

компонентных составов, а также комбинированный подбор составов, позволяет определять оптимальное соотношение различных горючих компонентов в составе топлива, при которых теплотехнические характеристики и выбросы вредных веществ взаимно скоррелированы и соответствуют техническим характеристикам топливосжигающего оборудования со слоевыми топками, мощностью от 0,01 до 4МВт.

### Список цитированных источников

1. Ануфриев В.Н. Технологии обработки осадков сточных вод / В.Н. Ануфриев // Экология на предприятии. - 2017. - № 5. - С. 84-95.
2. Пехота, А.Н. Исследование теплотехнических свойств брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений/ А.Н. Пехота, Р.Н. Вострова, В.Н. Грибанов // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы II-й Междунар. науч.-техн. конф. : в 2 т. – Минск : Институт ЖКХ НАН Беларуси, 2020. – Т. 2. – С. 99-108
3. Пехота, А.Н. Технология производства многокомпонентного твердого топлива с использованием отходов сточных вод / А. Н. Пехота, Б. Н. Хрусталеv, МиньФалВу, В. Н. Романюк, Е. А. Пехота, Р. Н. Вострова, ТхунгаНгуен // Энергетика. Изв. высш. учеб.заведений и энерг. объединений СНГ. – 2021. – Т. 64, № 6. – С. 525-537.
4. Способ получения топлива твердого многокомпонентного: пат. 18408 Респ. Беларусь, МПК С 10 L 5/48, С 10 L 5/06, С 10 L 5/36 / А. Н. Пехота, Б. М. Хрусталеv; заявитель Пехота Александр Николаевич; Хрусталеv Борис Михайлович (ВУ), № а 20120656; заявл. 25.04.2012; опубл. 30.08.2014. Афіцыйны бюл. Нац. цэнтры інтэлектуал. уласнасці. 2014. № 3. С. 174.
5. Пехота, А.Н. Многокомпонентное твердое топливо : [монография] / А.Н. Пехота ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус.гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2021.– 243 с.
6. Пехота, А.Н. Исследование энергетических характеристик многокомпонентного твердого топлива с использованием некондиционных горючих коммунальных и производственных отходов / А.Н. Пехота // Наука и техника : междунар. науч.-практ. журнал. – 2022. – № 2. – С. 164–174.

УДК 004.942, УДК 628.1, УДК 696.1

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОДЕЛИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

*М. А. Таратенкова<sup>1</sup>, С. В. Андреев<sup>2</sup>, И. А. Адамов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Старший преподаватель, БрГТУ, Брест, Беларусь, taratenkava@mail.ru

<sup>2</sup> Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, svandreyuk@g.bstu.by

<sup>3</sup> Студент, БрГТУ, Брест, Беларусь, ilya.adamov.03@gmail.com

## **Аннотация**

Проектирование и моделирование систем водоснабжения и водоотведения является неотъемлемой частью строительства. Сооружения водоснабжения являются объектами при проектировании, строительстве и эксплуатации которых предъявляются высокие требования по степени надежности. Поэтому ошибки и неточности, могут существенно затянуть сроки сдачи объект в эксплуатацию. Оптимальным вариантом решения может стать создание модели этих систем, что позволит повысить точность и надежность проектирования систем, упростить процесс монтажа и эксплуатации в дальнейшем. В статье содержится описание применения программного комплекса Autodesk Revit, на основе которого разработана 3D-модель и запроектирована станция водоподготовки для промышленного предприятия.

**Ключевые слова:** информационное моделирование, инженерные водохозяйственные системы, водоснабжение, водоотведение.

## **INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN DESIGN AND MODELING OF ENGINEERING WATER SYSTEMS**

*M. A. Taratenkova<sup>1</sup>, S. V. Andreyuk<sup>2</sup>, I. A. Adamov<sup>3</sup>*

### **Abstract**

Design and modeling of water supply and wastewater systems is an integral part of construction. Water supply structures are objects in the design, construction and operation of which high demands are placed on the degree of reliability. Therefore, errors and inaccuracies can significantly delay the commissioning of a facility. The optimal solution may be to create a model of these systems, which will improve the accuracy and reliability of system design and simplify the process of installation and operation in the future. The article contains a description of the use of the Autodesk Revit software package, on the basis of which a 3D-model was developed and a water treatment station for an industrial enterprise was designed.

