжения г. Симферополь было сооружено в три очереди Аянское водохранилище и когда этой воды оказалось недостаточно, в 1955 г. было построено Симферопольское водохранилище емкостью 36 млн.м³. С последующим развитием города население Симферополя стало испытывать дефицит воды и в 1966 г. на реке Альма были построены сначала русловое Партизанское водохранилище объемом 34,4 млн. м³, а затем и наливное Альминское водохранилище [2]. Из Партизанского водохранилища, наполняемого водой реки Альма, на нужды потребителей питьевой воды г. Симферополь на водопроводные очистные сооружения «Партизанский гидроузел» ежедневно забирается до 80 тыс.м³/сут. Река Альма практически на всем своем протяжении протекает через неканализованные села и сельскохозяйственные территории, с которых принимает значительный объем загрязненных хозяйственно-бытовых вод с частных домовладений и сельскохозяйственных полей, а также сточные воды с городских очистных сооружений водопровода и канализации. Нехватка водных ресурсов в реке Альма привела к ухудшению экологического состояния воды в реке в связи с

увеличением водоотбора из русла. Качество воды в реке Альма вниз по течению меняется от первого (чистая) до шестого (очень грязная) классов, что связано со сбросом сточных вод более 50 водопотребителей, отсутствием систем очистки воды у сельского населения, несанкционированным изъятием воды для хозяйственно-бытовых нужд и др. [3].

Антропогенное воздействие с различной степенью интенсивности на состояние природно-технической системы бассейна реки Альма из-за сброса неочищенных, недостаточно очищенных и необеззараженных сточных вод с коммунальных, промышленных, сельскохозяйственных объектов, а также сброса дождевых, талых, шахтных и др. вод напрямую связано с высоким бактериальным и вирусным загрязнением источника водоснабжения, что усугубляется неудовлетворительным состоянием разводящей водопроводной сети. Сооружения водоподготовки не способны обеспечить необходимую степень очистки воды для питьевых нужд. Это относится и к обеззараживанию воды – главному барьеру на пути передачи водных инфекций. Такая ситуация требует обеспечения эпидемиологической и экологической безопасности, что побуждает создание новых методов и технологий ее дезинфекции и внедрения в практику.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Традиционно проблема санитарно-эпидемиологической безопасности питьевой воды решается хлорированием, которое продолжает оставаться самым распространенным в мире способом обеззараживания воды в силу своей санитарно-гигиенической надежности, пролонгированности бактерицидного действия, относительной простоты и экономичности. Практика обеззараживания питьевой воды хлорированием, получившая в России становление в Кронштадте (1910 г.) и последующее развитие в Петербурге (1912 г. на Центральной водопроводной станции), практически позволила эффективно обеспечить санитарную безопасность населенных мест. За исключением диоксида хлора, дезинфицирующее действие всех хлорных реагентов (газообразного хлора, хлорной извести, гипохлоритов, хлораминов и др.) основано на том, что при введении их в воду они образуют хлорноватистую кислоту, которая оказывает непосредственное окисляющее и антимикробное действие. Однако, в свете современных требований обеззараживание воды газообразным хлором, завозимым на водоочистные станции в сжиженном виде, имеет ряд недостатков, среди которых самым существенным является способность хлора в случае его утечки поражать не только обслуживающий персонал, но и население прилегающей к водоочистной станции территории. Транспортирование емкостей с хлором по

селитебным зонам и хранение его многотоннажных запасов на водоочистных станциях, многие из которых уже стали опасно соседствовать с расширяющейся городской жилой застройкой, представляет реальную опасность для городов и населенных пунктов. Это обстоятельство стало решающим при отказе от опасного сжиженного хлора, и применению иных средств, сочетающих положительные качества хлорирования и отсутствие его недостатков. С точки зрения обеспечения эпидемиологической безопасности централизованного водоснабжения все хлорсодержащие реагенты одинаково надежны и эффективны, во всяком случае, на сегодняшний день нет опубликованных достоверных данных о массовом микробном отравлении потребителей питьевой водой, содержащей одновременно и патогенную микрофлору и активный (свободный или связанный) хлор. Как следствие, при выборе хлорсодержащего продукта (газообразный хлор, диоксид хлора, хлорамин, хлорная известь, высокоили низкоконтрированный гипохлорит натрия, «влажная газообразная смесь оксидантов» и т.д.) его преимущества следует искать не в каком-то супербактерицидном эффекте, а в безопасности его доставки и хранения; технологичности применения; образовании, количестве и составе побочных отходов при производстве продукта на месте его применения (гипохлоритов, диоксида хлора, мембранный хлоркаустиковый электролиз); сроках и условиях сохранения рабочих характеристик продукта; стоимости поставляемого готового хлорсодержащего дезинфектанта или аппаратов, производящих его непосредственно на площадке водоочистных сооружений.

