



СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ



Сборник материалов
межвузовской научно-практической конференции

1–3 декабря 2021 года

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

2022

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2022

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Сборник материалов
межвузовской научно-практической конференции**

1–3 декабря 2021 года

Санкт-Петербург
2022

УДК 69(063)

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, завкафедрой гидротехнических сооружений, конструкций и гидравлики *К. П. Моргунов* (Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова);

канд. техн. наук, инженер-энергетик *А. В. Малков*

(СПб ГКУ «Курортный лесопарк»)

Современные проблемы водоснабжения и водоотведения : сборник материалов межвузовской научно-практической конференции [1–3 декабря 2021 года] ; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2022. – 177 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1208-8

Представлены статьи студентов, молодых исследователей и ученых, посвященные актуальным проблемам в сфере проектирования, строительства и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения.

Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук, доцент, завкафедрой водопользования и экологии СПбГАСУ *А. В. Кудрявцев* (председатель);

д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры водоснабжения, водоотведения и гидравлики ПГУПС *Н. А. Черников*;

д-р техн. наук, профессор-консультант *Ю. А. Феофанов*;

д-р техн. наук, профессор-консультант *В. М. Васильев*;

д-р техн. наук, профессор *С. Ю. Игнатчик*;

канд. техн. наук, доцент *В. П. Верхотуров*;

канд. техн. наук, доцент *А. В. Подпорин*;

канд. техн. наук, доцент *С. В. Федоров* (ответственный редактор)

ISBN 978-5-9227-1208-8

© Авторы статей, 2022

© Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022

УДК 628.17

Анна Андреевна Андреевко,

студент

Тимур Рустамович Шарипов,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: andreenko.anna@list.ru,

timur-mail@list.ru

Anna Andreevna Andreenko,

student

Timur Rustamovich Sharipov,

student

(Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: andreenko.anna@list.ru,

timur-mail@list.ru

АНАЛИЗ ПОЧАСОВОГО РЕЖИМА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖИЛОМ ДОМЕ

ANALYSIS OF HOURLY WATER CONSUMPTION IN A RESIDENTIAL BUILDING

Рассмотрен часовой режим водопотребления многоквартирного жилого дома. Представлен анализ часового водопотребления 80-квартирного жилого дома за несколько наиболее нагруженных суток. Данные математически обработаны, определена вероятность работы системы водоснабжения с расходом не ниже заданного. Режим работы насосных станций (как подающих воду потребителям, так и перемещающих сточные воды) зависит не только от суточного, но и от почасового водопотребления в зданиях. Нормативные расходы отличаются от фактических, и это необходимо учесть при проектировании систем водоснабжения и водоотведения, исключая чрезмерно интенсивное функционирование насосного оборудования.

Ключевые слова: система водоснабжения, почасовой график водопотребления, вероятность функционирования, технологическая надежность систем.

The paper considers issues related to the hourly regimes of water consumption in an apartment building (MKD). An analysis of the hourly water consumption of an 80-apartment residential building for several of the most loaded days is proposed. The data were mathematically processed and the probability of the water supply system operating at a flow rate not lower than the specified one was determined. The operating mode of pumping stations, both supplying water to consumers and moving wastewater, depends not only on daily, but also on hourly water consumption in buildings during the day. Standard costs differ from actual ones and this must be taken into account when designing water supply and sewerage systems, excluding excessive functionality of pumping equipment.

Keywords: water supply system, hourly water consumption schedule, probability of functioning, technological reliability of systems.

Режим работы насосных станций, как подающих воду потребителям, так и перемещающих сточные воды, зависит не только от суточного, но и от почасового характера водопотребления в зданиях в течение суток. Расход воды в течение каждого часа также колеблется, но в практических расчетах эти вариации не учитываются.

Примеры таблиц и соответствующих графиков часовых расходов приводятся во многих источниках [1–3]. Авторы отмечают пиковые значения водопотребления в утреннее и вечернее время, начиная с шести часов. Работа [4] дает более сглаженные графики расходов воды в американских городах во время Второй мировой войны.

Нормативный документ СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения» рекомендует не только компьютерное моделирование систем водоотведения, при проектировании инженерных сетей, но и анализ фактического водопотребления.

Именно поэтому произведен анализ почасового водопотребления многоэтажного 80-квартирного жилого дома (МКД). В таблице приведены данные с узлов учета в период с 13 по 19 января 2019 г., а на рис. 1 и 2 – соответствующие графики.

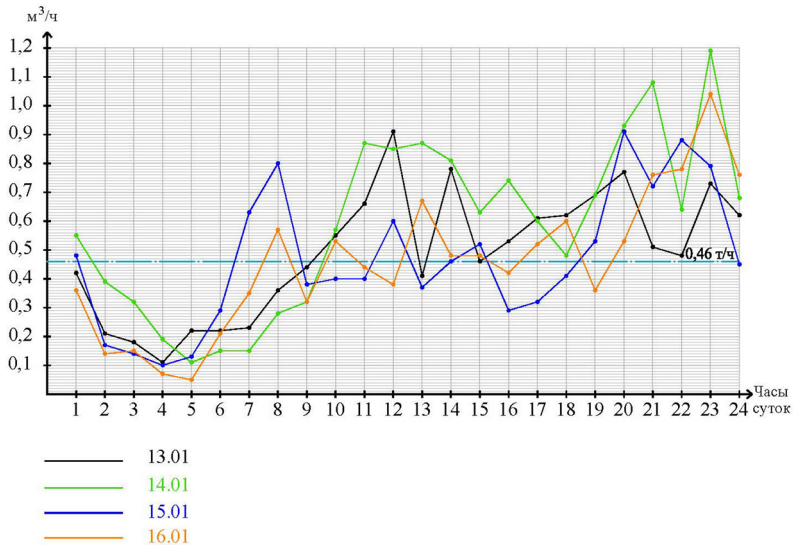


Рис. 1. Графики часовой подачи воды в жилой дом 13–16 января 2019 г.

Часовые расходы холодной воды в жилом доме 13–19 января 2019 г. (Санкт-Петербург)

Числа Часы	13	14	15	16	17	18	19	Сумма по часам	Средне- часовой расход, м ³ /ч	% от суточного расхода
1	0,42	0,55	0,48	0,36	0,42	0,28	0,30	2,81	0,4	3,6
2	0,21	0,39	0,17	0,14	0,24	0,12	0,17	1,45	0,2	1,9
3	0,18	0,32	0,14	0,15	0,13	0,16	0,20	1,28	0,18	1,62
4	0,11	0,19	0,10	0,07	0,07	0,08	0,07	0,69	0,99	0,91
5	0,22	0,11	0,13	0,05	0,08	0,06	0,07	0,72	0,10	0,91
6	0,22	0,15	0,29	0,21	0,20	0,14	0,13	1,34	0,19	1,71
7	0,23	0,15	0,63	0,35	0,32	0,46	0,43	2,57	0,37	3,33
8	0,36	0,28	0,80	0,57	0,54	0,42	0,69	3,66	0,52	4,68
9	0,44	0,32	0,38	0,32	0,45	0,56	0,43	2,90	0,41	3,69
10	0,55	0,57	0,40	0,53	0,43	0,43	0,38	3,29	0,47	4,23
11	0,66	0,87	0,40	0,44	0,42	0,77	0,44	4,00	0,57	5,13
12	0,91	0,85	0,60	0,38	0,55	0,50	0,58	4,37	0,62	5,59

Числа	13	14	15	16	17	18	19	Сумма по часам	Средне-часовой расход, м ³ /ч	% от суточного расхода
Часы										
13	0,41	0,87	0,37	0,67	0,35	0,56	0,49	3,72	0,53	4,77
14	0,78	0,81	0,46	0,48	0,50	0,30	0,64	3,97	0,57	5,14
15	0,46	0,63	0,52	0,48	0,61	0,33	0,33	3,36	0,48	4,32
16	0,53	0,74	0,29	0,42	0,34	0,24	0,37	2,93	0,42	3,78
17	0,61	0,60	0,32	0,52	0,50	0,35	0,41	3,31	0,47	4,23
18	0,62	0,48	0,41	0,60	0,65	0,44	0,39	3,59	0,51	4,59
19	0,69	0,69	0,53	0,36	0,55	0,41	0,48	3,71	0,53	4,77
20	0,76	0,93	0,91	0,53	0,60	0,67	0,41	4,81	0,69	6,22
21	0,51	1,08	0,72	0,76	0,55	0,89	0,40	1,91	0,70	6,31
22	0,48	0,64	0,88	0,78	0,79	0,66	0,70	4,93	0,70	6,31
23	0,73	1,19	0,69	1,04	0,78	0,66	0,63	5,72	0,82	7,39

Числа Часы	13	14	15	16	17	18	19	Сумма по часам	Средне- часовой расход, м ³ /ч	% от суточного расхода
	24	0,62	0,68	0,45	0,76	0,37	0,46			
Сумма часовых расходов, м ³ /ч	11,71	14,09	11,07	10,97	10,44	9,98	9,45	—	11,08	100,00
Средне- часовой расход, м ³ /ч	0,49	0,59	0,46	0,46	0,44	0,41	0,39	—	0,46	—

В отличие от вышеназванных источников делать выводы о резко выраженных пиках некорректно. График более сглажен, локальные максимумы попадают на 8–12 ч и на вечер – с 20 до 23 ч. Это объясняется изменившимся характером производства. Люди перестали ездить на фабрики и заводы к 8–9 ч утра. Работа в офисах начинается позже, но и заканчивается рабочий день не в 17.00, люди также задерживаются на работе.

Часовой расход воды потребителями является случайной величиной, следовательно, можно получить показатели технологической надежности системы водоснабжения МКД, т. е. вероятности обеспечения расхода величиной не ниже заданной. Это является особенно актуальным, так как по часовому расходу подбирается насосное оборудование. Порядок вычисления соответствующих параметров приведен, например, в [5].

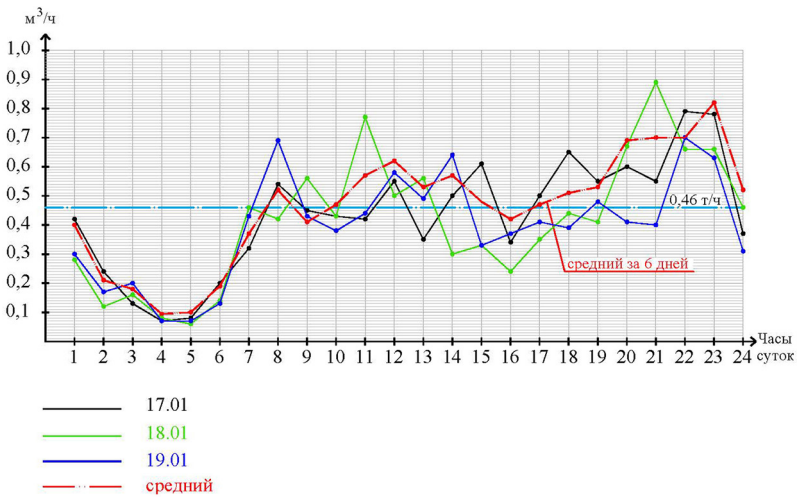


Рис. 2. Графики часовой подачи воды в жилой дом 17–19 января 2019 г.

К рассмотрению принимаем ряд среднечасовых расходов воды в период с 13 по 19 января 2019 г. Группируем статистические данные по восьми интервалам и строим гистограмму распределения. Размер интервала определяем исходя из размаха вариации значе-

ний q_{\max} и q_{\min} . Вычисляем среднечасовой расход (оценку математического ожидания часового расхода воды):

$$\bar{q} = \sum_1^8 q_i \cdot z_i / n = 11,5 / 24 = 0,48 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (1)$$

Вычисляем статистическую дисперсию часового расхода воды (оценка теоретической дисперсии):

$$S_q^2 = \sum_1^8 (q_i - \bar{q})^2 \cdot z_i / n = 1,05 / 24 = 0,044. \quad (2)$$

Среднеквадратичное отклонение составляет: $S_i = 0,044^{1/2} = 0,21 \text{ м}^3/\text{ч}$.

По виду гистограммы эмпирического распределения выдвигаем гипотезу о нормальном законе распределения значений водопотребления и, предварительно пронормировав значения q_i и используя табличные значения функции Лапласа, получаем координаты интегральной функции, представленной на рис. 3.

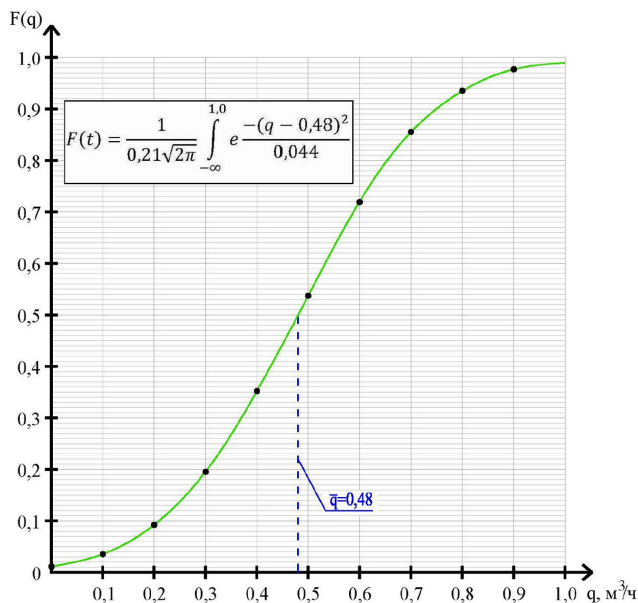


Рис. 3. Интегральный график функции распределения часовых расходов воды

Вероятность того, что водопотребление будет ниже заданного: $F(q) = P(q < q_3)$. Выбор требуемого значения зависит от характера решаемой задачи. Заданным прием часовой расход $\bar{q} = 0,48 \text{ м}^3/\text{ч}$ с вероятностью потребления 50 % (рис. 2).

Оценим вероятность часового потребления воды по нормам СП30.13330.2016 (ред. 2019 г.) в количестве 5,1 л/ч на жильца. На 200 чел. расход составит: $5,1 \cdot 200 = 1020 \text{ л/ч} = 1,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. Примем его как требуемый. Графики показывают, что достижение такого расхода маловероятно.

Расходы в 0,8; 0,7; 0,6 $\text{м}^3/\text{ч}$ ожидаем соответственно 2; 6–7; 3–4 раза за месяц при норме на 200 чел. 1,0 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Итак, вероятность расходов воды выше среднего значения не так велика. Такие же вероятностные характеристики имеет и система водоотведения.

Оценим работоспособность канализационной трубы от последнего водосборного выпуска до ближайшего существующего канализационного колодца.

При фактическом расходе холодной и горячей воды работоспособность сети водоотведения определяется скоростью перемещения воды с наличием грубодисперсных загрязнений. Чтобы эти вещества не выпадали в трубе в осадок и, соответственно, не заиливали ее, необходимо, чтобы сточная вода перемещалась по трубе $d = 150 \text{ мм}$ (минимальный диаметр) со скоростью не менее 0,7 м/с при минимальном же уклоне $i = 0,008$. Уменьшение фактических расходов холодной и горячей воды соответственно уменьшит и объем водоотведения. Теперь не только начальные участки становятся нерасчетными, но и концевые в местах подсоединения объекта к существующим сетям.

Таким образом, следует признать, что нормативные значения водопотребления в многоквартирных домах маловероятны, это следует учесть при выборе повысительного насосного оборудования. С другой стороны, отмечается избыточность величины диаметров труб водоотведения, что необходимо учитывать в первую очередь работникам эксплуатирующих служб водоканалов при планировании промывок участков наружных сетей.

Литература

1. *Абрамов Н. Н., Гениев Н. Н., Павлов В. И.* Водоснабжение. Учебник для вузов. М. : Стройиздат. 1950. 580 с.
2. *Спышинов П. А.* Санитарная техника. Учебник. Москва: Издательство Академии Архитектуры СССР. 1947. 318 с.
3. *Фальковский Н. И.* Санитарно-техническое оборудование зданий. Учебник для ВТУЗов. М. : Издательство Строительной литературы. 1938. 416 с.
4. *Бэббит Г., Доланд Д.* Водоснабжение. Пер. с англ. – М. : Стройиздат, 1958. 352 с.
5. *Митропольский А. К.* Техника статистических вычислений. М. : «Наука». 1971. 576 с.

УДК 628.166

Дарья Андреевна Беляева,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: belyaev71@list.ru

Daria Andreevna Belyaeva,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: belyaev71@list.ru

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ПЛАВАТЕЛЬНЫХ БАССЕЙНОВ

ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR USING ALTERNATIVE METHODS DISINFECTATION OF SWIMMING POOL WATER

Хлорирование в настоящее время является основной технологией обеззараживания воды плавательных бассейнов. При этом анализ статистики чрезвычайных ситуаций говорит, что именно отравления хлором оказываются основной их причиной. Хлор – сильное токсичное вещество, аллерген и канцероген, а надежность хлорирования связана с необходимостью использования концентраций, близких к предельно допустимым. Все это говорит об актуальности поиска альтернативных технологий.