**Keywords:** information modeling, engineering water systems, water supply, sanitation.

**Введение.** В настоящее время остро стоит проблема обеспечения водохозяйственной и строительной отрасли компетентными кадрами, владеющими современными технологиями проектирования. Все больший интерес приобретают технологии информационного моделирования, об эффективности которого уже известно и написано достаточное количество трудов. Информационное моделирование здания — цифровая модель, которая позволяет возводить, эксплуатировать, ремонтировать и утилизировать здание [1, 2].

Сооружения водоснабжения являются объектами при проектировании, строительстве и эксплуатации которых предъявляются высокие требования по степени надежности. Поэтому ошибки и неточности, могут существенно затя-

нуть сроки сдачи объект в эксплуатацию. Оптимальным вариантом решения может стать создание модели этих систем, что позволит повысить точность и надежность проектирования систем, упростить процесс монтажа и эксплуатации в дальнейшем [3].

Проектирование систем водоснабжения ведется преимущественно в программных комплексах, позволяющих получить архитектурно-строительные и технологические чертежи сооружений и оборудования. Зачастую, именно опыт проектировщика определяет точность этих чертежей. Применение информационного моделирования позволит свести к минимуму ошибки и неточности при проектировании, а также позволит визуализировать проект и в полной мере представить его заказчику.

Применение данных технологий в Республике Беларусь сопряжено с рядом факторов, которые требуют тщательного подхода и проработки. Основной вопрос заключается в том, что для информационного моделирования необходимо программное обеспечение. Отсутствие отечественных стандартов, а также привязка зарубежных программных комплексов к особенностям строительства и проектирования в этих странах приводит к формированию 3D-модели, которую не всегда можно применить на практике [6].

Еще одним фактором, препятствующим применению информационного моделирования в строительстве не только сооружений водоснабжения, так же в целом отрасли – это отсутствие нормативной базы, которая регламентировала бы применение данных технологий.

Известны исследования по применению технологий информационного моделирования (BIM-технологий) в образовательном процессе при подготовке выпускников направления «Природообустройство и водопользование». В рамках предметной подготовки важно создать среду обучения, приближенную к профессиональной. Приводятся примеры практико-ориентированных учебных заданий, которые выполняют студенты в ходе самостоятельной работы с использованием программного комплекса BIM Renga [4].

На кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ задачей исследования стало изучение возможностей создания моделей инженерных водохозяйственных систем в рамках специальности «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» (профилизация «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов») с целью внедрения в учебный процесс информационного моделирования систем водоснабжения и водоотведения, а также применения его при проектировании для увеличения точности и упрощения монтажа данных систем [5].

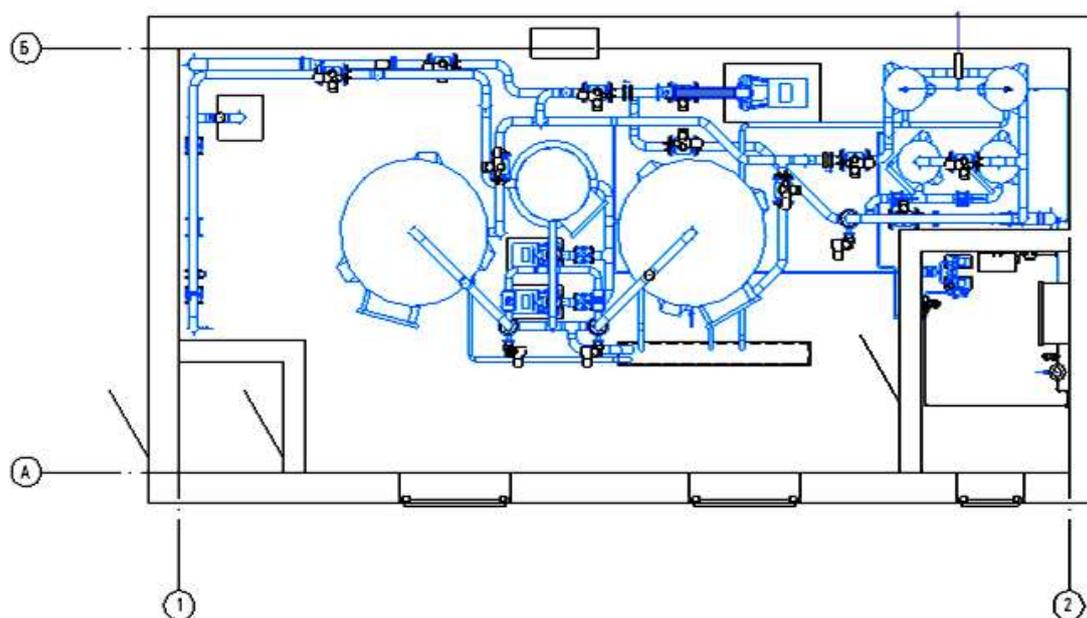
**Основная часть.** По заказу предприятия, производящего кухонные плиты, была разработана схема подготовки воды для технологических нужд [6].