Мировой опыт научного поиска альтернативных жидкому хлору дезинфектантов обосновал, а в дальнейшем и подтвердил на практике перспективность и преимущества применения для обеззараживания воды низкоконтрированного (7-8 г/л по эквиваленту хлора) электролитического гипохлорита натрия (ГХН), производимого на месте потребления в требуемом количестве путем безмембранного электролиза раствора поваренной соли.

При сравнительной схожести в мировой практике технологий электролитического получения ГХН конкурентоспособность электролитических установок определяется в основном: возможностью применения соли любого качества; энергозатратами; расходами на подготовку воды, используемой для растворения соли; безотходностью технологического цикла, исключая сбросы образующихся при электролизе отходов в производственную канализацию; экологической безопасностью и надежностью производства ГХН. Следуя этим положениям при согласовании проектной документации с Заказчиком (как правило, с «Водоканалом») и такими ведомствами, как: Управление государственной вневедомственной экспертизы, федеральная служба по экологическому

надзору, Росприроднадзор и др. они справедливо требуют включения в общую технологию получения ГХН и узлов очистки с повторным использованием производственных отходов и сточных вод (с выводом из материального баланса, обезвоживанием и утилизацией нерастворимой фазы), образующихся при: кондиционировании воды (умягчения или декарбонизации), используемой для солерастворения; промывке сатураторов (солерастворителей); кислотной промывке электролизеров от катодных отложений; промывке фильтров тонкой очистки насыщенного солевого раствора и отстоянной возвратной воды от промывки сатураторов с сооружений повторного использования.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках реализации инвестиционной программы Государственного унитарного предприятия «Вода Крыма» по развитию систем водоснабжения и водоотведения Республики Крым на 2020-2024 годы, в том числе решения задачи раздела «Водоснабжение» по переходу на безопасные методы обеззараживания воды и мероприятий, направленных на повышение экологической эффективности объектов централизованных систем водоснабжения, было поручено ООО НПП «ЭКОФЕС» (г. Новочеркасск Ростовской области) запроектировать и внедрить безотходную технологию обеззараживания питьевой воды г. Симферополя с электролизными установками «Хлорэфс», разработанных и производимых этим предприятием.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Подача сырой воды на очистные сооружения (ВОС) г. Севастополь осуществляется из Партизанского водохранилища, наполняемого водой реки Альма. Проектная производительность ВОС составляет $Q=100$ тыс.м³/сут, хлорирование воды осуществлялось газообразным хлором суммарной дозой $D=3,5$ г/м³ с суточным потреблением $G_{сут}=Q \cdot D/1000 = 100\ 000 \cdot 3,5/1000 = 350$ кг/сут. Дополнительно в городскую водопроводную сеть подается 30 тыс.м³/сут воды из Аянского водохранилища, которая считается наиболее качественной среди водохранилищ города и подается в центральный водопровод без очистки с применением только хлорирования при дозе хлора 3,0 г/м³ с его суточным потреблением 75 кг/сут. Дезинфекцию Аянской воды производили привозным концентрированным ГХН. Поскольку при использовании этого реагента существует ряд особенностей (зарастание трубопроводов, отложение нерастворимых осадков в дозирующих насосах и точках ввода и др.), которые не были учтены на площадке, то оборудование и дозирующие насосы вышли из строя. Некоторое время на Аянском водозаборе эксплуатировалась электролизная установка производительностью 10 кг/сут. по эквиваленту хлора (производства «Промтехвод», Украина), которая была выведена из эксплуатации в силу ряда технических недоработок и не покрывала потребностей площадки в обеззараживающем реагенте. В итоге на Аянском водозаборе стали применять газообразный хлор с использованием хлораторов вакуумного типа.