В статье рассмотрены основные технологии, пригодные для использования в плавательных бассейнах, и выявлены их недостатки, ограничивающие массовое использование. Установлен наиболее перспективный метод – олигодинамия. Представлены исследования, подтверждающие эффективность ионизации серебром. Для экспериментов использовались три вида тест-объектов из числа контролируемых микробиологических загрязнений в плавательных бассейнах: кишечная палочка, синегнойная палочка и золотистый стафилококк. Приведены результаты исследований, демонстрирующие возможность дезактивации микробиологических объектов, сделан вывод о перспективах рассмотрения олигодинамических методов в целом и серебра в частности в качестве основных методов обеззараживания воды бассейнов.

Ключевые слова: хлорирование, плавательный бассейн, обеззараживание воды, методы, серебро.

Chlorination is currently the main technology for disinfecting swimming pool water. At the same time, the analysis of the statistics of emergency situations says that it is chlorine poisoning that is their main cause. It is a strong toxic substance, allergen and carcinogen, and the reliability of chlorination is associated with the need to use concentrations close to the maximum permissible. All this speaks of the need to search for alternative technologies. The article discusses the main technol-

ogies that can be used in swimming pools, identifies their shortcomings that limit their mass use. The most promising of these is oligodynamics. The paper describes studies that confirm the effectiveness of silver ionization. For the experiments, three types of test objects were used from among the controlled microbiological contamination in swimming pools: *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*. The paper describes the results of studies demonstrating the possibility of decontamination of microbiological objects, and also draws a conclusion about the prospects for considering oligodynamic methods in general and silver in particular as the main methods for disinfecting water in swimming pools.

Keywords: chlorination, swimming pool, water disinfection, methods, silver.

Общественные плавательные бассейны широко вошли в нашу повседневную жизнь. Они нас окружают повсюду в оздоровительных центрах, фитнес залах, спортивных объектах, санаториях, базах отдыха. Государство все большую роль отводит здоровому образу жизни и популярность плавания год от года растет. Период с 2020 г. ознаменовался новыми условиями нашей жизни, связанными с распространением коронавирусной инфекции. Это заставляет по-другому взглянуть на проблему борьбы с распространением вирусных заболеваний в целом и проблему обеззараживания воды в частности.

Плавательные бассейны являются, как правило, объектом массового посещения людей и обеспечение их безопасности, в том числе и санитарно-гигиенической является приоритетной задачей. В настоящее время хлорирование продолжает оставаться основной технологией обработки воды в бассейнах. В последние годы в России и за рубежом все чаще поднимается вопрос о целесообразности его использования. Это связано с образованием в воде под действием хлора хлорорганических соединений, обладающих по отношению к человеку высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью [1].

Анализ статистических данных убедительно показывает случившиеся случаи отравлений хлорсодержащими соединениями, находящимися в воде бассейнов. Обзор публикаций в средствах массовой информации дает этому подтверждение. В сборнике ВятГУ [2] опубликован анализ чрезвычайных ситуаций в общественных плавательных бассейнах по отдельным субъектам РФ и проведена оценка риска причинения вреда здоровью их посетителей, который оценивается по категории «значительный», а в ряде регионов даже

по категории «высокий». Практически все чрезвычайные ситуации, прошедшие через СМИ, связаны с отравлением людей повышенным содержанием хлора, который испаряется с поверхности воды.

Основных причин передозировки хлора две – это «человеческий фактор» и неисправность в работе оборудования. Следует также понимать, что обусловлены они сложностью поддержания концентрации остаточного хлора на предпороговом уровне в пределах 0,3–0,5 мг/л по нормативным требованиям [3, 4], в то время как предельно допустимая концентрация хлора в воде находится на верхнем значении этого диапазона 0,5 мг/л [4]. В связи с чем, актуальность вопроса поиска и последующего внедрения в технологию обеззараживания воды плавательных бассейнов альтернативных хлорированию технологий приобретает все большее значение.

Обзор альтернативных хлорированию методов обеззараживания воды плавательных бассейнов с оценкой перспектив их внедрения предпринимался не однократно как отечественными [5–8], так и зарубежными [1, 9] специалистами. В их числе также и экспертная оценка санитарных врачей Роспотребнадзора РФ [6, 7]. В качестве альтернативных технологий приоритетными рассматриваются бромирование, озонирование, ультрафиолет, олигодинамия. Каждый метод обладает рядом существенных недостатков, ограничивающих их масштабное использование:

- *озонирование* характеризуется как метод с наиболее быстрым и эффективным действием; однако, существенным ограничением для его использования является токсичность озона; его ПДК в воздухе (в зоне дыхания пловцов) составляет всего 0,001 мг/м³; кроме того, к нему предъявляются повышенные требования по взрыво- и пожароопасности, а также стоимость реализации метода значительно выше чем остальных; при всем этом основным ограничением по его применению является то, что молекула озона не может долго удерживать свою форму, распадаясь на кислород, тем самым эффект пролонгированного действия у озона достаточно ограничен;

- *ультрафиолет* также не обладает эффектом последствия; УФ-лучи воздействуют на микробные клетки только в поле их прохождения; любая микрофлора за пределами источника этих лучей будет способна осуществлять свое развитие; для ультрафиолета

и озонирования — это основная причина не позволяющая их использование как основных методов обработки воды;

- *бромирование* как метод обеззараживания воды обладает теми же положительными свойствами что и хлорирование, только реализуется с меньшей эффективностью при большей стоимости; в настоящее время бассейнов, использующих данный метод, менее 0,5 %;

- *олигодинамия* – обеззараживание воды ионами серебра и меди – наряду с хлорированием и бромированием обладает еще большим пролонгированным эффектом, но считается наименее изученным и, возможно, поэтому наиболее спорным методом.

Из всех методов именно олигодинамия может в силу своих достоинств стать альтернативой хлорированию. Обоснованность данного аргумента должна основываться на фактах.

В качестве одного из них, можно рассмотреть результаты анализа 445 протоколов аккредитованных испытательных центров ФГУЗ «Гигиены и эпидемиологии» разных территорий РФ взятых из 9 бассейнов за 5 лет эксплуатации установками синтеза олигодинамических растворов АЭ-1 (разработчик ООО НИП «АКВАЭФФЕКТ»), рассматриваемых в работе [10]. За весь период наблюдений по микробиологическим, органолептическим показателям и также по санитарно-химическим анализам на содержание катионов тяжелых металлов не обнаружены сколь-либо значимые нарушения санитарных нормативов.

Если вернуться к статистике чрезвычайных ситуаций в бассейне [2], рассмотренной выше, то в отличие от хлорирования серебро работает на значительно меньших значениях от ПДК, чем хлор. Если рассмотреть работы [10, 11] концентрация серебра в воде плавательных бассейнов не превышает 0,025 мг/л, что составляет 0,5 ПДК (ПДК серебра – 0,05 мг/л [4]), что значительно снижает риск опасного воздействия на человека.

Аргументы, представленные в [10], являются единичным источником информации о подобных исследованиях, не дающих оснований утверждать о достоверности фактов. Для подтверждения биоцидного действия была проведена серия опытов целью которых явилась оценка антибактериальной активности серебросодержащего раствора на бактериальных штаммах кишечной палочки *E. coli*,

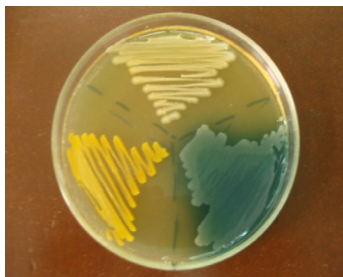
а также псевдомонад (синегнойная палочка) *P. aeruginosa*, золотистого стафилококка *S. aureus*. Выбор культур обоснован требованием СанПиН 1.2.3685–21 [4], микробиологические показатели и нормативы качества воды в ванне бассейна представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Микробиологические показатели
и нормативы качества воды в бассейне**

Показатели по СанПиН 1.2.3685–21 (табл. 3.10 [4])	Ед. изм.	Нормативы
Кишечная палочка (<i>E. coli</i>)	КОЕ/100 см ³	Отсутствие
Золотистый стафилококк (<i>Staphylococcus aureus</i>)	КОЕ/100 см ³	Отсутствие
Синегнойная палочка (<i>Pseudomonas aeruginosa</i>)	КОЕ/100 см ³	Отсутствие

Культуры бактерий, выращивали на агаре Хоттингера при температуре 37 °С; смывали стерильным изотоническим раствором хлорида натрия; готовили исходные суспензии, содержащие в 1 мл 10⁹ бактерий (10⁹ КОЕ/мл). На рисунке представлена чашка Петри с плотной питательной средой (агаром Хоттингера), на которой хорошо различаются выросшие тест-культуры: *E. coli* – беловато-кремового цвета; *P. aeruginosa* – сине-зеленого цвета; *S. aureus* – золотисто-желтого цвета.



Различие в окраске газона растущих культур тест-штаммов *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*

Исследования проводили суспензионным методом [12], в которых использовали раствор серебра с концентрациями 0,03 и 0,05 мг/л. В раствор инокулировали суспензию бактерий тест-штаммов *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* в конечных концентрациях 10⁵ и 10³ КОЕ/мл, после чего через определенный промежуток времени отбирали пробы для посевов на агар Хоттингера в чашках Петри, подращивания при температуре 36–37 °С и подсчета числа выросших колоний. Результаты исследований по выживаемости тест-микроорганизмов в серебросодержащем растворе представлены в табл. 2 и 3.

При оценке чувствительности бактерий установлено, что более устойчивым к действию раствора является золотистый стафилококк *S. aureus*, затем, по мере убывания устойчивости, – псевдомонады *P. aeruginosa*, кишечная палочка *E. coli*. В последующих экспериментах установлено, что при концентрации серебросодержащего раствора 0,03 мг/л и содержании бактерий 10⁵ КОЕ/мл после двух минут остается 125 бактерий кишечной палочки, остальные клетки гибнут в течение третьей минуты; количество выживших псевдомонад после трех минут экспозиции составляет 25, остальные гибнут в течение четвертой минуты: золотистый стафилококк выживает в количестве 26 клеток после трех минут экспозиции и полностью гибнет в течение четвертой минуты.

При концентрации серебросодержащего раствора 0,05 мг/л и содержании бактерий 10⁵ КОЕ/мл кишечная палочка полностью гибнет в течение трех минут, при этом в течение первой минуты погибает большее количество бактерий; псевдомонады – в течение трех минут, а золотистый стафилококк в течение четырех минут. При начальной концентрации бактерий 10³ КОЕ/мл гибель происходит более интенсивнее; кишечная палочка гибнет в течение 2 мин, псевдомонады – 2 мин и золотистый стафилококк – 3 мин при концентрации серебра 0,03 мг/л. При концентрации серебра 0,05 мг/л гибель бактерий происходит еще более интенсивно.

Наши исследования показали, что серебро способно дезактивировать основные микробиологические объекты, являющимися своеобразными тест-системами для оценки загрязнения бассейна. Таким образом, можно говорить о перспективах рассмотрения олигодинамических методов в целом и серебра в частности в качестве основных методов обеззараживания воды плавательных бассейнов и созданию на альтернативой хлорированию технологии обеззараживания воды.

Таблица 2

**Выживаемость тест-микроорганизмов
в серебросодержащем растворе (1)**

Экспозиция <i>T</i> , мин	Содержание живых бактерий в растворе при содержании серебра 0,03 мг/л на <i>T</i> , мин. эксперимента, КОЕ/мл ($\bar{x} \pm I_{95}$; <i>n</i> = 6)					
	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>S. aureus</i>
Начало эксперимента	10^5	10^5	10^5	10^3	10^3	10^3
1	$(1,5 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(1,6 \pm 0,7) \cdot 10^4$	$(3,5 \pm 0,5) \cdot 10^4$	650 ± 53	710 ± 53	820 ± 60
2	125 ± 15	790 ± 56	890 ± 60	0	10 ± 6	35 ± 7
3	0	25 ± 5	26 ± 7	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0

Выживаемость тест-микроорганизмов в серебросодержащем растворе (2)

Экспозиция T , мин	Содержание живых бактерий в растворе при содержании серебра 0,05 мг/л на T , мин, эксперимента, КОЕ/мл ($\bar{X} \pm I_{95}$; $n = 6$)					
	E. coli	P. aeruginosa	S. aureus	E. coli	P. aeruginosa	S. aureus
Начало эксперимента	10^5	10^5	10^5	10^3	10^3	10^3
1	210 ± 25	760 ± 60	810 ± 60	125 ± 16	190 ± 18	196 ± 19
2	120 ± 20	118 ± 22	96 ± 50	0	0	16 ± 4
3	0	0	18 ± 6	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0

Литература

1. *Ilyas H., Masih I., Hoek J.* Disinfection Methods for Swimming Pool // *Water*. June 2018. 10 (797).
2. *Беляев А. Н., Фалалеев А. В.* Технологические риски при эксплуатации плавательных бассейнов. // Сборник материалов : Общество. Наука. Инновации (НПК-2020) XX Всерос. науч.-практ. конф., 17 февр. – 26 апр. 2020 г. Киров: Вятский государственный университет, Т. 2, с. 213–219.
3. СП 2.1.3678-20 Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг. // Утв. Постановлением главного санитарного врача Российской Федерации от 24.12.2020 № 44.
4. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. // Утв. Постановлением главного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 № 2.
5. *Соколова Н. Ф.* Средства и способы обеззараживания воды (аналитический обзор) // *Медицинский алфавит*, 2013, Т. 1, № 5, с. 44–54.
6. *Жолдакова З. И.* Вопросы гармонизации гигиенических требований к плавательным бассейнам с международными рекомендациями. // *Гигиена и санитария*, 2010, № 2, с. 93–96.
7. *Жолдакова З. И., Сеницына О. О., Тульская Е. А., Одинцов Е. Е.* О гигиеническом нормировании химических средств обеззараживания воды // *Гигиена и санитария*, 2007, № 5, с. 76–80.
8. *Тульская Е. А.* Сравнительная оценка эффективности средств обеззараживания воды // *Здоровье населения и среда обитания*, 2013. № 1(238), с. 11–13.
9. *Kanan A.* Occurrence and formation of disinfection by-products in indoor swimming pools water. // *Clemson University: TigerPrints*. 2010. 279 p.
10. *Krasovsky V., Yakhina M., Belyaev A.* Water purification of swimming pools cations copper and silver and their improving effect // *The scientific heritage*. 2021. Vol. 2. № 58(58). P. 19–29.
11. *Красовский В. О., Яхина М.Р., Беляев А. Н.* О преимуществах олигодинамического метода обеззараживания воды плавательных бассейнов // Национальная ассоциация ученых (НАУ). 2020. № 62. С. 16–20.
12. *Jorgensen J. H., Turnidge J. D.* Susceptibility test methods: dilution and disk diffusion methods. *Manual of clinical microbiology* // 9th-ed ASM Press Washington, 2007. P. 1152–1172.

УДК 628.21

Екатерина Сергеевна Гонтарь,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: kategontar99@mail.ru

Ekaterina Sergeevna Gontar,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: kategontar99@mail.ru

ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА ВНУТРЕННЕГО ВОДООТВОДА С КРОВЛИ

VACUUM SYSTEM OF INTERNAL DRAINAGE FROM ROOF

Рассматривается вакуумная система внутреннего водоотвода с кровли. В России она появилась не так давно, и ее применение до сих пор ограничено отсутствием соответствующих нормативных документов и расчетов. Описаны существующие системы водоотвода, дана краткая историческая справка их появления в мире и в России. Представлен сравнительный анализ самотечной и вакуумной систем, указаны конструктивные особенности воронок каждой из них.

Ключевые слова: гравитационно-вакуумная система, сифонно-вакуумная система, воронки, плоская кровля, водоотвод, сифон.

The article discusses the vacuum system of internal drainage from the roof. In Russia, this system appeared not so long ago, its application is still limited by the lack of relevant regulatory documents, as well as calculations. A general description of the existing drainage systems, a brief historical background of the appearance of such systems in the world and in Russia, a comparative analysis of gravity and vacuum systems, design features of the funnels of each of the systems are given.

Keywords: gravitational-vacuum system, siphon-vacuum system, funnels, flat roof, drainage system, siphon.

Система, о которой говорится в данной статье, не имеет определенного названия. Специалистам она знакома как гравитационно-вакуумная, сифонно-вакуумная или гидродинамическая.

В современном мире при строительстве зданий невозможно обойтись без водосточной системы, так как отсутствие слива дождевых и талых вод может привести к пагубным последствиям, а именно к обрушению кровли.

Системы кровельных водостоков предоставляют большой выбор водоотводов, которые, в свою очередь, различаются как по типу –

наружные или внутренние водостоки здания, так и по цене, качеству, по принципу изготовления материалов и установки.

Непосредственно водоотвод с плоских кровель должен обеспечивать высокую пропускную способность.

При использовании самотечных водостоков гидравлическая нагрузка возмещается устройством большего количества воронок, дополнительных стояков, увеличением длины трубопроводов, а также увеличением диаметра приемных труб. Все вышеперечисленное непосредственно ведет к удорожанию системы, затруднению монтажа, возникает необходимость в более сложных архитектурных и технических решениях.

В современном мире на рынке традиционной системе водоотвода с плоских кровель имеется альтернатива. Речь идет о системе работы, которой основана на создании вакуумного разряжения в трубах.