Исходная вода из артезианской скважины подается в аэрационную колонну, где происходит насыщение воды кислородом воздуха, а также отдувка из воды сероводорода. Кислород воздуха окисляет хорошо растворимый в воде гидрокарбонат железа (II), при этом образуется нерастворимый гидроксид железа (III). За

время пребывания воды в аэрационной колонне происходит укрупнение частиц гидроксида железа, выделившихся в воде при окислении двухвалентного железа. Далее насосы консольного типа подают воду из аэрационной колонны в скорые напорные фильтры с зернистой загрузкой. В скорых напорных фильтрах, загруженных кварцевым песком, происходит задержание гидроксида железа (III). После обезжелезивания вода обрабатывается озоном. Часть воды, прошедшей фильтры обезжелезивания, забирается с помощью насоса, подающего воду под необходимым напором в пневмогидравлический диспергатор газа. В данный диспергатор также подается озono-кислородная смесь от озонатора. После пневмогидравлического диспергатора газодводная эмульсия подается в трубопровод, где смешивается с основным потоком обезжелезенной воды. Затем весь поток озонированной воды попадает в контактные резервуары, обеспечивающие необходимое время контакта обрабатываемой воды с озоном. В деструкторе осуществляется разложение озона. После контактных резервуаров вода поступает в «мокрые деструкторы», где происходит деструкция озона, растворенного в воде. Затем вода поступает в резервуары чистой воды (РЧВ). Периодически скорые напорные фильтры промываются обратным током воды (снизу вверх). Воду для промывки берут из РЧВ и с помощью промывного насоса подают в нижнюю часть фильтров. Промывная вода из верхней части фильтров отводится в канализацию.

По разработанной технологии были выполнены расчеты и определены размеры сооружений, а по рассчитанным характеристикам подобрано необходимое оборудование.

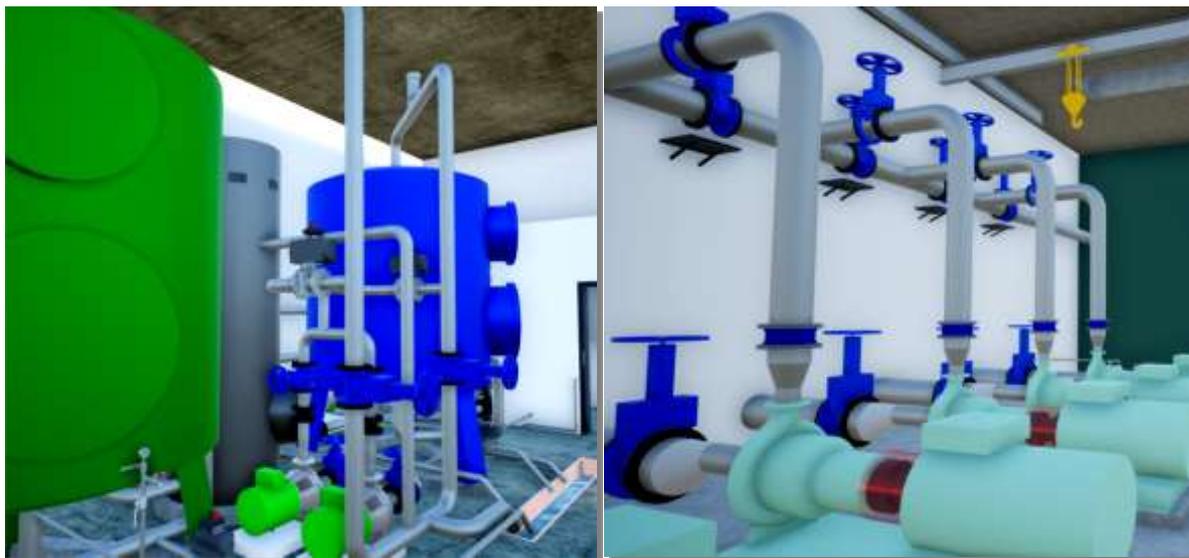
Основываясь на вышеперечисленные данные на базе программного комплекса Autodesk Revit разработана 3D-модель и запроектирована станция водоподготовки для промышленного предприятия. Станция водоподготовки представляет собой прямоугольное здание в плане с размерами 12,84 на 6,58 м (рисунок 1).