Рис. 1. Электролизная станция на Александровских ОСВ с семью установками «ХЛОРЕФС» производительностью 7 т/сут по эквиваленту хлора для обеззараживания питьевой воды г. Ростова-на-Дону

Fig. 1. Electrolysis station at the Aleksandrovskiy water treatment plants with seven CHLOREFS plants with 7 tons/day capacity of chlorine equivalent for drinking water disinfection, Rostov-on-Don



Рис. 2. Электролизная станция производительностью 750 кг/сут по эквиваленту хлора на водоочистных сооружениях «Партизанский гидроузел», г. Симферополь

Fig. 2. Electrolysis plant with 750 kg/day capacity of chlorine equivalent at the Partizansky Hydroelectric Plant water treatment plant, Simferopol

Вопросы экологической безопасности производства ГХН впервые были полностью решены ООО НПП «ЭКОФЕС» на самой мощной в России (и второй в мире после электролизной на ВОС в г. Лас-Вегасе производительностью 8 т активного хлора в сутки) электролизной станции (7 т/сут по активному хлору, рис. 1) на Александровских ВОС г. Ростова-на-Дону, пущенной в работу в августе 2015 г. [4] и были применены на электролизных станциях ВОС «Партизанский гидроузел» (3 установки по 250 кг/сут, в том числе 1 резервная, пущена в 2020 г., рис. 2) и «Аянский гидроузел» (3 установки по 50 кг/сут с 1 резервной, сдана в эксплуатацию в 2018 г.). Во-первых, для исключения образования стоков от Na-катионитового умягчения воды взамен его была принята полностью безотходная и экологически чистая декарбонизация 3%-ного солевого раствора путем его подкисления соляной кислотой до $pH = 4,0-4,2$ (при этом осадкообразующие на катоде осадок $CaCO_3$ бикарбонат- и карбонат-ионы полностью переходят в CO_2) и последующей отдувкой углекислого газа в пленочном (с насадкой из колец Паля/или Рашига) или барботажном дегазаторе (остаточное CO_2 не более 3-5 мг/л).

Во-вторых, проблема использования низкосортной соли (в зарубежных аналогах только дорогостоящая таблетированная соль или не ниже марки «Экстра») решена применением сатуратора,

оборудованного системой водо-воздушной промывки (по типу скорых водопроводных фильтров) и в котором приготовление насыщенного раствора соли производится фильтрованием водопроводной воды через неподвижный слой поваренной соли, загружаемой периодически в сатуратор на гравийную подложку (поддерживающий слой), внутри которой расположена трубчатая дренажная распределительная система. Насыщение воды солью происходит в режиме медленной фильтрации (0,1-0,5 м/ч), частицы глины, песка и другие нерастворимые примеси, поступающие с досыпаемой в сатуратор солью, постепенно накапливаются в фильтрующем слое и должны из него периодически удаляться путем промывки обратным током воды.

Сооружения повторного использования промывных вод сатуратора разработаны в виде последовательно расположенных вертикальной песколовки и отстойника промывных вод периодического действия. Удаление песка из приемка песколовки производится по мере его заполнения песковым насосом с подачей пульпы на пескочисточную машину со шнековой выгрузкой отмытого песка в сменный контейнер. Технологическая схема очистки и повторного использования промывной воды представлена на рис. 3.