Вакуумные системы были разработаны в середине 1970-х гг. в скандинавских странах благодаря развитию строительства малоэтажных зданий с большими безопорными крышными пролетами (как правило, по такой конструкции возводятся большие торговые центры – АШАН, ИКЕЯ и др.).

В России системы начали применять в начале 1990-х гг., когда на отечественный рынок пришли иностранные строительные компании.

В настоящее время все марки, представленные на рынке, – импортные. В нашей стране нет ни соответствующих производств, ни технологий. Производство и инженерный расчет вакуумных систем требуют высокой квалификации специалистов в области проектирования и монтажа [1].

Сифонная и самотечная системы имеют следующие различия. Воронки самотечной системы имеют меньшую производительность по сравнению с сифонными, поэтому самотечная система ливнеотока требует большего количества воронок. В самотечной системе пропускная способность воронки ограничивает пропускную способность всей системы в целом, большее количество воронок усложняет работы по устройству кровли. Трубы частично заполнены водой, а частично воздухом. На горизонтальных участках трубы прокладываются с уклоном. Изменение направления тру-

бопроводов должно быть минимальным. Горизонтальные участки самотечной системы ливнеотока проходят либо под конструкцией крыши, либо под полом. При прокладке труб под полом требуется большой объем земляных работ. При прокладке труб под потолком трубы могут мешать другим системам [2].

Сифонная система ливнеотока требует меньшего количества воронок, что упрощает работы по устройству кровли. Движение воды в сифонной системе происходит под действием разряжения, создаваемого в главном стояке. Разряжение возникает при падении воды внутри стояка благодаря особенной конструкции воронок и точному расчету диаметров труб. Трубы полностью заполнены водой. Разряжение передается до приемной воронки. Движение воды происходит в напорном режиме. Напорный режим работы облегчает трассировку трубопроводов. Стояки можно расположить максимально близко к выпускам, что уменьшает объем работ по наружным сетям и выпускам. На горизонтальных участках трубы прокладываются без уклонов, под конструкцией крыши [2].

В мире существует множество количество конструкций сифонных воронок, различающихся между собой материалами, размерами, а также предназначением для различных кровель. Наиболее распространенные воронки из полипропилена, поскольку имеют достаточно малый вес и долговечность. Именно поэтому сифонно-вакуумная система славится тем, что она легкая. Так, в системах Geberit и Akatherm используются преимущественно полипропиленовые воронки. Например, компания Sita предлагает также воронки из полиуретана, специальные чугунные (пожаробезопасные, для зданий спецназначения) и алюминиевые (пожаробезопасные, для эксплуатируемых кровель с большими нагрузками) воронки, а компания Kessel – в числе прочих — комбинированную воронку из чугуна и пластмассы [3].

Рассмотрим принципиальные отличия в конструкциях воронок на примере воронок немецкого производителя Sita. На рис. 1, 2 представлены конструкции вакуумной воронки SitaDSS Profi, а также кровельной воронки SitaTrendy, которые расположены в плоской, теплой, неэксплуатируемой кровли с несущей конструкцией из металлического листового гофрированного профилia [3].

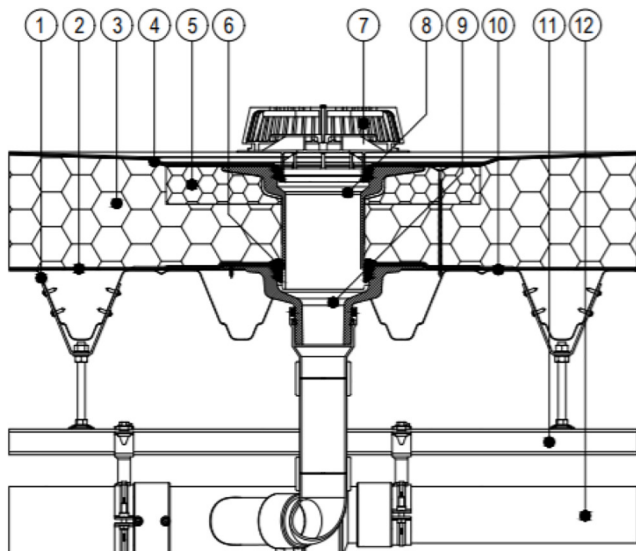


Рис. 1. Вакуумная воронка SitaDSS Profi с соединительным фартуком, с надставным элементом SitaDSS Profi с соединительным фартуком, с элементом Airstop и листвоуловителем: 1 – несущая конструкция; 2 – пароизоляция; 3 – теплоизоляция; 4 – гидроизоляция; 5 – изоляционная плита SitaDSS Profi для надставного элемента; 6 – уплотнительный манжет надставного элемента SitaDSS Profi; 7 – Airstop с листвоуловителем; 8 – надставной элемент SitaDSS Profi с соединительным фартуком; 9 – вакуумная воронка SitaDSS Profi с соединительным фартуком; 10 – усилительная пластина SitaMore; 11 – система крепления труб SitaDSS PE; 12 – система труб SitaDSS PE [3]

Первое, на что хочу обратить внимание, это конструктивные особенности воронок, сифонная воронка более сложная в конструкции, но имеет ряд преимуществ.

Номинальный диаметр сифонной воронки варьируется от 56 до 70 мм, для самотечной воронки – от 70 до 125 мм. Пропускная способность сифонной воронки составляет 0,7–17 л/с, а самотечной воронки – 0,6–14 л/с.

Несмотря на то, что в России рассматриваемые системы появились лет 20 назад, их применение до сих пор ограничено отсутствием соответствующих нормативных документов.

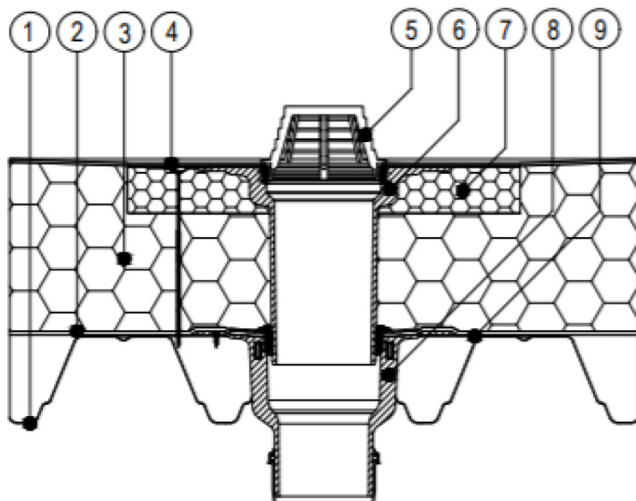


Рис. 2. Кровельная воронка SitaTrendy с фланцем, с надставным элементом SitaTrendy с соединительным фартуком и листоуловителем для самотечной системы: 1 – несущая конструкция; 2 – пароизоляция; 3 – теплоизоляция; 4 – гидроизоляция; 5 – листоуловитель SitaTrendy; 6 – надставной элемент SitaTrendy с соединительным фартуком; 7 – изоляционная плита SitaTrendy для надставного элемента; 8 – кровельная воронка SitaTrendy с фланцем; 9 – усиленная пластина SitaMore [3]

В России нет норм, расчетов, регламентирующих проектирование, монтаж и эксплуатацию таких систем. СНиП 2.04.01–85* «Внутренний водопровод и канализация зданий» содержит регламенты только для традиционных систем внутреннего водостока [4].

Литература

1. Akatherm International BV, Sita Bauelemente GmbH, Hutterer & Lechner GmbH, Kessel GmbH. URL: <https://www.sita-bauelemente.de/ru/start/> (дата обращения: 25.11.2021).
2. Яковлев А. К. Гравитационно-вакуумная система внутреннего водостока на основе труб ПНД Geberit Pluvia // Сантехника. 2003. № 6.
3. Каталог продукции Sitaleicht. URL: http://ckko.ru/f/sita_katalog_pozharozashchita_krovli_2018.pdf (дата обращения: 25.11.2021).
4. СНиП 2.04.01–85* «Внутренний водопровод и канализация зданий». URL: https://xn--j1agcjg.xn--plai/content_files/user/SP-30_13330_2016_-SNiP-2_04_01-85-_-Svod-pravil_-Vnutrennij.pdf (дата обращения: 25.11.2021).

УДК 628:628.54

Ксения Геннадьевна Дмитриева,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: ksyu.dmitr@gmail.com

Kseniya Gennadievna Dmitrieva,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: ksyu.dmitr@gmail.com

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО АДсорбЕНТА
ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ
ДЕСТРУКЦИЕЙ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД
БУМАЖНОЙ ФАБРИКИ**

**THE RESULTS OF DETERMINING THE OPTIMAL
CONDITIONS FOR OBTAINING A CARBON ADSORBENT
FOR WATER PURIFICATION BY THERMOCHEMICAL
DESTRUCTION OF WASTE WATER SLUDGE
FROM A PAPER MILL**

Современная политика в области экологии очень строга. Все больше технологий направляется на вторичную переработку с получением полезных продуктов. В области очистки воды актуальным является применение в качестве сырья всевозможных недорогих углеродсодержащих отходов с последующей их переработкой с помощью экологически чистых технологий в высококачественные углеродные адсорбенты (активированные угли). В рамках научно-исследовательской работы в качестве сырья для получения адсорбента для очистки воды был взят осадок производственных сточных вод бумажной фабрики. Исследовано влияние на качество получаемого адсорбента влажности исходного сырья, а также массового отношения «сухой осадок/серная кислота».

Ключевые слова: термохимическая деструкция, углеродный адсорбент, активированный уголь, очистка воды, содержание влаги в сырье, адсорбционная активность.

The environmental policy is very strict at the moment. More and more technologies are aimed at recycling to obtain useful products. In the field of water purification, it is relevant to use all kinds of inexpensive carbon-containing waste as raw materials, with their subsequent processing using environmentally friendly technologies into high-quality carbon adsorbents (activated carbons). Within the framework of research activities, the sludge of industrial wastewater from a paper mill was taken as a raw material for obtaining an adsorbent for water purification. The influence of the moisture content of the feedstock, as well as the influence of the mass ratio of dry sludge – sulfuric acid on the quality of the adsorbent obtained, has been investigated.

Keywords: thermochemical destruction, carbon adsorbent, activated carbon, water purification, moisture content in raw materials, adsorption activity.

Политика в области экологии на сегодняшний момент очень строга. Все больше технологий направлены на вторичную переработку с получением полезных продуктов. В области очистки воды актуальным является применение в качестве сырья всевозможных недорогих углеродсодержащих отходов, с последующей переработкой их с помощью экологически чистых технологий в высококачественные углеродные адсорбенты (активированные угли). Так, в кандидатской диссертации за основу в качестве сырья для получения адсорбента берется осадок производственных сточных вод бумажной фабрики «Гознак» [1].

Известно, что ежедневно на фабрике образуется 5 т влажного осадка (влажностью примерно 75 %), а в пересчете на сухой – 1 т. Качественный и количественный состав осадка – исходного сырья для углеродного адсорбента представлен в табл. 1.

Таблица 1

Качественный и количественный состав осадка

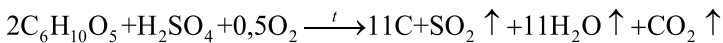
Показатели	Концентрация	
	мг/кг	%
Влажность	700 000–800 000	70–80
Нефтепродукты	590	0,059
Никель	< 1,0	0
Алюминий	< 1,0	0
Медь	< 1,0	0
Цинк	2,6	0,00026
Кадмий	< 1,0	0
Марганец	< 1,0	0
Хром	< 1,0	0
Свинец	< 1,0	0

Показатели	Концентрация	
	мг/кг	%
Железо	5,1	0,00051
Кремния диоксид	25 000	2,5
Целлюлоза	Остальное	17,44
ИТОГО		100

Из табл. 1 видно, что осадок содержит 80 % воды, 17,44 % целлюлозы и 2,5 % диоксида кремния. Это может говорить нам о том, что осадок представляет собой экологически чистое углеродсодержащее сырье для получения углеродного адсорбента.

За основу для получения углеродного адсорбента из осадка сточных вод бумажной фабрики «Гознак», взята технология получения сульфогля методом термохимической деструкции, путем обработки его концентрированной серной кислотой (92 %) с последующим нагревом. В ходе эксперимента происходит смешивание влажного осадка с серной кислотой, где сначала происходит набухание полученной массы и частичное испарение воды. Далее осуществляется процесс нагрева полученной массы, в результате которого происходит обугливание и выделение паров воды и сернистого газа. В процессе термохимической деструкции исходная масса вспучивается, увеличиваясь в объеме, что доказывает нам образование пор и формирование пористой структуры адсорбента, где роль активаторов играют образовавшиеся газы (пары воды и сернистый газ).

Деструкция происходит в соответствии с уравнением химической реакции, исходя из стехиометрических коэффициентов которой были взяты массовые соотношения целлюлозы и концентрированной серной кислоты, необходимой для полной деструкции влажного исходного сырья и получения углеродного адсорбента [2]:



Для полноты эксперимента были взяты образцы осадка сточных вод бумажной фабрики с различной влажностью и проведено

исследование влияния влажности исходного сырья на ход термохимической деструкции. Определение влажности исходного сырья проходило по ГОСТ 16932–93. При прочих равных условиях проведения эксперимента (температуре, времени обугливания, а также массового соотношения осадок: серная кислота) взяв осадок с влажностью менее 65 %, процесс деструкции происходит не во всем объеме, а только на ее поверхности, при этом большая часть исходного сырья начинает перегорать и происходит образование золы. Следовательно, полностью высушенный осадок непригоден для термохимической деструкции, поскольку не будет происходить пропитки кислотой всего осадка, соответственно необходимой реакции для образования адсорбента. В то же время был проведен эксперимент с влажностью исходного сырья 73,1 %. В этом случае время, на полную деструкцию осадка увеличилось до 40 мин. Следовательно, более технологично и соответственно более экономично использовать влажный осадок с исходной влажностью около 65–70 % [3].

Полученные образцы углеродного адсорбента из осадка сточных вод были просеяны на 2 фракции различного размера: от 0,25 до 0,5 мм (мелкая фракция по ГОСТ 5696–74) и от 0,5 до 2,0 мм (крупная фракция). По каждому полученному образцу было проведено исследование адсорбционной активности по йоду методом йодометрического титрования по ГОСТ 6217–74 (табл. 2) [4, 5].

Таблица 2

**Адсорбционная активность по йоду получаемого адсорбента
(в зависимости от влажности исходного сырья)**

№ п/п	Влажность сырья, %	Адсорбционная активность по йоду, мг/г	
		Мелкая фракция	Крупная фракция
1	73,1	120,7	76,2
2	69,1	171,5	77,3
3	66,3	190,5	82,6
4	62,5	57,2	67,9

На основе данных табл. 2 построен график зависимости адсорбционной активности по йоду получаемого адсорбента от влажности исходного сырья (рис. 1).

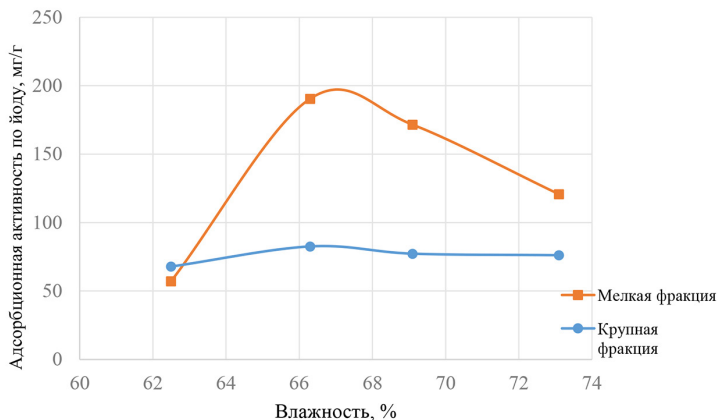


Рис. 1. Зависимость адсорбционной активности по йоду получаемого адсорбента от влажности исходного сырья

На графике четко видно, что адсорбционная активность зависит от влажности исходного сырья и лучшие значения были получены для образца с влажностью 66,3 %: 190,5 мг/г для мелкой фракции и 82,6 мг/г – для крупной.

В целях подтверждения теоретических предположений о ходе термохимической деструкции влажного осадка сточных вод бумажной фабрики, а также уточнения массового отношения осадок-серная кислота, подтверждения совпадают ли практические данные со стехиометрическими коэффициентами уравнения деструкции целлюлозы (он же осадок), были проведены эксперименты по получению углеродного адсорбента, где масса осадка, принятая за единицу, была постоянным числом, а количество серной кислоты изменялось так, что доля ее составляла от 0,3 до 0,9 по отношению к сухому осадку.

В результате проведенных экспериментов, по получению адсорбента, каждый образец был разделен на фракции – мелкая (0,25–0,5 мм) и крупная (0,5–2,0 мм) и затем проведены иссле-

дования на адсорбционную активность по йоду методом йодометрического титрования. Результаты исследования представлены в табл. 3 [4, 5].