**Рисунок 1** – План здания станции водоподготовки

Внутри станции запроектировано все необходимое оборудование, которое включает артезианскую скважину, аэрационный бак, фильтры обезжелезивания, насосы подачи обезжелезенной воды на технологические нужды, промывные насосы, подводящие и отводящие коммуникации фильтров, оборудование для обеззараживания воды озонированием.

Модель подключения приборов и оборудования представлена на рисунке 2. Для реализации данного проекта в Autodesk Revit авторами были созданы семейства скорых напорных фильтров, аэрационных колонок, лотков, контактных резервуаров, деструкторов озона, озонаторов, концентраторов кислорода, газовых счетчиков и вантузов.



**Рисунок 2** – Модель здания станции водоподготовки

**Заключение.** На основе информационной модели получены архитектурно-строительные чертежи планов и разрезов здания. В ходе выполнения проекта были получены кроме того спецификации санитарно-технического оборудования, фасонных частей и трубопроводов, запроектированных на станции. Программный комплекс также позволяет получить и предварительные сметные расчеты по возведению станции водоподготовки.

Применение информационного моделирования сооружений позволяет получить информационную модель, благодаря которой сводятся к минимуму ошибки и неточности при проектировании сооружений водоснабжения и водоотведения. При необходимости корректировки проекта внесенные изменения в модели автоматически отображаются во всех спецификациях проекта, что, в свою очередь, снижает издержки при строительстве и проектировании.

Наличие 3D-модели значительно упрощает проектировочные и монтажные работы всех трубопроводов и оборудования на станции. Однако остается открытым вопрос нормирования данных проектов, так как для полноценного применения подобных технологий необходима тщательно проработанная нормативная база.

### Список цитированных источников

1. Статья - Что такое технология BIM? Ее применение в строительстве - <http://fb.ru/article/324833/что-такое-tehnologiya-bim-ee-primenenie-v-stoitelstve>.
2. Гримитлин, А.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий / А.М. Гримитлин, Денисихина Д.М. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С. 93-97.
3. Андреюк, С. В. Моделирование процессов подготовки воды для технического и питьевого водоснабжения / С. В. Андреюк, М. А. Таратенкова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. – 2021. – № 2 (34). – С. 46–57. – DOI: 10.21869/2311-1518-2021-34-2-46-57.
4. Скрипник, А.В. Технологии информационного моделирования в водохозяйственном проектировании / А.В. Скрипник, Л.А. Беховых // Вестник научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. – 2019. – № 15. – С. 39–43.
5. Таратенкова, М.А. Применение информационного моделирования при проектировании внутренних инженерных систем / М.А. Таратенкова, И.А. Адамов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, 7-8 октября 2021 года, Брест, Республика Беларусь / ред. кол. А.А. Волчек, О.П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2021. – С. 303–310.
6. Адамов, И.А. Проектирование и моделирование систем водоснабжения и водоотведения / И.А. Адамов, М.А. Таратенкова // Сб. конкурсных науч. работ студентов и магистрантов / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест: Издательство БрГТУ, 2023.