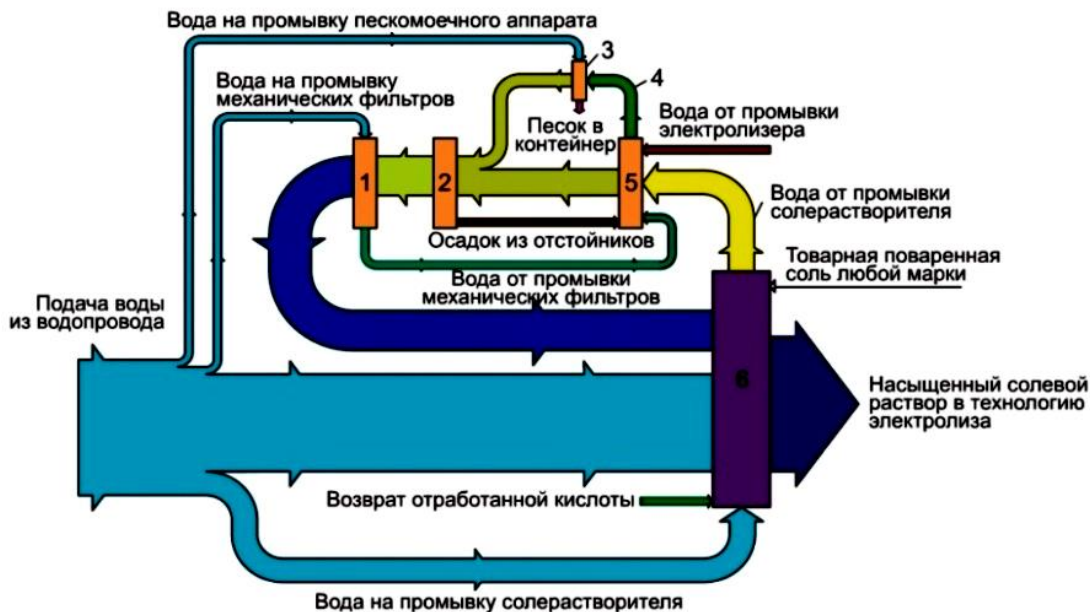


Рис. 3. Технологическая схема очистки и повторного использования промывной воды солерастворителя в установках «ХЛОРЕФС»: 1 – механический фильтр; 2 – отстойник; 3 – пескомоечный аппарат;

4 – песковая пульпа; 5 – песколовка; 6 – солерастворитель

Fig. 3. Process flow diagram for purification and reuse of salt dissolver wash water in CHLOREFS units: 1 - mechanical filter; 2 - settler; 3 - sand washer; 4 - sand pulp; 5 - sand trap; 6 - salt dissolver

Отстойник промывных вод конструктивно представляет собой горизонтально расположенную цилиндрическую емкость с уклоном днища к грязевому приямку. Отбор осадка из приямка осуществляется периодически по мере накопления путем взмучивания его системой гидросмыва и перекачкой погружным насосом в производственную канализацию водоочистных сооружений (в систему сброса промывных вод скорых фильтров). Отбор отстоянной воды производится с верхнего уровня при помощи гибкого рукава, закрепленного на поплавке. Вода из отстойника через напорный песчаный фильтр возвращается в сатуратор. Разработанная технология позволяет вернуть в схему солерастворения практически всю воду, используемую для промывки сатуратора.

Наконец, имеется еще один вид стоков, подлежащих переводу их в состояние, отвечающее требованиям, предъявляемым к приему в промканализацию ВОС, либо возврату в схему электролиза. Это стоки от промывки электролизеров раствором соляной кислоты. В зарубежных, а по их типу и отечественных технологиях по мере образования на катодных пластинах карбоната кальция проводится периодическая промывка электролизеров в закрытом контуре 4%-ным раствором соляной кислоты. Промывка осуществляется вручную оператором подключением к очередному электролизеру передвижной мобильной установки с размещенной на ней емкостью с кислотой и циркуляционным насосом. В литературе нет информации о месте выпуска отработанной кислоты, так же, как и отработанных солевых растворов от Na-катионирования. Скорее всего, они подлежат сбросу в канализацию ВОС, что в принципе недопустимо.

В технологиях ООО НПП «ЭКОФЕС» предусмотрено стационарно установленное кислотное хозяйство с подачей через заданный временной интервал (100–200 ч) в автоматическом режиме 5-7% раствора HCl отдельно на каждый установленный электролизер, что исключает «человеческий» фактор при принятии оператором решения о необходимости промывки. Соляная кислота многократно используется до полной её нейтрализации, и уже нейтральный раствор небольшим расходом возвращается в сатуратор.

Таким образом, технологии приготовления солевых растворов, подготовки воды для электролиза с целью минимизации катодных отложений, кислотной промывки катодов являются экологически чистыми и безотходными со 100% использованием или оборотом всех применяемых в технологии электролиза реагентов (воды, поваренной соли, соляной кислоты).

ВЫВОДЫ

В связи со сложившейся критической экологической ситуацией в бассейне реки Альма, являющейся источником питьевой воды г. Симферополь, необходим комплекс природоохранных мероприятий по минимизации сбросов неочищенных сточных вод, в том числе и образующихся на водоочистных станциях путем внедрения безотходных технологических циклов на этапах кондиционирования и обеззараживания воды.

Тенденция дальнейшего развития электролизных станций в направлении увеличения их производительности по вырабатываемому активному хлору требует включения в общую технологическую схему производства гипохлорита натрия узлов очистки и повторного использования стоков, образующихся при кондиционировании воды, солерастворении и кислотной промывке электролизеров.