Таблица 3

Зависимость адсорбционной активности по йоду от массового отношения «осадок – серная кислота»

№	Массовая доля кислоты по отношению к сухому осадку	Адсорбционная активность по йоду, мг/г	
		Мелкая фракция	Крупная фракция
1	0,3	120,65	57,15
2	0,5	120,65	76,2
3	0,6	107,95	88,9
4	0,7	76,2	31,75
5	0,9	76,2	25,4

Данные проведенных экспериментов представлены в виде графика зависимости адсорбционной активности по йоду от массового отношения осадок-серная кислота (рис. 2).

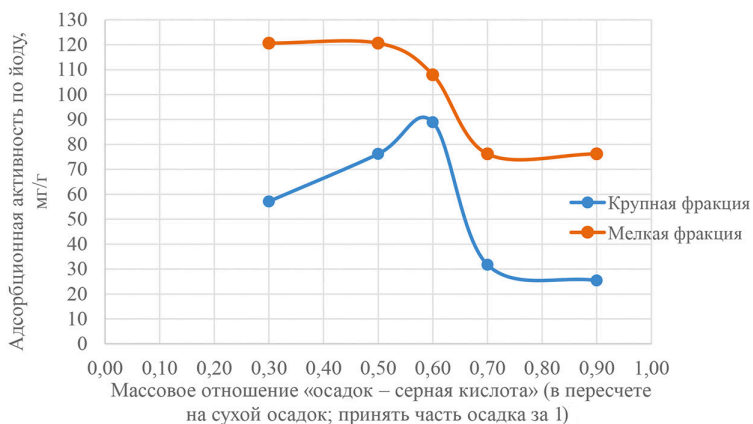


Рис. 2. Зависимость адсорбционной активности по йоду от массового отношения «осадок – серная кислота»

Из представленной зависимости четко подтверждается значение наилучшего массового отношения «осадок/серная кислота»: 1 к 0,5 или 2 к 1.

Литература

1. *Кинле Х.* Активные угли и их промышленное применение / Х. Кинле, Э. Бадер. Л.: Химия, 1984. 216 с.
2. *Богомолов Б. Д.* Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений: [Учеб. пособие для вузов по специальностям 0903 «Хим. технология древесины» и 0904 «Хим. технология целлюлозно-бум. производства»]. – Москва: Лесная пром-сть, 1973. – 399 с.
3. ГОСТ 16932-93. Целлюлоза. Определение содержания сухого вещества. Введ. 01.01.1995. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1995. 4 с.
4. ГОСТ 6217-74. Уголь активированный древесный дробленый. Технические условия. Введ. 1976-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2003. 8 с.
5. ГОСТ 5696-74. Сульфуголь. Технические условия. Введ. 25.10.1974. М.: Изд-во стандартов, 1993. 7с.

УДК 628.1

Тимур Баходурович Дрисси,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: timydrisi@mail.ru

Timur Bahodurovich Drisi,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: timydrisi@mail.ru

СТРАТЕГИЯ LEED – ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ

LEED CERTIFICATION STRATEGY – WATER EFFICIENCY

Вода часто рассматривается как бесконечный ресурс, пополняющийся с течением времени, поэтому, когда речь заходит о сертификации «зеленого» строительства, она, как правило, отходит на второй план в области энергосбережения. Однако нехватка воды и перебои с водоснабжением в крупных городах мира служат ярким напоминанием о важности сохранения питьевой воды. Решение проблемы эффективного использования воды в зданиях подразумевает комплексный подход к сокращению водопотребления как в помещениях, так и на открытом воздухе и при других специализированных видах использования.

Ключевые слова: использование воды, «зеленое» строительство, надежность системы, ресурс.

Water is often thought of as an infinite resource that can be replenished over time, so it tends to take a backseat to energy conservation when it comes to green building certification. Water shortages and outages in the world's major cities, serve as a stark reminder of the importance of conserving potable water. Addressing water efficiency in buildings involves a comprehensive approach to reducing water use from indoor water use to outdoor water use and other specialized uses.

Keywords: water use, green building, system reliability, resource.

Поскольку вода является одним из самых жизненно важных природных ресурсов в мире, все строительные проекты, особенно «зеленые», должны включать в себя повышение эффективности использования водных ресурсов в качестве цели. Хорошей новостью является то, что легко достижимо значительное повышение эффективности использования водных ресурсов.

Эффективность оценивается по пяти экологическим категориям, одной из которых является эффективность использования воды. LEED – это система, основанная на баллах, управляемая Советом

по экологическому строительству США, с баллами, начисляемыми за выполнение конкретных требований к «кредитам» в каждой из категорий.

Система сертификации LEED Система LEED (The Leadership in Energy & Environmental Design) – «Лидерство по энергетическому и экологическому проектированию» – была разработана в 1993 г. «Американским советом по зеленым зданиям» (United States Green Building Council, сокращенно USGBC) как стандарт для проектов энергоэффективных, экологических и «устойчивых» зданий для осуществления перехода строительной индустрии к проектированию, строительству и эксплуатации таких зданий.

Из 69 возможных пунктов LEED только пять напрямую связаны с эффективностью использования водных ресурсов. Эти пять пунктов распределены между тремя «кредитами» LEED за эффективность использования воды:

- «Кредит» № 1 – водосберегающее озеленение; максимальная оценка 2 балла;
- «Кредит» № 2 – инновационные технологии очистки сточных вод; максимальная оценка 1 балл;
- «Кредит» № 3 – сокращение водопользования; максимальная оценка 2 балла.

Некоторые технологии и стратегии повышения эффективности использования водных ресурсов могут быть легко внедрены на любом этапе процесса проектирования или даже в конце строительства, в то время как другие требуют раннего планирования и интеграции нескольких дисциплин.

Понимание требований к каждому «кредиту» на повышение эффективности использования водных ресурсов, а также стратегий разработки для удовлетворения этих требований, процесса планирования, необходимого для успешной разработки и внедрения этих стратегий, имеет решающее значение для оптимизации эффективности использования водных ресурсов в проектах LEED.

Цель «кредита» на водосберегающее озеленение состоит в том, чтобы ограничить или исключить использование водопроводной воды или других природных (поверхностных или подземных) водных ресурсов, доступных на участке проекта или вблизи него, для орошения зеленых насаждений. Один балл присуждается за

50%-ное сокращение потребления воды для орошения по сравнению с расчетным базовым показателем в середине лета, и в общей сложности два балла присуждаются за 100%-ное сокращение.

Организация насаждений на основе их требований к поливу, сведение к минимуму площадей газонов с высоким содержанием водопотребления и выбор видов растений, адаптированных к климатическим условиям участка. Все это стратегии, которые позволят сократить количество требуемой воды на поливку по сравнению с обычным ландшафтным дизайном, для которого требуется значительно большее количество воды. Одной этих стратегий может быть достаточно, чтобы полностью устранить необходимость в дополнительном орошении.

Экономия воды может быть достигнута за счет использования альтернативных источников воды. LEED рассматривает два альтернативных источника воды: сбор дождевой воды и рекуперация сточных вод. Сбор дождевой воды включает в себя сбор и хранение осадков в резервуарах (подземных или прудах) во время осадков. Эта вода может быть использована системой орошения позже в засушливые периоды года. Рекуперация сточных вод может быть достигнута как на месте, так и в муниципальном масштабе.

Местные требования к сбору дождевой воды и очистке сточных вод сильно различаются, поэтому важно на ранних этапах проектирования понимать, какие из вариантов имеют шансы на реализацию для данного объекта.

Целью «кредита» на инновационные технологии очистки сточных вод является сокращение производства сточных вод и сокращение питьевой воды на нужды канализации. Один балл присуждается либо за сокращение потребления питьевой воды для транспортировки сточных вод на 50 %, либо за очистку 50 % сточных вод на месте до третичных стандартов. Третичная очистка – это заключительный этап очистки, перед тем как вода может быть сброшена обратно в водный источник.

Целью «кредита» на сокращение водопользования является максимизация эффективности использования воды в зданиях для снижения нагрузки на муниципальные и региональные системы водоснабжения и водоотведения. Один балл присуждается за сокращение использования воды на 20 %, два балла – за сокращение

использования воды на 30 %. Оборудование, регулируемое этим «кредитом», включает в себя умывальники, писсуары, краны для унитазов, душевые, раковины на кухне или в комнате отдыха. Другие приспособления и оборудование для водопользования, такие как посудомоечные машины, стиральные машины и механическое оборудование, не учитываются.

В зависимости от числа оценочных баллов зданию присваивается соответствующий сертификат, который определяется общей суммой этих баллов и имеет несколько градаций: сертифицирован, серебро, золото или платина (см. рисунок).



Градации рейтинговой сертификации LEED

Такие меры по повышению эффективности использования водных ресурсов могут расширить этот ограниченный ресурс при одновременном сокращении стоков и снижении эксплуатационных расходов. Несмотря на ограниченный акцент LEED на эффективность использования воды, мероприятия по эффективному использованию воды должны быть целью любого проекта.

Литература

1. Официальный сайт Некоммерческого партнерства «Экологический союз». URL: <http://ecounion.ru> (дата обращения: 20.11.2021).
2. Зеленое строительство – международный опыт и перспективы развития в России. URL: <https://www.rmnt.ru/story/realty/353186.htm> (дата обращения: 20.11.2021).
3. Экологическое строительство: западный и российский опыт. URL: <https://www.rmnt.ru/story/realty/367711.htm> (дата обращения: 20.11.2021).
4. LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction – 2009 Edition. URL: <https://ru.scribd.com/doc/65290621/LEED-Reference-Guide-for-Green-Building-Design-and-Construction-2009> (дата обращения: 20.11.2021).

УДК 628.2

Мадина Муратовна Дуишембекова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: mduishembekova@mail.ru

Madina Muratovna Duishembekova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: mduishembekova@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НАРУЖНЫХ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

APPLICATION OF BIM-TECHNOLOGIES IN DEVELOPMENT OF OUTDOOR WATER SUPPLY AND WATER DISCHARGE NETWORKS

Кратко описано понятие BIM и рассмотрены основные программы, применяющие BIM-концепцию. Отражены наиболее существенные достоинства и возможности программ компании Autodesk. Дан обзор программы Autodesk AutoCAD Civil 3D, выделены основные преимущества и потенциал ее использования в разных циклах строительства. Программа позволяет проектировать и моделировать наружные сети водоснабжения и водоотведения в соответствии с российскими стандартами. Благодаря возможности демонстрации проекта в 3D-формате заказчики и партнеры могут на ранних этапах проектирования увидеть, как будет выглядеть завершенный проект.

Ключевые слова: программа, Autodesk AutoCAD Civil 3D, проектирование, Autodesk Revit, трубопроводная сеть.

This article briefly describes the concept of BIM and discusses the main programs that apply the BIM concept. Shows the main advantages and capabilities of Autodesk products. The rest of this article provides an overview of Autodesk AutoCAD Civil 3D. The main advantages and opportunities are highlighted. This program allows you to design and simulate external water supply and sewerage networks in accordance with Russian standards. With the ability to showcase the design in 3D, customers and partners can learn in the early design phase of what the design will look like when completed.

Keywords: the program, Autodesk AutoCAD Civil 3D, design, Autodesk Revit, pipeline network.

BIM-концепция создания идеальной информационной модели объекта в 3D формате.

Технология BIM объединяет архитектурно-строительные САПР и снижает затраты времени и средств на выполнение проектов зданий

и объектов инфраструктуры. Также технология обеспечивает высокую точность данных, широкие возможности доступа к ним и принятие более обоснованных решений на всех стадиях цикла проектирования: от эскизного проекта до реконструкции.

К основным программам для реализации BIM-модели можно отнести:

- Graphisoft ArchiCAD; служит для проектирования архитектурно-строительных конструкций;
- Tekla Structures; программа предназначена для работы с металлоконструкциями в масштабных проектах;
- Renga Architecture; отечественный продукт программно-обеспечения содержит функцию использования инструментов в трехмерном измерении. Данная программа является единой платформой для конструкторов и архитекторов.

Но основную часть всех программ, реализующих BIM-технологии, предоставляет компания Autodesk, а именно:

- Autodesk Revit – для проектирования зданий;
- Autodesk AutoCAD Civil 3D – проектирование объектов инфраструктуры;
- Autodesk MagiCAD – основное отличие – высокий уровень автоматизации проектирования внутренних инженерных систем;
- Autodesk Navisworks и т. д.

Программа Autodesk AutoCAD Civil 3D представляет собой систему, основанную на платформе AutoCAD. Служит для специалистов в области геодезии, землеустройства, также для проектировщиков генплана и объектов инфраструктуры.

Благодаря BIM-концепции в данной программе существует интеллектуальная связь между объектами, которая позволяет регулярно обновлять все связанные объекты при изменении в ходе проектирования. Инструменты AutoCAD Civil 3D полностью автоматизируют проектирование объектов инфраструктуры – начиная с геодезических изысканий и заканчивая возведением самих объектов.

Основные назначения программы Autodesk AutoCAD Civil 3D:

- обработка геодезических данных; полученные, в ходе импорта полевых данных, точки, поверхности и фигуры съемки можно использовать на протяжении всего проектирования;

- проектирование генплана; выполнение вертикальной планировки с помощью характерных линий;
- проектирование дорог; средства моделирования коридоров позволяют создавать интеллектуальные модели дорог;
- проектирование инженерных сетей; системы водоснабжения и канализации создаются на основании правил; трубы и колодцы прокладываются с автоматической проверкой пересечений; с помощью расширений Hydraflow выполняется расчет водостоков, определение характеристики дренажных труб, водовыпусков и т. д.;
- расчет объемов земляных работ; программа позволяет автоматически вычислять количество изделий и создавать отчеты, при импортировании информации по покупным изделиям в AutoCAD Civil 3D; возможность расчета перемещения земляных масс и объема земляных работ существенно облегчает работу инженерам; полученные диаграммы перемещения земляных масс несут в себе информацию о направлениях, объемах и расстояниях перемещения грунта, о местах выгрузки и расположении карьеров;
- стили и стандарты; с 2014 г. в AutoCAD Civil 3D появился российский каталог труб и колодцев, который обеспечивает доступ к разным элементам трубопроводной сети; для адаптации AutoCAD Civil 3D под российские стандарты разработан пакет, содержащий настройки стилей и другие данные, позволяющие выпускать проектную документацию, соответствующую местным стандартам;
- совместимость данных; возможность загружать проекты и модели из других программ, формата DWF, SDF, DGN, LandXML, Google Earth;
- визуализация; главная отличительная особенность, которая создается на основе модели; визуализация формирует еще до завершения проекта модель в 3D формате; при переносе данных AutoCAD Civil 3D в приложение Google Earth можно лучше понять, как проектируемые объекты впишутся в окружающую среду; с помощью Autodesk 3Ds Max возможно создавать реалистичные анимации.

Процесс проектирования и моделирования наружных инженерных сетей основан на прокладке трассы в созданную поверхность. Модель трубопроводной сети создается из отдельных элементов. В программе содержится библиотека готовых элементов

трубопроводной сети, поддающиеся редактированию. В состав Autodesk AutoCAD Civil 3D входит «Конструктор элементов», где можно создавать трубы и колодцы произвольной формы и назначения. Алгоритм создания новых элементов аналогичен созданию семейств в Autodesk Revit. После создания первоначальной модели автоматически формируется продольный профиль сети, а также необходимые спецификации по сети, которые позволяют просматривать и редактировать ее элементы. Компоновка трубопроводной сети производится на основании правил. Правила диктуют уклоны труб, их глубину заложения относительно поверхности и размеры колодцев. Все элементы сети на чертеже являются интеллектуальными объектами, которые поддерживают связь с другими объектами. Это значит, что при изменении трассы на плане все сечения, профили и спецификации, зависящие от этой трассы, автоматически изменяются. Также следует отметить о существовании функции проверки пересечений. Пересекающиеся сети отображаются в профилях и если расстояние между трубами меньше допустимого – принимается решение об изменении глубины заложения трубы. В Autodesk AutoCAD Civil 3D возможно проектировать напорные инженерные сети на основе дополнительных каталогов труб и оборудования. Все использованные при проектировании элементы могут быть вынесены в динамические таблицы и спецификации.

Одним из основных средств улучшения работы инженеров является продвижение комплексного проектирования. Главным примером может послужить объединение цифровой модели рельефа (ЦМР), выполненный в Autodesk AutoCAD Civil 3D с трехмерной моделью здания или сооружения, созданный в Autodesk Revit. Вставка в Autodesk Revit файла в формате DWG происходит при помощи внешней ссылки.

Современное строительство ставит перед проектировщиками новые более сложные задачи для разработки зданий и сооружений и предъявляет совсем иные требования, о которых раньше даже не задумывались. В настоящее время наиболее востребован не столько бумажный проект проектируемых зданий и сооружений, сколько их информационная модель, которая будет актуальна во время всего жизненного цикла объекта. Такая модель должна

представлять из себя не только созданный с использованием программного обеспечения аналог обычного картонного макета, отражающего лишь формы объекта, но и полную информационную копию здания со всей его «начинкой», с количественными геометрическими и технологическими характеристиками конструкций, материалов и оборудования.

Литература

1. BIM-стандарт. Инфраструктура. Версия 0: Руководство по информационному моделированию инфраструктурных объектов и формированию стандарта проектной организации с применением решений компании Autodesk / С. Бенклян, И. Рогачев, М. Зобнин [и др.]. – М.: ООО «КОНКУРАТОР», 2017. – 200 с.
2. Информационно-технологическое и программное обеспечение управления проектом. Учебное пособие / А. О. Вылегжанина – М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 429 с.
3. Проектирование объектов инфраструктуры и дорог: AutoCAD Civil 3D. Официальный учебный курс + CD. – М: ДМК Пресс, 2010. – 560 с.: ил.
4. Самоучитель AutoCAD Civil 3D 2011. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 416 с.: ил. + CD-ROM.

УДК 628.1

Елена Сергеевна Карачева,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: el-ka98@bk.ru

Elena Sergeevna Karacheva,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: el-ka98@bk.ru

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ ВОДЫ И РЕАГЕНТОВ В СМЕСИТЕЛЯХ ВИХРЕВОГО ТИПА

INTENSIFICATION OF THE PROCESS OF MIXING WATER AND REAGENTS IN VORTEX TYPE MIXERS

Анализируется возможность повышения эффективности смешения воды и реагентов в гидравлических вихревых смесителях, от качества которого зависит экономичность процесса очистки воды. Описаны принципы смешения воды и реагентов, включая последовательность переноса раствора по вихревому смесителю. Рассмотрены условия, благоприятно влияющие на процесс смешения. Приведены опыты, доказывающие эффективность их учета. Представлены две конструкции вихревого смесителя: традиционная и усовершенствованная (по патенту В. Л. Головина). Описаны составные части каждой из них, выявлены особенности работы. Указаны недостатки традиционной конструкции и решение некоторых из них в конструкции В. Л. Головина.

Ключевые слова: вихревой смеситель, смешение, реагенты, турбулизация, поток, пульсации.

This article focuses on the possibility of increasing the efficiency of mixing water and reagents in hydraulic vortex mixers. The efficiency of the water purification process depends on the quality of mixing of water and reagents. The paper describes the principles of mixing water and reagents, including the sequence of solution transfer through a vortex mixer. The conditions favorably influencing the mixing process are considered. Experiments proving the effectiveness of accounting for these conditions are presented. Two structures of a vortex mixer are presented: traditional and improved according to the patent of V. L. Golovin. The components of each of them are described. The features of the work are revealed. The disadvantages of the traditional design and the solution of some of them in the design of V. L. Golovin are given.

Keywords: vortex mixer, mixing, reagents, turbulence, flow, pulsation.

В составе водопроводных очистных сооружений для смешения воды с коагулянтами, флокулянтами и щелочными реагентами

предусматриваются смесители. Принципиально они разделяются на два типа: гидравлические и механические. К преимуществам механических смесителей относятся компактность и возможность управления процессом смешения, в то время как гидравлические смесители могут быть выгоднее в отношении энергозатрат, однако ограничения в управлении процессом смешения все чаще вынуждают отказываться от данных конструкций. В связи с этим существует научный интерес в совершенствовании смесителей именно гидравлического типа.

Время смешения воды и растворов реагентов в смесителях должно составлять от 1,5 до 2 мин. Это оптимальный режим, при котором процесс хлопьеобразования способствует образованию хлопьев прочной структуры.

Последствием неэффективного смешения является перерасход коагулянтов и флокулянтов, а также снижение эффективности работы последующих сооружений очистки.

Известно о проведении опытов на замутненной воде Московского водопровода. Опыты показали, что существенное влияние на процесс хлопьеобразования оказывают полнота и скорость смешения. При более полном и быстром смешении процесс хлопьеобразования происходит примерно в 2 раза быстрее.

По данным опытов с задержкой смешения было установлено, что мгновенность начала смешения оказывает положительное воздействие на течение процесса хлопьеобразования. Протекание процесса осуществляется в 3 раза быстрее по сравнению с хлопьеобразованием при задержке начала смешения [1].

В гидравлических смесителях смешение воды и реагентов происходит за счет энергии поступающей в них воды.

Смешение воды с раствором реагентов происходит в следующем порядке:

- 1) неравномерное распределение раствора реагентов в потоке воды;
- 2) перенос раствора реагентов в связи с крупномасштабными пульсациями;
- 3) преобразование крупномасштабных пульсаций в мелко-масштабные: уменьшение и последующее затухание пульсации,

приводящее к равномерному распределению раствора реагентов в потоке воды.

Для эффективного смешения воды и реагентов должны быть обеспечены соответствующие условия:

- обеспечение турбулизации потока; в гидравлических смесителях это достигается увеличением скорости потока от 0,4–0,6 до 1 м/с;
- отсутствие застойных мест путем распространения соответствующих пульсаций;
- преобразования крупномасштабных пульсаций в мелкомасштабные; с этой целью производят разделение потока, образование внутренних поверхностей раздела и резкое уменьшение скорости потока;
- способность к восстановлению масштаба пульсаций; для этого производят действия, обратные преобразованию [1].

Рассмотрим две конструкции вихревого смесителя: традиционную и усовершенствованную.

Традиционная конструкция (рис. 1) имеет корпус квадратного или круглого в плане сечения и пирамидальную либо конусную нижнюю часть. Исходная вода подается в нижнюю часть вихревого смесителя со скоростью 1,2–1,5 м/с [2]. Скорость движения воды на уровне сборных устройств составляет по данным [1] – 25 мм/с, а по данным [3] – 108–144 м/ч (30–40 мм/с), что способствует поддержанию частиц реагентов во взвешенном состоянии [4]. Сбор обработанной воды осуществляется через периферийные лотки или дырчатые трубы с затопленными отверстиями. Скорость движения воды в этой части принимается 0,6 м/с. Далее вода поступает в боковой карман.

Расход воды на один смеситель должен составлять не более 1200–1500 м³/ч. Угол, находящийся между наклонными стенками смесителя, принимается от 30 до 45°.

Принцип работы смесителя состоит в уменьшении скоростей по ходу движения воды, что приводит к возникновению зоны повышенной турбулентности. Соударение струй способствует смешению воды с растворами реагентов.

Конструкция характеризуется простотой в эксплуатации и высокой надежностью.

Могут быть выделены следующие недостатки конструкции.

- недостаточная эффективность перемешивания воды с реагентами, что особенно актуально при снижении температуры воды; при этом наблюдается изменение вязкости воды и турбулизации потока в нижней части вихревого смесителя;
- проблемы применения в качестве коагулянта серноокислого алюминия, который приводит к ухудшению качества коагулированных хлопьев;
- невозможность регулирования интенсивности смешения;
- низкий коэффициент объемного использования и большие габариты конструкции в случае длительного процесса перемешивания;
- снижение эффекта смешения при расходах меньше расчетных;
- испарение хлора со свободной поверхности за счет разности парциального и атмосферного давлений.

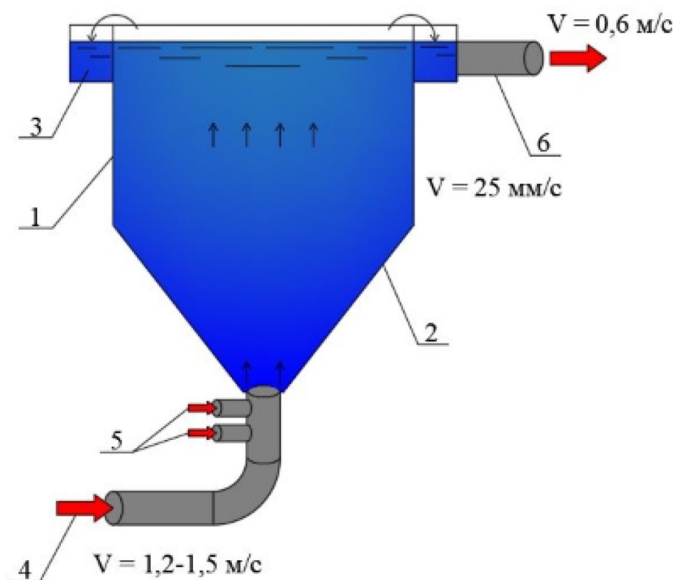


Рис. 1. Традиционная конструкция вихревого смесителя:
1 – корпус; 2 – пирамидальная нижняя часть; 3 – сборный желоб;
4 – подача исходной воды; 5 – подвод реагентов;
6 – отвод воды, смешанной с реагентами

Усовершенствованная конструкция смесителя с хаотично перемещающимися элементами была запатентована В. Л. Головиным.

Конструкция смесителя (рис. 2) предусматривает две камеры, разделенные вертикальными стенками.

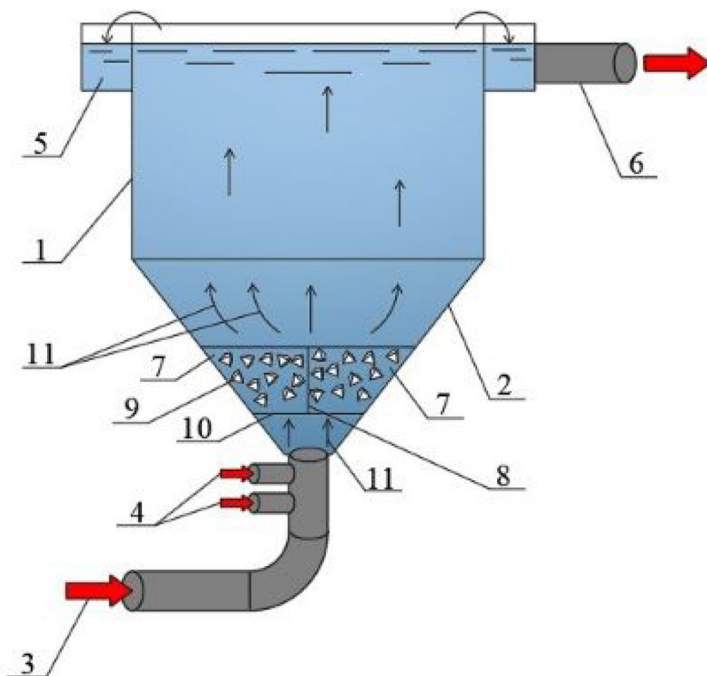


Рис. 2. Конструкция вихревого смесителя по патенту В. Л. Головина:
1 – корпус; 2 – пирамидальная нижняя часть; 3 – трубопровод подачи исходной воды; 4 – узел ввода реагентов; 5 – кольцевой водосборный желоб; 6 – трубопровод отвода обработанной воды; 7 – камеры; 8 – вертикальные стенки; 9 – хаотично перемещающиеся элементы; 10 – горизонтальные решетки; 11 – поток воды и реагентов

Камеры заполнены хаотично перемещающимися элементами из инертного материала, плотность которого $1,10\text{--}1,25\text{ кг/дм}^3$. Данный интервал плотности обусловлен высокой эффективностью задержания хаотично перемещающихся элементов в средней части камеры. Элементы имеют неправильную форму (например,

тетраэдра с ребрами неравной длины) и смещенный по отношению к оси вращения центр тяжести. Для ограничения высоты перемещения элементов устанавливаются решетки в верхней и нижней частях камеры. Элементы осуществляют возвратно-поступательное движение (рис. 3). Данное изобретение ориентировано на повышение турбулентной активности потока в зоне перемешивания, а также на сокращение времени перемешивания с растворами реагентов. При этом исключается возможность перерасхода реагентов.

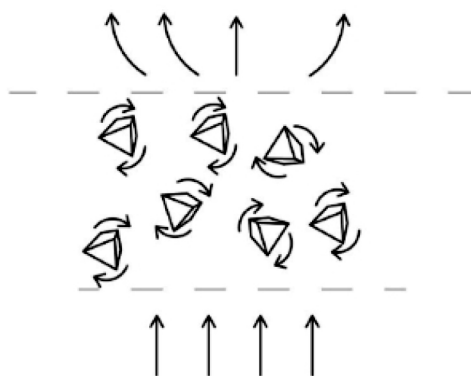


Рис. 3. Перемещение элементов из инертного материала в конструкции вихревого смесителя по патенту В. Л. Головина

Перемешивание воды осуществляется изменением гидравлических характеристик потока и вихреобразованием, а также соударением струй с хаотично перемещающимися элементами.

Если увеличивается расход подаваемой воды, то повышается скорость восходящего потока и интенсивность вращения элементов. Таким образом, данная конструкция остается достаточно эффективной даже при изменении расходов подаваемой на обработку воды. Кроме того, изменение температуры воды, подаваемой на данную установку, не влияет на расход реагентов [5].

Литература

1. *Журба М. Г., Говорова Ж. М.* Водоснабжение. Том 2. Улучшение качества воды: Учебник для вузов. – Издательство АСВ. 2008. – 544 с.
2. *Фрог Б. Н., Левченко А. П.* Водоподготовка. Учебное пособие. – М. : Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. 656 с.
3. *Старинский В. П., Михайлик Л. Г.* Водозаборные и очистные сооружения коммунальных водопроводов. Учебное пособие для вузов по специальности 29.08 «Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов» и 29.05 «Коммунальное строительство и хозяйство». Минск: Издательство Высшая школа. 1989. 268 с.
4. *Павлинова И. И., Баженов В. И., Губий И. Г.* – 4-изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт. 2012. 472 с.
5. Вертикальный вихревой смеситель [Текст]: пат. 2315653 Рос. Федерация: МПК В01F 7/00 (2006.01).

УДК 628.1

Станислав Аркадьевич Лопатин,
д-р мед. наук, профессор
(Государственный научно-
исследовательский испытательный
институт военной медицины)
Виктор Иванович Кириленко,
преподаватель
Юрий Владимирович Коженов,
преподаватель
(Военный институт (инженерно-
технический) Военной академии
материально-технического обеспечения)
E-mail: stanislav.lopatin47@yandex.ru,
komrad.kirilenko2010@yandex.ru,
kozhenovy@list.ru

Stanislav Arkadjevich Lopatin,
Dr. Sci. Med., Professor
(State scientific-research test Institute
of military medicine of Defense Ministry
of the Russian Federation)
Viktor Ivanovich Kirilenko,
lecturer
Yuri Vladimirovich Kozhenov,
lecturer
(Military Engineering
Institute of the Military
Logistics Academy)
E-mail: stanislav.lopatin47@yandex.ru,
komrad.kirilenko2010@yandex.ru,
kozhenovy@list.ru

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННЫХ МЕМБРАН В СХЕМЕ ОЧИСТКИ (РЕГЕНЕРАЦИИ) ЗАПАСОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ДЛИТЕЛЬНО ХРАНИМОЙ В РЕЗЕРВУАРАХ

THE POSSIBILITY OF USING ULTRAFILTRATION MEMBRANES IN THE SCHEME OF PURIFICATION (REGENERATION) OF DRINKING WATER RESERVES STORED IN TANKS FOR A LONG TIME

Рассматривается возможность применения ультрафильтрационных установок для очистки и регенерации воды питьевого качества при ее продолжительном хранении в резервуарах. Проведено сравнение существующих систем с предлагаемой технологией. Рассмотрены достоинства и недостатки применения установок ультрафильтрации для этой цели. Сделан вывод о целесообразности применения ультрафильтрационных установок для обеспечения продолжительного хранения воды в резервуарах, в том числе и на объектах Министерства обороны РФ.

Ключевые слова: хранение воды, продолжительность хранения, очистка и регенерация воды, ультрафильтрация, ультрафильтрационные мембраны, ультрафильтрационные модули и установки.

The article discusses the possibility of using ultrafiltration plants for the purification and regeneration of drinking-quality water during its long-term storage

in tanks. The comparison of existing systems with the proposed technology is made. The advantages and disadvantages of using ultrafiltration units for this purpose are considered. The conclusion is made about the expediency of using ultrafiltration installations to ensure long-term storage of water in tanks, including at the facilities of the Ministry of Defense of the Russian Federation.

Keywords: water storage, storage duration, water purification and regeneration, ultrafiltration, ultrafiltration membranes, ultrafiltration modules and installations.

Необходимость длительного хранения запаса воды питьевого качества и воды высокой чистоты является насущной задачей объектов МО РФ и ряда гражданских объектов. В первую очередь это касается запасов воды питьевого качества для хозяйственно-питьевых нужд и воды высокой чистоты, используемой для производственных нужд.

В процессе длительного хранения в резервуарах (обычно от 5 и более суток), качество воды претерпевает негативные изменения. Причиной этому являются такие факторы, как качество исходной воды, условия хранения (температура, герметичность резервуара), свойств материалов, из которых выполнен резервуар, состояния его конструктивных элементов (люков, фильтров на дыхательных патрубках, элементов автоматики и т. п.), через которые возможно попадание загрязнений в хранимую в резервуаре воду.

Как правило, ухудшение показателей качества воды в начале срока хранения отмечается по микробиологическим показателям, что приводит к образованию нежелательных органических соединений и продуктов их распада. Далее наблюдается ухудшение органолептических показателей по запаху, привкусу, цветности, мутности. В итоге хранимая вода перестает соответствовать установленным нормам.

Процесс ухудшения качества хранимой в резервуаре воды происходит довольно интенсивно, особенно при температурах от 10 °С и выше. Практика эксплуатации показывает, что максимальный срок хранения воды без проведения мероприятий по ее очистке, обеззараживанию и консервации обычно составляет не более 3–5 сут. После указанного срока интенсивность ухудшения показателей качества хранимой воды будет неуклонно возрастать. Это нашло отражение и в своде правил СП 31.13330.2012 [1].