При подготовке воды для солерастворения более предпочтительна кислотная декарбонизация, при которой не образуются вторичные сточные воды, и может быть использована соль любой сортности.

Применение низкосортной соли технологически реализуемо при условии ее растворения в сатураторах, оборудованных системами подачи и отвода промывной воды.

Сооружения очистки и повторного использования промывных вод, включающие песколовку, отстойник, пескоотмывочную машину и фильтры, позволяют вернуть в схему солерастворения практически всю воду от промывки сатуратора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николенко И.В. Основные направления разработки комплекса мер по решению проблем дефицита воды в Крыму / И.В. Николенко, А.М. Копачевский // Строительство и техногенная безопасность – 2021. – №21(73) – С.147-160.
2. Иванкова Т.В. Современное состояние водообеспеченности Республики Крым и возможные дополнительные источники воды / Т.В. Иванкова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 3. – С. 4–11.
3. Иванкова, Т. В. Оценка степени антропогенной нагрузки в бассейне малой реки Альмы / Т.В. Иванкова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2019. – № 12. – С. 4–12.
4. Фесенко Л.Н. Пути решения экологичности и безотходности производства электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания питьевых вод / Л.Н. Фесенко, С.И.Игнатенко, А.Ю.Скрябин, И.В. Пчельников // Водоочистка. –2014. – № 3. – С. 9–16.

REFERENCES

1. Nikolenko I.V., A.M. Kopachevsky The main directions for the development of a set of measures to solve the problems of water shortage in the Crimea Construction and man-made safety. 2021. No. 21 (73)pp.147-160.
2. Ivankova T.V. The current state of water supply of the Republic of Crimea and possible additional water sources Water supply and sanitary equipment. 2019. No 3.pp. 4-11.
3. Ivankova T.V. Assessment of the degree of anthropogenic load in the basin of the small Alma River Water supply and sanitary equipment. 2019. No 12.pp. 4-12.
4. Lesenko L.N., Ignatenko S.I., Scriabin A.Yu., Pchelnikov I.V. Ways to solve the environmental friendliness and waste-free production of electrolytic sodium hypochlorite for disinfection of drinking water Water treatment. 2014. No3.pp. 9-16.

ENVIRONMENTAL SAFETY OF DRINKING WATER BY DISINFECTION WITH SODIUM HYPOCHLORITE (BASED ON THE EXAMPLE OF THE ALMA RIVER OF THE REPUBLIC OF CRIMEA)

Skryabin A.Yu.¹, Ivankova T.V.²

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
"South-Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platov"
346428, Rostov region, Novocherkassk, 132 Prosvescheniya St.
E-mail: ¹vicsakhranov@ya.ru, ²academy-design@mail.ru

Abstract. The main difficulties with water supply in modern Crimea are due to the shortage of drinking water, low sanitary reliability of water treatment systems, lack number of sufficient disinfection plants in rural areas and unsatisfactory condition of water supply networks. Incurrent conditions, it has become a very pressing task to establish favorable conditions for vital activities of the population by maintaining environmental safety of functioning of engineering and technical systems of the Crimea, including constructions, stations and installations for purification and disinfection of natural and waste waters. The article reviews challenges and solutions of disposal and reuse of waste from electrolytic sodium hypochlorite produced at water treatment plants for drinking water disinfection. New technological solutions are recommended to ensure environmental safety and waste-free operation of electrolysis plants for sodium hypochlorite production from aqueous solutions of common salt.

Subject of research: Substantiation of sodium hypochlorite usage for drinking water disinfection at water treatment facilities of the Partizanskoe reservoir instead of imported liquid chlorine in order to ensure environmental safety and favorable living conditions for population of the nearby territories.

Materials and methods: Hydrochemical indicators of water quality of the Partizanskoe reservoir, daily productivity of water treatment facilities, electrochemical method for production of sodium hypochlorite by electrolysis of sodium chloride solution.

Results: A novel flowsheet for purification and reuse of saline wash water in "CHLOREFS" units is presented.

Conclusions: The issues of environmental and industrial safety have been solved as a result of the use of a sodium hypochlorite solution for drinking water disinfection at water treatment facilities of the Partizanskoe reservoir (the Republic of Crimea) instead of imported liquid chlorine at the "CHLOREFS" plants using or recycling all the reagents used in the technologies (water, common salt, acids).