Для хранения запаса воды в резервуарах, с сохранением требуемого качества используют два принципа.

В основе первого принципа лежит периодическое обновление (замена) части воды, хранящейся в резервуаре на свежую. Этот принцип выгодно использовать там, где можно организовать постоянное пополнение и отбор хранимого запаса воды в резервуарах, например, на водопроводных станциях. В этом случае можно обойтись без дополнительных мероприятий, связанных с консервацией воды в резервуаре.

Второй принцип хранения воды основан на постоянной или периодической очистке воды при ухудшении ее качества до установленных требований в течение всего срока хранения. Для его реализации хранимый объем воды постоянно или периодически циркулирует через установку водоочистки. Величина циркуляционного расхода устанавливается в зависимости от качества очистки воды на установке и обычно принимается в размере, обеспечивающем очистку всего объема хранимой воды в течение суток. Очистка воды производится с использованием физических и химических методов.

В настоящее время эти два принципа, часто используют одновременно, что увеличивает надежность хранения воды с требуемым качеством.

Наиболее распространенным методом консервации воды при длительном хранении ее в резервуарах является обработка воды ионами серебра, что повышает безопасность ее хранения и увеличивает период полного водообмена воды в резервуаре [3]. Для указанной цели используются ионаторы серебра, обеспечивающие насыщение воды ионами серебра в результате электрохимического растворения серебряного анода.

Для обеспечение длительного хранения воды в настоящее время используется схема очистки воды, приведенная на рис. 1. Очистка воды производится на основе обработки воды окислителями (хлор, гипохлорит натрия, озон), коагулянтom (при необходимости) с последующей фильтрацией на фильтре с инертной загрузкой (песок) или патронном фильтре с фильтрующими картриджами с рейтингом фильтрации (50–100 мкм). Далее, вода направляется на фильтр с сорбционной загрузкой (активированный уголь) после которого

производится обеззараживание воды УФ-излучением с помощью бактерицидной ультрафиолетовой установки.

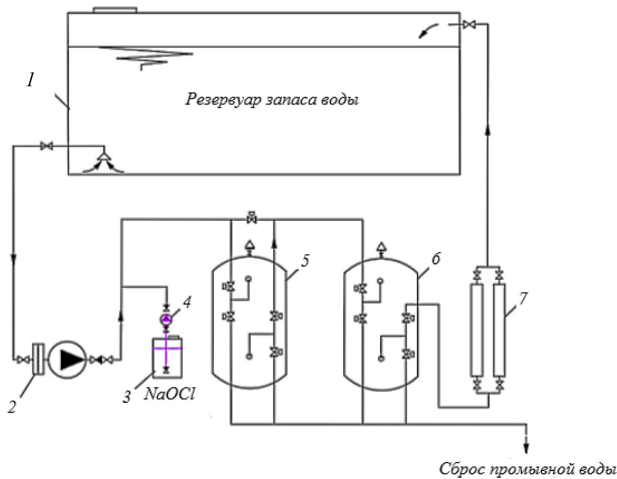


Рис. 1. Схема очистки воды при длительном хранении в резервуаре:

- 1 – резервуар запаса воды; 2 – насос с фильтром грубой очистки;
- 3 – емкость с дезинфектантом (гипохлорит натрия); 4 – дозаторный насос;
- 5 – фильтр с инертной загрузкой (песок); 6 – фильтр с сорбционной загрузкой (активированный уголь); 7 – бактерицидная установка

При наличии хороших условий хранения и высоком качестве воды, наличие фильтра с инертной загрузкой и обработка воды коагулянтом обычно не требуется, что упрощает схему.

Как видно из рис. 1, для улучшения физико-химических показателей качества воды в настоящее время используются традиционные технологии осветления, дезодорации и обеззараживания с использованием реагентов, фильтрующих загрузок и бактерицидных ультрафиолетовых ламп. Сложность схемы обычно оценивается количеством ступеней очистки и числом применяемых реагентов.

Реализация рассматриваемой схемы на специальных объектах создает дополнительные трудности в обеспечении функционирования объекта. Это связано ограниченными объемами помещений, необходимостью хранения и использования реагентов. Их применение

требует профессиональных знаний, без которых процесс очистки воды может быть неэффективным или наоборот приведет к ухудшению качества воды.

Решение задачи по обеспечению длительного хранения запасов питьевой воды с сохранением ее качества в настоящее время возможно на основе применения современных ультрафильтрационных мембранных установок.

Ультрафильтрация – это мембранный процесс, занимающий промежуточное положение между микрофильтрацией и обратным осмосом. Ультрафильтрационные мембраны (УФ-мембраны) с размерами пор 0,01–0,05 мкм [3] позволяют задерживать (отфильтровывать) тонкодисперсные и коллоидные примеси, водоросли, одноклеточные микроорганизмы, бактерии и вирусы. Тонкость очистки мембраны (т. е. размер вещества, которое не пройдет поры через поры УФ-мембраны, применяемой для фильтрации воды) составляет 0,01 мкм, а размеры бактерий – 0,4–1,0 мкм, вирусов – 0,02–0,4 мкм. Таким образом, микроорганизмы, находящиеся в воде, не могут проникнуть через УФ-мембрану и физически устраняются из воды с эффективностью не менее 99,9 %, т. е. теоретически можно говорить о стерилизации воды.

Однако, на практике рассматривать ультрафильтрацию, как новый метод обеззараживания воды будет преждевременно по ряду причин.

1. Существующие сегодня технологии изготовления УФ-мембран не позволяют получить размеры всех пор мембраны заданного размера. Диапазон отклонений от заданных размеров пор в мембране может превышать диапазон размеров бактерий и вирусов.

2. При фильтрации воды через УФ-мембрану с одной стороны мембраны формируется слой осадка, толщина которого зависит от установленного в УФ-установке режима фильтрации (тупиковый или тангенциальный). Проводимые для его удаления прямые, обратные промывки УФ-мембран не обеспечивают смыва 100 % осадка. Со временем этот слой становится питательной средой и местом роста бактерий и вирусов.

3. Процесс диффузии различных веществ в том числе и органических загрязнений, через материал мембраны. При этом следует

заметить, этому процессу подвержены все мембраны в том числе и обратноосмотические. Негативный результат процесса диффузии часто можно заметить на действующих установках после их продолжительного простоя по низкому качеству воды в начале фильтрации.

Принимая во внимание перечисленные выше доводы, трудно обосновать, что бактерии и вирусы не могут проникнуть через УФ-мембрану. Это обстоятельство не позволяет рассматривать мембранную фильтрацию как метод обеззараживания в одном ряду с хлорированием, озонированием, ультрафиолетовым излучением и другими официально признанными методами обеззараживания воды.

В этой связи после ультрафильтрационной мембранной установки необходимо предусматривать обеззараживание воды признанными методами обеззараживания. Наиболее обоснованным решением здесь следует считать применение бактерицидной установки с ультрафиолетовыми (УФ) лампами. С учетом сказанного схема очистки воды будет выглядеть следующим образом (рис. 2).

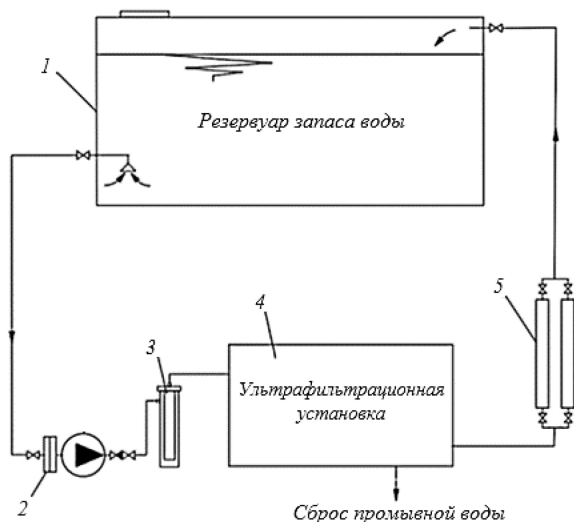


Рис. 2. Схема очистки (регенерации) питьевой воды при ее длительном хранении в резервуаре с применением ультрафильтрационной установки:

- 1 – резервуар; 2 – фильтр грубой очистки; 3 – фильтр тонкой очистки;
- 4 – ультрафильтрационная мембранная установка;
- 5 – бактерицидная установка с УФ-лампами

Несомненными достоинствами представленной на рис. 2 схемы ультрафильтрации при ее использовании в технологии хранения запасов воды следует считать:

- ультрафильтрация не изменяет солевой состав хранимой воды (в сравнении с обратным осмосом) и процесс фильтрации через ультрафильтрационную мембрану проводится при низких давлениях от 5 до 20 м вод. ст. (0,05–0,2 МПа);
- обеспечивает стабильное качество фильтрата независимо от качества исходной воды и качества проведения промывки мембраны;
- минимальное влияние человеческого фактора на процесс проведения ультрафильтрации;
- низкое энергопотребление, компактность и ремонтпригодность установок, продолжительное время хранения запасных модулей с ультрафильтрационными мембранами, возможность их быстрой замены на новые;
- свойства мембран лишь незначительно ухудшаются в течение всего срока службы, который составляет 5 и более лет. Старение мембран может происходить из-за истончения верхнего слоя от воздействия взвешенными и абразивными веществами, содержащимися в обрабатываемой воде или при взаимодействии с очищающими химическими агентами.

Технологии применения ультрафильтрационных мембран и конструкции установок ультрафильтрации отработаны и выпускаются промышленностью, в том числе и в России. Основой установок являются стандартные модули различных размеров и производительности с размещенными в них ультрафильтрационными мембранами.

Особо следует отметить, что в отличие от применяемых в настоящее время физических и химических методов обеззараживания воды таких как ультрафиолетовое облучение, хлорирование или озонирование, при ультрафильтрации в резервуар не поступают отмершие (инактивированные) в процессе обеззараживания микроорганизмы, что значительно снижает рост вторичных микробиологических загрязнений [4]. Традиционно методы очистки воды, предшествовавшие обеззараживанию, основаны на реагентной обработке воды, фильтровании через инертную и сорбционные загрузки, существенно проигрывают методам очистки на основе мембран

по эффективности очистки, массогабаритным показателям и степени автоматизации.

Перечисленные выше достоинства дают основания рассматривать разработку и применение технологических схем регенерации воды при ее хранении как наиболее перспективную для систем водоснабжения объектов МО РФ.

Кроме того, современные УФ-установки полностью автоматизированы, участие человека предусмотрено только в период проведения химических моек (приготовление растворов) и при проведении сервисных работ, которые обычно проводятся не чаще одного раза в квартал. (На специальных объектах химические мойки можно не проводить в целях упрощения обслуживания, а проводить их замену на новые или осуществлять их химическую мойку вне специального объекта.)

К недостаткам УФ-мембран следует отнести:

- остановку процесса фильтрации для проведения периодических промывок прямой (ПП) и обратной (ПО) (устанавливается по результатам пусконаладочных работ); необходимый объем для проведения опыта работы УФ-мембран при фильтрации воды питьевого качества составляет примерно 5 % от объема отфильтрованной воды;

- необходимость проведения (примерно один раз в квартал) химической очистки (мойки) мембран для удаления с поверхности отложений (органических и неорганических) с применением 5%-ной кислоты H_2SO_4 и 5%-ной щелочи $NaOH$;

- ограничения по ряду загрязнений, которые типичные ультрафильтрационные мембраны со размерами пор от 0,01 мкм и более не могут отфильтровать (в мембранной технологии используется термин «предел отсеки»); это загрязнения с молекулярной массой менее 100 000 а.е.м. (как правило, химические вещества, обуславливающие цветность и хлорорганические соединения) [3]. При их наличии в схему очистки необходимо включить фильтр с сорбционной загрузкой (например, с гранулированным активированным углем).

Для регенерации хранимой в резервуарах воды целесообразно использовать ультрафильтрационные установки с половолоконными ультрафильтрационными мембранами. Перепад давления на таких

мембранах обычно составляет от 5 до 30 м вод. ст. (0,05–0,3 МПа). Учитывая, что вода поступает в резервуар предварительно очищенной, внутренний диаметр мембран можно принимать 0,1–0,4 мм.

В случае низкого качества исходной рекомендуется использовать УФ-мембраны с внутренним диаметром волокон 0,8–2,0 мм. Они менее требовательны к исходному качеству воды и обладают меньшей склонностью к забиванию фильтрующих каналов. Следует заметить, что в стандартном мембранном модуле «плотность упаковки» таких мембран будет меньше, что приводит к снижению площади фильтрации и соответственно производительности модуля.

Преимущество полволоконных УФ-мембран по сравнению с рулонными заключается в отсутствии сепараторных и дренажных сеток между мембранами, что позволяет обеспечить оптимальный гидродинамический режим в каналах мембраны для режима фильтрации «изнутри наружу» и эффективно проводить их промывку [3, 5].

Для рассматриваемой цели целесообразно использовать «тупиковый» режим фильтрации (рис. 3) который предусматривает фильтрацию всего потока исходной воды через мембрану. Задержанные на мембране загрязнения периодически удаляются из внутренней полости (капилляра) мембраны при помощи обратных и прямых промывок.

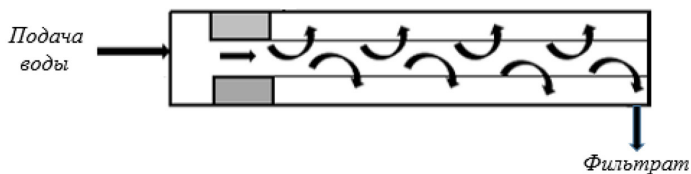


Рис. 3. Схема потоков в полволоконной УФ-мембране при фильтрации в тупиковом режиме

Важным преимуществом работы в тупиковом режиме является низкое энергопотребление, которое составляет 0,18–0,22 кВт · ч/м³. По сравнению с работой УФ-установки в режиме с транзитным потоком энергопотребление выше почти в три раза от 0,54 до 0,72 кВт · ч /м³ [2, 7].

Полезная производительность установок при работе в тупиковом режиме сильно зависит от количества и вида загрязнений и определяется в ходе пусконаладочных работ. Опираясь на данные работы аналогичных установок, используемых для очистки воды хозяйственно-питьевого водопровода, можно прогнозировать величину полезной производительности ультрафильтрационной установки в размере примерно 95 %.

Выбор типа и марки УФ-мембран следует проводить на основании качества исходной воды, требований к хранимой воде, возможностей по обновлению хранимого запаса свежей водой, сроков хранения воды и технических характеристик установки ультрафильтрации.

Расход воды на промывку полуволоконных ультрафильтрационных мембран обычно составляет от 2 до 5 % от объема профильтрованной воды. Ресурс работы мембраны при соблюдении правил и рекомендаций фирмы изготовителя, (не менее 5 лет).

В качестве примера можно привести технические характеристики ультрафильтрационного модуля с полуволоконными мембранами марки ТМТ-УФПС-А производимого в России:

- производительность – от 2 до 5 м³/ч;
- удельная производительность – 40–60 л/(м² · ч);
- интенсивность обратной промывки – 120–150 л/(м² · ч);
- размер пор – 20 нм, (предел отсечки – 100 кДа);
- тип фильтрования – «изнутри наружу»;
- режимы фильтрации – тангенциальный и тупиковый;
- стандартный корпус диаметром 8» (200 мм) и длиной 2 м;
- площадь мембран – 55 м².

Так как исходная вода, поступающая в резервуар на хранение, имеет невысокие мутность и цветность, то наиболее предпочтительнее использовать, как отмечалось выше, тупиковый режим.

Опыт эксплуатации установок ультрафильтрации с полуволоконными мембранами, используемых для доочистки воды из городского хозяйственно-питьевого водопровода, показал следующие результаты:

- снижение мутности до величины менее 0,1 мг/л;
- снижение цветности до величины ниже 5 град. по платинокобальтовой шкале (ПКШ);

- высокую степень удаления органических веществ;
- эффективное удаление железа (Fe^{3+}) и марганца (Mn) до величин менее 0,1 мг/л;
- практически полное удаление из воды микроорганизмов, бактерий и вирусов (99,9 %).

Заявляемый фирмами-производителями паспортный срок службы УФ-мембран обычно составляет от 5 лет. Практика эксплуатации показывает более продолжительный срок работы до 10 и более лет, при условии соблюдения установленных требований к качеству исходной воды и правил эксплуатации мембран.

Для небольших УФ-установок (производительность менее 100 м³/ч) себестоимость очищенной воды составляет 1,5–3,5 руб/м³ [2–4].

Обращает на себя внимание относительно большой расход воды на промывку УФ-мембран, который, как указывалось выше, составляет от 2–5 % от объема профильтрованной воды. В виду того, что исходная вода, поступающая в резервуар хранения, предварительно должна быть очищена до питьевого качества продолжительность фильтроцикла по опыту эксплуатации обычно принимается 30 мин., продолжительность прямой промывки – 10–15 с, обратной промывки – 60–70 с. При таких параметрах работы УФ-установки суммарная концентрация загрязнений в промывной воде при проведении прямой и обратной промывки составит 4–5 мг/л (максимальное значение подаваемой на ультрафильтрацию воды составляет до 200 NTU или ≈ 116 мг/л).

Для снижения объема промывной воды авторами предлагается следующее техническое решение суть которого заключается в очистке промывных вод на УФ-мембранах с возвращением отфильтрованной воды обратно в резервуар хранения. Применение дополнительных мембранных модулей в УФ-установке позволит вернуть в резервуар хранения до 95 % объема промывной воды и обеспечить такое же снижение сброса в канализацию промывных вод.

Применение в схеме дополнительных ультрафильтрационных модулей для концентрирования промывных сточных вод позволит сократить объем на собственные нужды (для УФ-установки при рассматриваемых условия без химической очистки – это объем промывной воды) до 0,3–0,5 %, что снижает расход воды на собственные

нужды и позволяет экономить объем хранимой воды в сравнении со схемой очистки с применением фильтров с инертной и сорбционной загрузками.

Материалы, представленные выше дают основания считать разработку и применение схем очистки (регенерации) воды для обеспечения продолжительного хранения запасов питьевой воды перспективными и обоснованными в научно-техническом плане для создания опытной установки и ее испытании на специальных объектах военной и гражданской инфраструктур.

Выводы

Применение современных установок очистки воды, использующих ультрафильтрационные мембраны, достигло необходимого уровня развития, позволяющего обеспечить их внедрение в системы регенерации воды обеспечивающих хранение ее запаса в резервуарах продолжительное время.

Внедрение предлагаемой технологии регенерации воды, обеспечит существенное повышение качества очистки и надежность сохранности качества воды по сравнению с применяемыми ранее схемами очистки.

Литература

1. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02–85*. М.: ФГУП ЦПП, 2012. 156 с.
2. *Первов А. Г.* Технологии очистки природных вод. М. : Издательство АСВ, 2016. 600 с.
3. *Первов А. Г.* Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран, обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация/ Монография: – М. : Издательство АСВ, 2009. 239 с.
4. Что стоит знать о мембранах ультрафильтрации. /Бударикарин А. А. Журнал «Водоснабжение и канализация» № 1–2, 2015 г.
5. Ультрафильтрация. Особенности технологии. URL: http://uf-nge.ru/about/stati/ultrafiltracia_osobennosti_tehnologii/ (дата обращения: 15.09.2021 г).
6. *Коженов Ю. В., Кириленко В. И., Руднев И. М.* Опыт внедрения установок ультрафильтрации в системах водоподготовки. Актуальные научные проблемы военных исследований: специальный сборник статей по материалам

II ежегодной межвузовской конференции «Развитие систем жизнеобеспечения, энергосбережение и охраны окружающей среды» (29.05.20). Выпуск 8 (9)/ СПб. : изд-во Политехнического университета, 2020. – С. 197–206.

7. *Коженов Ю. В., Кириленко В. И., Руднев И. М.* Химическая очистка ультрафильтрационных мембран, используемых для очистки природных вод с повышенным содержанием железа и марганца. Актуальные научные проблемы военных исследований: сборник научных трудов 9(10)/СПб: изд-во Политехнического университета, 2020. – С. 184–190.

УДК 661.183.124

Мария Александровна Лазурина,
аспирант
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: mary.lazurina@gmail.com

Mariia Aleksandrovna Lazurina,
postgraduate student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: mary.lazurina@gmail.com

БЕЗОБЖИГОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ АДСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ВЕРМИКУЛИТА

NON-FIRING METHOD FOR OBTAINING AN ADSORBENT BASED ON VERMICULITE

В настоящее время неуклонно возрастает потребность предприятий в высококачественных и эффективных сорбентах, применяемых в технологии очистки воды и не требующих больших материальных и энергетических затрат на получение.

В работе исследуется выработка адсорбента на основе вермикулита, полученного безобжиговым методом, и последующее его применение для очистки природных и сточных вод. Методика получения адсорбента заключается в предварительной обработке исходного сырья (вермикулита фракцией 0,5–2 мм) водным раствором реагента в выявленном оптимальном соотношении «вермикулит/реагент» с последующей выдержкой в муфельной печи при существенно более низкой температуре, чем предполагает промышленная технология. Приведены результаты апробации полученного сорбента при очистке сточных вод промышленного предприятия.

Ключевые слова: адсорбент, вермикулит, сточные воды, очистка воды.

Currently, the demand of enterprises for high-quality and efficient sorbents used in water purification technology is steadily increasing, which do not require large material and energy costs for their production.

The aim of the work is to obtain and then use an adsorbent based on vermiculite, obtained by a non-firing method for the purification of natural and waste waters. The method of obtaining an adsorbent consists in pretreating the initial raw material – vermiculite with a fraction of 0,5–2 mm with an aqueous solution of the reagent in the revealed optimal ratio of vermiculite: reagent, followed by holding in a muffle furnace at a significantly lower temperature than the industrial technology suggests. The results of approbation of the obtained sorbent during the purification of the waste vault of an industrial enterprise are presented.

Keywords: adsorbent, vermiculite, wastewater, water treatment.

В настоящее время неуклонно возрастает потребность предприятий в высококачественных и эффективных сорбентах, приме-

няемых в технологии очистки воды, не требующих больших материальных и энергетических затрат на их получение.

Целью настоящей работы является получение и последующее применение сорбента на основе вермикулита, полученного методом термохимической обработки в технологии очистки природных и сточных вод, а также разработка технологии получения вспученного вермикулита методом термохимической обработки.

Вермикулит – минерал, относящийся к группе гидрослюд, класс силикатов. Представляет собой крупные пластинчатые кристаллы золотисто-желтого или бурого цвета и имеет слоистую структуру. Данный минерал является продуктом гидролиза темных слюд биотита (гидрослюды состоящей из окиси калия (K_2O) 4,5–8,5 %, окиси магния (MgO) 0,3–28 %, закиси железа (FeO) 2,8–27,5 %, окиси железа (Fe_2O_3) 0,3–20,5 %, окиси алюминия (Al_2O_3) 9,5–31,5 %, окиси кремния (SiO_2) 33–45 %, воды (H_2O) 6–11,5 %) и флогопита (магнезиальной маложелезистой слюды химического состава $KMg_3[Si_3AlO_{10}]\cdot[F,OH]$) с последующим их выветриванием [1].

Для получения адсорбента в качестве исходного сырья использовался вермикулит фракции 0,5–2 мм. Выбор данной фракции обоснован тем, что на сегодняшний день промышленностью выпускается вспученный вермикулит с таким размером гранул в соответствии с ГОСТ 12865–67 «Вермикулит вспученный» [2], а также ранее проведенными исследованиями.



Рис. 1. Исходное сырье – минерал вермикулит

В качестве оборудования для вспучивания исходного сырья применялась муфельная печь. За счет предварительной обработки сырья реагентом удалось существенно снизить энергозатраты на получение

адсорбента и сократить время вспучивания по сравнению с традиционно применяемыми обжиговыми методами получения сорбента. Промышленная технология получения легких пористых адсорбентов заключается в обжиге при температуре 900–1200 °С в шахтных печах, в шахтных печах со свободным падением сырья – 800–1000 °С [3].

Предварительно исходное сырье обрабатывалось галогено-кислородным соединением, интенсифицировавшим процесс вспучивания исходного сырья. В качестве реагента применялся 60%-ный водный раствор хлорной кислоты (HClO₄). Температура разложения данной кислоты составляет 110 °С, при нагревании свыше которой происходит активация адсорбента за счет интенсивного разложения раствора реагента в порах минерала с образованием летучих соединений (хлороводорода и кислорода), способствующих формированию пористой структуры вермикулита и, в том числе, за счет частичного ее взаимодействия с компонентами самого минерала:



Также следует отметить, что хлорная кислота с водой образует азеотропную смесь, кипящую при 203 °С и содержащую 72 % хлорной кислоты [4].

Предварительная обработка кислотой исходного сырья позволила снизить температуру обжига в муфельной печи до 250 °С в муфельной печи.

Технология получения вспученного вермикулита заключалась в следующем: навеска минерала массой 2 г помещалась в керамический огнеупорный тигель, где обрабатывалась раствором реагента. Исходя из влагоемкости вермикулита, составляющей 4 мл/г сырья, рассчитывался необходимый объем реагента для обработки пробы, составивший 8 мл. Сырье и раствор реагента перемешивались до полного впитывания жидкости. Затем полученные образцы помещались в муфельную печь и выдерживали в течение определенного времени.

Ранее проведенными исследованиями было выявлено оптимальное массовое соотношение вермикулит: реагент (1:0,12) в пересчете на 100 % кислоту [5]. В качестве сорбционной характеристики была выбрана адсорбционная активность по йоду X. Данная

методика, применяющаяся для определения адсорбционной активности по йоду активированных углей, позволила оперативно получить результаты в лабораторных условиях [6].

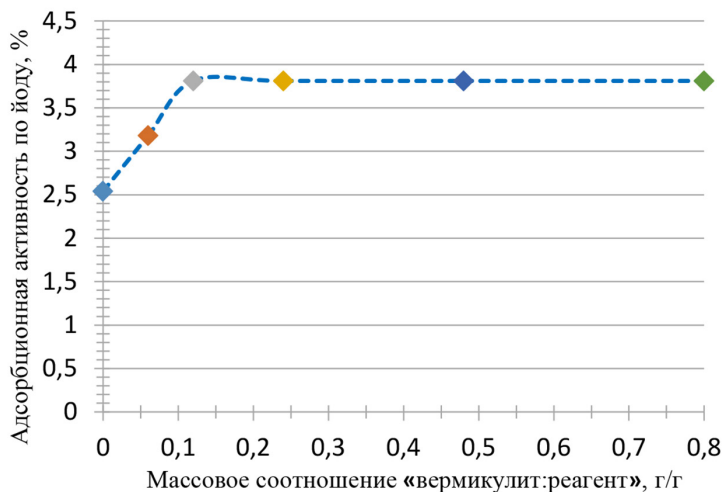


Рис. 2. Зависимость адсорбционной активности по йоду вспученного вермикулита от массового соотношения вермикулита и реагента



Рис. 3. Вспученный вермикулит, полученный в лабораторных условиях

Эффективность полученного термохимической обработкой вспученного вермикулита была проверена при очистке промышленной сточной воды ООО «Невские берега» (Санкт-Петербург). Сточная

вода предприятия, содержащая до 1500 мг/л пищевых жиров, проходит через жиловку и сбрасывается в городской коллектор. При этом содержание в воде остаточных жиров (главным образом растворенных) достигает 100–200 мг/л, что значительно превышает установленный норматив водоотведения по качеству сбрасываемых в городской коллектор. Предельно допустимая концентрация (ПДК) для жиров составляет 50 мг/л [7].

Испытания по очистке сточной воды проводились в статических условиях: в 1 л исходной воды добавлялся 1 г адсорбента, периодически проводилось перемешивание. Время контакта адсорбента с водой составляло 24 ч. Далее, вода фильтровалась для отделения твердой фазы от жидкости.

Для очистки сточной воды от пищевых жиров были использованы углеродные адсорбенты (терморасширенный графит, угли) и вспученный вермикулит (промышленный и полученный термохимической обработкой в лаборатории).

В образцах исходной воды и очищенной воды гравиметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2.122-7) определялось содержание жиров. Анализы выполнены химико-аналитическим центром «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». Результаты испытаний по очистке сточной воды представлены в таблице.

Характеристики сточной воды*, очищенной различными адсорбентами

Используемый адсорбент	Концентрация жиров, мг/л	Адсорбционная емкость адсорбента по жирам, мг/г
Углеродный адсорбент (терморасширенный графит)	19	132
Угольная пыль	40	111
Вспученный вермикулит (промышленный)	16	135
Вспученный вермикулит (полученный в лаборатории)	10	141

* Концентрация жиров в исходной воде – 151 мг/л.

Как показали результаты испытаний, и углеродные адсорбенты, и образцы вспученного вермикулита позволяют как минимум в 10 раз снизить содержание пищевых жиров в сточной воде. При этом наибольшей адсорбционной емкостью по отношению к пищевым жирам обладает вспученный вермикулит, полученный термохимической обработкой в лаборатории. Предварительная обработка раствором реагента позволяет сократить не только энергетические и временные затраты, но и повысить сорбционные свойства полученного сорбента.

Литература

1. Каталог минералов. URL: <https://catalogmineralov.ru/> (дата обращения: 25.11.2021).
2. ГОСТ 12865-67 «Вермикулит вспученный». URL: <https://docs.cntd.ru/document/901700541> (дата обращения: 25.11.2021).
3. ГОСТ 34518-2019 «Печи промышленные и агрегаты тепловые» URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200163937> (дата обращения: 25.11.2021).
4. *Ахметов Н. С.* Общая и неорганическая химия // Справочник. М., 2001 г.
5. *Лазурина М. А., Акимов Л. И.* Адсорбционные свойства вспученного вермикулита, полученного методом термохимической обработки // Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и докторантов «Актуальные проблемы строительства и архитектуры». СПб 2013 с. 289–291.
6. ГОСТ 6217–74 «Уголь активный древесный дробленый. Технические условия». URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200017213> (дата обращения: 25.11.2021).
7. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод». URL: <https://base.garant.ru/4177334/> (дата обращения: 25.11.2021).

УДК 628.543

Лю Сюэлян,
аспирант
Святослав Викторович Федоров,
канд. техн. наук
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: lixuueliang6@yandex.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru

Liu Xueliang,
postgraduate student
Svyatoslav Viktorovich Fedorov,
PhD in Sci. Tech.
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: lixuueliang6@yandex.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru

ПРОБЛЕМА ЗАСОРЕНИЯ ТОНКОСЛОЙНОГО МОДУЛЯ: ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ

THE PROBLEM OF CLOGGING IN THE LAMELLA MODULE: POSSIBLE SOLUTIONS

Рассматривается засорение тонкослойного модуля в отстойниках на канализационных очистных сооружениях и возможные его причины. В качестве примера анализируются причины засорения вторичного отстойника на муниципальной станции очистки сточных вод в Китае. Предлагаются решения по устранению засорения модулей отстойника, приводятся альтернативные методы, оцениваются их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: засорение, тонкослойный модуль, отстойник, канализационные очистные сооружения.

The article considers the clogging of lamella modules in settlers at sewage treatment plants and the possible causes of these phenomena. As an example, the article analyzes the causes of clogging in the secondary settlers at a municipal wastewater treatment plant in China, proposes solutions for removing the clogging, lists alternative solutions for removing the clogging of sedimentation modules and evaluates the advantages and disadvantages of these solutions.

Keywords: clogging, lamella module, settler, sewage treatment plants.

За последние 200 лет с развитием урбанизации население городов и расход ежедневно производимых бытовых сточных вод постепенно увеличиваются, а требования к среде обитания людей становятся все выше и выше. Потребность в эффективной очистке сточных вод постепенно возрастает. Необходимо снижать степень воздействия сточных вод, получаемых в результате деятельности человека, на окружающую природную среду. Каждый город в развитых и развивающихся странах мира сегодня оснащен станциями

очистки сточных вод, а процессы очистки обычно делятся на три основные категории: физические, химические и биологические. Метод физической очистки обычно использует механические конструкции для удаления твердых частиц из сточных вод путем создания соответствующих физических условий. Обычно используются такие сооружения физической очистки, как решетки, отстойники, песколовки и фильтры. В технологии физической очистки воды отстойники часто широко используются для удаления твердых частиц из сточных вод [1].

Для повышения эффективности отстаивания в сооружении отстойника применяются тонкослойные модули [2, п. 9.2.4, 9.2.9]. Подобная технология часто используется в городских канализационных очистных сооружениях и известна с конца XIX в. За счет тонкослойного модуля эффективность возрастает в 3–7 раз по сравнению с обычным отстойником без модуля [3].

В большинстве современных отстойников используется трубчатый модуль (рис. 1) вместо пластинки. Трубчатый модуль обладает более высоким седиментационным эффектом, чем пластинки, имеет больший смоченный периметр, меньший гидравлический радиус, лучший ламинарный поток и меньшую концентрацию взвешенных веществ в стоке. Однако, после длительной эксплуатации отстойника, а также при изменении качества и количества воды, эффективность осаждения и качество очищенных вод может значительно снижаться. Обычно это вызывается накоплением осадка и засорением тонкослойных модулей. Дальнейшее развитие заиливания модуля приводит к его повреждению.

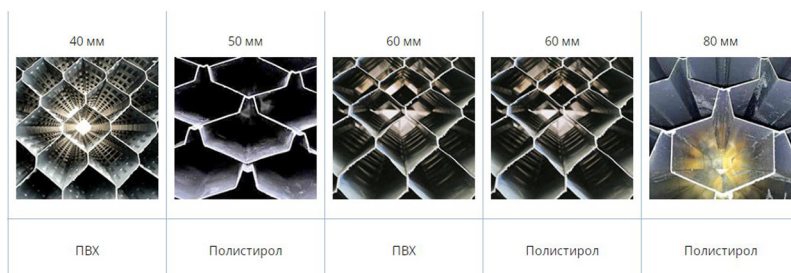


Рис. 1. Различные трубчатые тонкослойные модули и их параметры

1. Причины засорения тонкослойного модуля

Засорение модулей оказывает влияние на работу отстойника и может существенно повлиять на эффективность отстойника, если степень засорения модулей достигает определенного уровня. Можно выделить несколько причин засорения модуля.