Key words: water shortage, bacterial and viral water pollution, water disinfection, sodium hypochlorite, electrolysis plant, decarbonization, salt solvent, waste-free technology.

СПИСОК АВТОРОВ

- Абдали Л. М. Аль–Малики М.Н.** Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
- Ангелюк И.П.** Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Асташина М.В.** к.т.н., доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа
- Базарова А.О.** м.н.с., Самарский государственный технический университет, г. Самара
- Бекиров Э.А.** д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет им. Вернадского, г. Симферополь
- Волкова Н.Н.** старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. Вернадского, г. Симферополь
- Воронова О.С.** к.т.н., доцент, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, ДНР, г. Макеевка
- Егоров С.А.** обучающийся, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Живица В.В.** старший преподаватель кафедры Градостроительства, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Журавлев П. А.** к.т.н., доцент, Московский государственный строительный университет, г. Москва
- Зайцев О.Н.** д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Зенцов В.Н.** д.т.н., профессор, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа
- Иванкова Т.В.** аспирант, Южно-Российский государственный политехнический университет, г. Новочеркасск
- Исса Х.А.** Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
- Каримов Э.А. Кешвединова Ф.А.** Симферопольский филиал ГБУ РК “Крыммелиоводхоз”, г. Симферополь
- Красавин Г.В.** обучающийся, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Кролева Н.В.** Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
- Кувшинов В.В.** обучающийся, Крымский федеральный университет им. Вернадского, г. Симферополь
- Лапшакова И.В.** к.т.н., доцент, Севастопольский государственный университет
- Лахов А.Я.** к.т.н., доцент, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа
- Лахов К. А.** доцент, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород
- Марукян А.М.** обучающийся, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород
- Марусян А.М.** к.т.н., доцент, Московский государственный строительный университет, г. Москва
- Мельникова Н.С.** Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Мороз В. В.** к.т.н., доцент, Брестский государственный технический университет, г. Брест.
- Николенко И.В.** д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Николенко И.В.** д.т.н., профессор, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Раифов Т.Р.** аспирант, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Сборщиков С.Б.** к.э.н., доцент, Московский государственный строительный университет, г. Москва
- Сидорова В.В.** кандидат архитектуры, доцент, Крымский федеральный университет им. Вернадского, г. Симферополь
- Скрябин А.Ю.** к.т.н., Южно-Российский государственный политехнический университет, г. Новочеркасск
- Стрелков А.К.** д.т.н., профессор, Самарский государственный технический университет, г. Самара
- Суворов А.И.** старший преподаватель, Крымский федеральный университет им. Вернадского, г. Симферополь
- Теплых С.Ю.** к.т.н., доцент, Самарский государственный технический университет, г. Самара
- Топорен С.С.** к.т.н., доцент, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Тулянов А.С.** обучающийся, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Умеров А.С.** обучающийся, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь
- Урецкий Е.А.** Белорусский государственный проектный институт “БелГПИ”, г. Витебск
- Юрчик Ю.Ю.** обучающийся, Крымский федеральный университет им. Вернадского, г. Симферополь
- Яковенко Н.Е.** преподаватель, Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского, г. Симферополь

ПАМЯТКА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Прием статей в редакцию и состав сопроводительных документов

Прием статей для публикации в журнале осуществляется в постоянном режиме. Процесс рассмотрения статьи, рецензирования и редакционно-издательской обработки занимает достаточно длительное время, в связи с чем поступившая и допущенная редколлегией к публикации статья будет, как правило, опубликована не ранее, чем через 4 месяца со дня ее поступления. Датой поступления статьи будет считаться дата ее получения от автора в окончательном варианте после всех доработок и исправлений по замечаниям рецензентов и редактора.

Просим авторов тщательно готовить свои материалы с целью сокращения сроков их рассмотрения и обработки.

Неправильно оформленные материалы не рассматриваются, не рецензируются и не возвращаются! Также не возвращаются авторам рукописи статей и электронные копии на локальных носителях. При этом редакция по собственной инициативе в переговоры с авторами не вступает.

1.1. Прием статей на рассмотрение и рецензирование осуществляется через онлайн систему приема статей.

Прием статей на рассмотрение и рецензирование через онлайн систему приема статей производится на сайте журнала по адресу: <https://stroyjournal-asa.ru>. Инструкция по использованию системы доступна на сайте. Автор имеет возможность следить за продвижением статьи в редакции в личном кабинете и получает соответствующие уведомления по электронной почте.

Все поступившие в редакцию статьи проходят обязательное двойное слепое рецензирование. По результатам рецензирования автору сообщается решение о публикации, замечания рецензента и редактора или решение об отклонении статьи.

1.2. Прием к публикации окончательного варианта статьи. Окончательный (после внесения правки по замечаниям рецензентов и редактора) вариант статьи автор также загружает через систему или направляет на электронный адрес ger_bilenko@cfuv.ru для ее редактирования, корректуры, верстки и публикации в журнале.

1.3. Прием пакета сопроводительных документов осуществляется через онлайн систему приема статей и по электронному адресу ger_bilenko@cfuv.ru.

Автор, пройдя регистрацию в системе, загружает статью в формате .doc или .docx, форматированную по шаблону (см. п. 2), вместе с файлами отсканированных документов: экспертного заключения о возможности опубликования в открытой печати (далее – экспертного заключения) и информации об авторах статьи.

Экспертное заключение оформляется по требованиям, установленным в организации – работодателе автора. Редакция исходит из того, что авторы добровольно предоставляют сведения о себе в анкете автора в требуемом объеме и составе (в соответствии с правилами для публикаций научных статей в журналах, включенных в Перечень ВАК) для их открытого опубликования. Также к загружаемой статье может быть приложен файл отсканированной внешней (т.е. из сторонней организации) рецензии (1 экз.), оформленной и заверенной в организации по месту работы рецензента. Оригинал рецензии присылать в редакцию по почте не требуется.

Сопроводительные документы можно направить по электронной почте по адресу ger_bilenko@cfuv.ru. Все вопросы и пожелания относительно пакета документов необходимо отправлять на этот адрес электронной почты редакции.

Пакет оригиналов сопроводительных документов, включающий информационную карту статьи на публикацию сведений об авторе и экспертное заключение, должен поступить в редакцию по почте не позднее 3 недель со дня уведомления автора (письмом на адрес электронной почты) о положительном решении по поводу публикации статьи.

Бланки сопроводительных документов и требования:

Информация об авторах статьи. Информация об авторах статьи загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты ger_bilenko@cfuv.ru в электронном виде в виде файла с расширением .doc или .docx;

Бланк экспертного заключения и авторской справки (только для авторов – работников КФУ им. В.И. Вернадского (распечатывается и заполняется вручную))

Бланк экспертного заключения и Внешняя рецензия – загружается в систему OJS или отправляется на адрес электронной почты ger_bilenko@cfuv.ru в сканированном виде (файл PDF).

2. Требования к оформлению статей

Статья будет рассмотрена редколлегией и рецензентами только при условии полного соответствия ее оформления изложенным ниже требованиям, предъявляемым к публикациям в научных журналах, индексируемых международными базами научного цитирования.

Все статьи, поступившие в редакцию журнала, получившие положительную оценку рецензентов и рекомендованные к публикации, проходят обязательную редакционную обработку (редактирование, корректуру, техническое редактирование). Внесение правки по замечаниям редактора согласовывается с автором.

Датой поступления статьи в редакцию считается дата поступления и регистрации в редакции окончательного авторского оригинала с учетом всех внесенных изменений по замечаниям рецензентов и редактора.

Общие требования для подготовки статей

Объем статьи, включая таблицы, рисунки и фотографии должен быть не менее 6 страниц и не превышать 10 страниц.

Шрифт. Нормальный Times New Roman (TNR), размер шрифта – 10 пт, одинарный интервал; интервал шрифта – обычный (без растяжения или уплотнения). Варианты шрифта в тексте статьи: типа курсива или жирного шрифта допускаются, подчеркивание слов и предложений не допускаются.

Параметры страницы: верхнее поле – 2,5 см, нижнее – 2,5 см, левое – 2,5 см, правое – 2,5 см.

Таблицы. Таблица озаглавляется словом Таблица 1 (шрифт – обычный TNR 10 пт, по центру) со следующим за ним номером с точкой. Далее помещается название таблицы с прописной буквы (не более 3-х строк), без заключительной точки. Ниже приводится название таблицы на английском языке. Размер таблиц и рисунков не должен превышать размер 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 озаглавливаются 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 of research)**: 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.