1. *Высокая концентрация взвешенных веществ в сточных водах.* Если концентрация взвешенных веществ слишком высока, это приведет к тому, что взвешенные вещества будут переполнять модуль, а липкий материал (выделения из активного ила, водорослей, биопленки, глинистой почвы) во взвешенных веществах будет прилипать к стенкам модуля, и грязевая масса будет нарастать со временем, пока весь канал не будет заблокирован [4].

2. *Увеличение расхода сточных вод, поступающих в тонкослойный отстойник.* При изменении расхода сточных вод увеличивается количество осадка, накапливающегося в отстойнике, что повышает вероятность засорения модуля.

3. *Размер модуля не соответствует требованиям к расходу отстойника.* Модули изготавливаются из листового материала, посредством вакуумно-температурной штамповки, которые в собранном виде образуют осаждающие трубы V-образной или U-образные формы. Диаметр каждой трубы в модуле должен быть определен в соответствии с расходом сточных вод в отстойник, в диапазоне $d = 35 \div 80$ мм [5]. В реальных сооружениях может случиться так, что выбранный диаметр трубы окажется меньше расчетного или что производитель изготовил максимальный диаметр трубы, который не соответствует требованиям по пропуску расхода сточных вод из отстойника.

4. *Рост биопленки в трубе трубчатого тонкослойного модуля.* Когда микроорганизмы необратимо прилипают к поверхности модуля, они растут и образуют биопленки. Биопленка – это микробное сообщество, которое заключено в гелеобразную субстанцию и прикреплено к поверхности. В отстойнике достаточное количество кислорода, подходящая температура и эвтрофные условия создают идеальную среду для прикрепления и роста микроорганизмов [6].

5. *Засорение из-за размягчения труб.* Для пластиковых модулей, особенно изготовленных из полипропилена, когда температу-

ра сточных вод превышает 30 °С, модули размягчаются до определенной степени, что приводит к засорению некоторых труб [7].

6. *Накопление грязи.* Грязь в основном состоит из органических веществ в воде, колоний и выделений микроорганизмов, осадка, пыли и т. д. Рыхлая текстура грязи не только вызывает закупорку модуля и сокращает срок службы оборудования.

Помимо вышеперечисленного, засорение модулей также связано с температурой атмосферы, температурой воды, мутностью поступающей воды, скоростью потока воды, концентрацией микроорганизмов и химических веществ в воде.

Например, в г. Биньчжоу (провинция Шаньдун, Китай), очистные сооружения используют в своей работе азротенки и вторичные отстойники, которые оснащены тонкослойными модулями, после недели официальной эксплуатации отстойники засорились, и в верхнем прозрачном слое появилась желтовато-коричневая грязь, но это явление становилось все меньше и меньше по направлению оттока воды. После одной недели эксплуатации высота накопления грязи в трубах тонкослойного модуля составляет 3–5 см, а к концу двух недель эксплуатации увеличивается до 30–40 см, при этом в отстойнике гидравлическая нагрузка (расход сточных вод) увеличивается, часть трубопровода при накоплении грязи вымывается под давлением, на поверхности воды образуются толстый слой взвешенных веществ и полоса грязи (рис. 2).



Рис. 2. Скопление грязи на верхней части модулей

Это явление серьезно влияет на эффективность работы вторичного отстойника и в этот период концентрация взвешенных веществ в воде на выходе не соответствует техническим условиям, увеличивая нагрузку на последующие водоочистные сооружения [8].

Вышеописанное явление происходит во вторичном отстойнике, когда суточное поступление составляет от 200 до 400 м³/ч. Когда суточное поступление превышает 400 м³/ч, засорение модулей и количество плавающих взвешенных веществ на поверхности воды становятся более значительным.

Анализ причин засорения данного тонкослойного отстойника.

1. На входе в этот отстойник находится аэрационная смесь с определенной концентрацией, при этом концентрация активного ила обычно находится в диапазоне 3000–3500 мг/л. Микроорганизмы, содержащиеся в активном иле, постепенно разрастаются на внутренней стенке трубы модуля, образуя таким образом биопленку различной толщины, которая со временем приводит к засорению тонкослойного модуля.

2. Зимой вода в отстойнике замерзает, и на верхней части модуля образуется ледяная корка толщиной до 30 см, что вызывает определенное давление на модули, в результате чего угол установки модуля изменяется с 60° до 45° и некоторые модули деформируются; уменьшение угла установки модулей приводит к тому, что скопление осадка не успевает соскальзывать и блокирует модуль.

3. Слишком высокая скорость потока воды, поступающей в отстойник – 0,6 м/с. Вода поступает в отстойник и сразу поворачивает на 120 градусов в модуль, образуя градиент скорости, что приводит к образованию крупных и рыхлых флокул активного ила, которые не могут быть осаждены через модуль в течение короткого периода времени, что приводит к закупорке модуля.

2. Возможные решения проблемы засорения тонкослойного модуля

В данном случае можно предложить ряд решений.

1. Осуществить замену поврежденных и деформированных модулей или выполнить их ремонт;

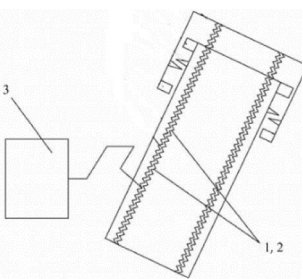
2. Увеличить площадь перфорированной перегородки для избыточного потока и уменьшение скорости течения.

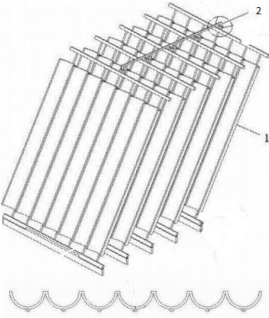
3. Был реконструирован трубопровод для удаления осадка, были внесены изменения в тип, количество, расход и положение установки насосов для обеспечения бесперебойного возврата осадка и сброса остаточного ила.

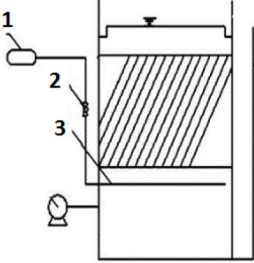
4. Осуществляется контроль концентрации активного ила и концентрации растворенного кислорода в аэрационной смеси (аэрированный активный ил) отстойника с наклонной трубой, при этом доза активного ила контролируется на уровне около 3000 мг/л для предотвращения образования чрезмерной биопленки.

В современном мире также используются методы борьбы с засорением модулей, представленные в таблице.

Современные методы борьбы с засорением модулей

№ п/п	Описание метода	Недостатки
1	<p>Система состоит из трубчатой подушки 1, 2 и компрессора 3. Внутренняя стенка модуля снабжена складками. При накачивании воздухом подушка может перемещаться в осевом направлении модуля телескопическим образом. Трубчатая подушка накачивается с определенной частотой, чтобы стряхнуть отложения на внутренней стенке модуля, тем самым эффективно предотвращая закупорку [9]</p> 	<p>1. Подушки безопасности, вложенные в трубы модуля, уменьшают диаметр труб модуля и могут снизить эффективность очистки. 2. Подушка является расходным материалом и требует замены по истечении срока службы или в случае преждевременного повреждения, что увеличивает эксплуатационные расходы КОС. 3. Отстойник должен останавливаться при удалении песка вибрацией (при наличии вибрации во время работы примеси будут всплывать в надосадочную жидкость)</p>

№ п/п	Описание метода	Недостатки
2	<p>Этот тип модуля включает ряд боковых волновых пластин 1. Корпус волновой пластины состоит из множества полукруглых трубчатых корпусов, которые с внешней стороны имеют отверстия, соединенные с приводным стержнем 2 над пластиной, приводным стержнем и вибрационным устройством. Колебания стержня вызывают вибрацию пластин и стряхивание загрязнений [10]</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Материалы модуля должны быть надежными – для восприятия вибрации (металл, например, надежен, но подвергается коррозии). 2. Моторы и приводной стержень являются расходными материалами и увеличивают затраты. 3. Для проверки и обслуживания полного комплекта оборудования требуется специальный персонал, что увеличивает эксплуатационные расходы. 4. Отстойник должен останавливаться при удалении осадка вибрацией (если он вибрирует во время работы, примеси будут всплывать в надосадочную жидкость)
3	<p>Устройство состоит из воздушного компрессора 1, пневматического клапана 2 и аэрационной трубки 3. Аэрационная трубка имеет отверстия. При включении воздушного компрессора газ под высоким давлением выбрасывается вверх из отверстий, промывая внутреннюю стенку модуля и решая проблему засорения [11]</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. После промывки вода в отстойнике становится мутной, для оседания взвеси необходимо дополнительное время. Это влияет на эффективность работы отстойника. 2. Воздушный компрессор и труба подачи воздуха являются расходными материалами, что увеличивает затраты. 3. Отстойник должен останавливаться при удалении песка вибрацией (если он вибрирует во время работы, примеси будут всплывать в надосадочную жидкость)

№ п/п	Описание метода	Недостатки
3		
4	Промывка модуля струей воды под высоким давлением	<ol style="list-style-type: none"> 1. На время промывки отстойник должен быть остановлен, что влияет на эффективность работы очистных сооружений. 2. Промывка не автоматизирована, должна выполняться работниками очистных сооружений. 3. Ручная промывка неэффективна, могут быть пропущены некоторые зоны модуля

Причины засорения модулей, хотя и включают физические, химические и биологические факторы, описанные выше, в большей степени зависят от проекта очистных сооружений, от параметров отстойников и от концентрации загрязняющих веществ, поступающих в ее сточные воды.

Информация по устранению засорения и обслуживанию модулей в России и Европе крайне ограничена, некоторые очистные сооружения используют модули на неподходящих конструкциях, что приводит к негативным последствиям.

Настоящее исследование послужит ценным пособием для практического использования модуля.

Литература

1. Фрог Д. Б. и др. Классификаторы тонкослойных модулей для наружных сетей водоснабжения. Методическое пособие. М.: НИИСФ РААСН. 2015. С. 26–30.
2. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03- 85 (с Изменением № 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/554820821> (дата обращения: 04.03.21).
3. *Lan Liu, Michael A. Perez, J. Blake Whitman.* Evaluation of Lamella Settlers for Treating Suspended Sediment. *Water*, 2020, 12(10), 2705. doi: 10.3390/w12102705.
4. *JIA Bolin, LU Jianbo, XIAO Feng, ZOU Yubin, YOU Yajian, CHEN Yonghua, YANG Zhihong.* Difficulties and solutions in the engineering applications of dense media loading coagulation and sedimentation (DLCS)[J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2018, 12(12): 3540-3546. doi: 10.12030/j.cjee.201807031.
5. URL: <http://www.armatech.ru/products/biologicheskoye-zagruzki/tonkosloynnye-moduli/> (дата обращения: 04.03.21).
6. Kezhao Zhou, Wanshen Luo, Yuanqing Zhao, Yuyang Li, Qingzu Deng, Jiamu Huang, Xinjian Fu. Sedimentation Tank with Multi-plate Unit for Wastewater Treatment:Pilot-scale Experiment. *China Water & Wastewater*. 2019,35(15) P. 7–12. Doi:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2019.15.003.
7. URL: <http://1688hanke.com/news/hydt/1323.html>. (дата обращения: 04.03.21).
8. Chunyan Zhang. Drawbacks and Measures of Tube Settler Applied to the Secondary Settling Tank. *Guangdong Chemical Industry*. 2021,7(39), P. 132–133.
9. A settler slant pipe system//Патент КНР CN 108043076 A, 18.05.2018./ Pengzhu Lai.
10. A kind of inclined-plate clarifying basin anti-blocking corrugated sheet// Патент КНР CN 207270779 U, 27.04.2018./ Qingbiao Wang.
11. An anti-clogging device for sewage inclined plate settler//Патент КНР CN 212700678 U, 16.03.2021./ Anming Yang, Sheng Tian.

УДК 628.2

Лю Хао,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: a304329703@gmail.com,

304329703@qq.com

Liu Hao,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: a304329703@gmail.com,

304329703@qq.com

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ПОТОКА В АЭРОТЕНКЕ

SIMULATION OF GAS-LIQUID FLOW IN THE AERATION BASIN

Исследовано моделирование переходного двухфазного газожидкостного потока в аэротенке с использованием модели Эйлера – Эйлера многофазного потока и k - ϵ -модели турбулентности. Получены данные о скорости жидкости и распределении содержания газа в аэротенке. Выявлено, что сначала пузырьки поднимаются вертикально по прямой линии, но через некоторое время их движение начинает отклоняться от центра оси и группа пузырьков начинает колебаться. С увеличением скорости газа распределение его содержания становится шире, содержание газа увеличивается, скорость циркуляции жидкости также растет. Чем полнее газожидкостная смесь, тем лучше эффект аэрации.

Ключевые слова: аэротенк, двухфазный поток «газ – жидкость», численное моделирование, Fluent, CFD.

The paper considers the simulation of transient two-phase gas-liquid flow in an aeration basin using the multiphase Euler-Euler flow model and k - ϵ turbulence model. Liquid velocity data as well as gas content distribution in the aeration basin were obtained as results. The results show that initially the bubbles rise vertically in a straight line, but after some time, the bubble movement begins to deviate from the center of the axis, and the bubble group begins to oscillate; as the gas velocity increases, the gas content distribution becomes wider, the gas content increases, the liquid circulation rate also increases, and the fuller the gas-liquid mixture, the better the aeration effect.

Keywords: aeration tank, two-phase gas-liquid flow, numerical simulation, Fluent, CFD.

Аэротенк является основным сооружением для биологической очистки городских сточных вод, в котором применяется активный ил. Необходимым условием для работы аэротенка является аэрация

потока, поскольку аэробные микроорганизмы, участвующие в биодеструкции органических веществ, потребляют растворенный кислород [1]. Аэрация интенсифицирует процесс деструкции органических веществ и повышает эффективность очистки сточных вод. В настоящее время многие отечественные и зарубежные специалисты проводят широкий спектр глубоких исследований, основанных на использовании следующих методов: АВ-метод, SBR-метод, А/О-метод, А2/0-метод и т. д. Данные методы имеют такие преимущества, как высокая эффективность очистки и хорошее качество стоков. Все они являются эмпирическими методами, полученными путем сравнения качества воды в лаборатории с помощью анализов. Из-за сложности реальных сооружений и ограниченных условий испытаний некоторые задачи трудно решить в лаборатории. Однако, вопросы, связанные с процессом аэрации потока могут быть рассмотрены с помощью методов вычислительной гидродинамики и математического моделирования на компьютерах.

Численное моделирование аэротенков относится к категории газожидкостных двухфазных потоков [2]. Механизмы взаимодействия двухфазного потока, массопереноса и теплообмена до сих пор недостаточно хорошо изучены, существует необходимость решения этих проблем во многих инженерных приложениях. В данном исследовании учтен опыт научных работ Dudukovic [3] и Krishna [4], Ranaded [5], Sanyal [6], Zhou [7], Zhang [8] и др.

На основании обзора, для оценки распространения воздушной смеси в потоке воды, предлагается применить k - ε -модель турбулентности и переноса импульса между двумя фазами с учетом только эффекта тяги. Результаты моделирования обеспечивают теоретическую основу для оптимального проектирования аэротенка и системы аэрации.

Рассмотрим математическую модель. Расчетная область имеет прямоугольную форму высотой 2,5 м (рис. 1) и представляет собой часть аэротенка, заполненную водой на высоту 2 м. Граничное условие выхода воздушной среды устанавливается в верхней части аэротенка с помощью нулевого избыточного давления, граничное условие входа воздушной среды задается в нижней части с помощью скорости. Для расчета были выбраны скорости 0,1; 0,3 и 0,5 м/с.

Начальный шаг по времени составил $\Delta t = 0,01$ с. Общее время расчета принято 40 с.

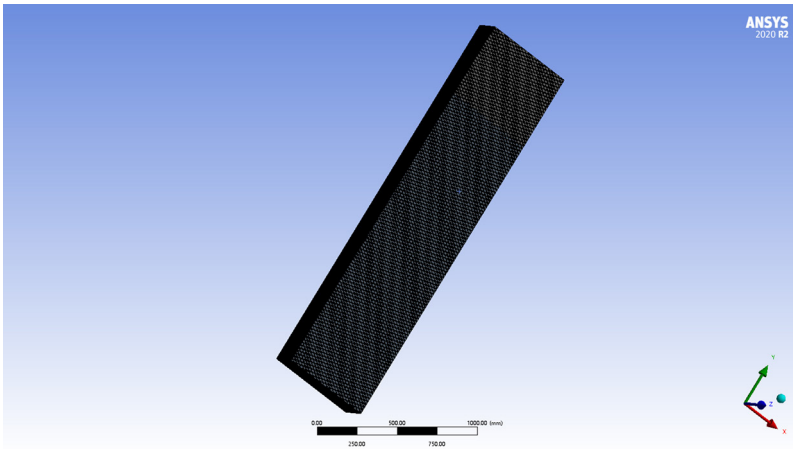


Рис. 1. Сетка расчетной области аэротенка

В качестве результата моделирования было получено содержание газа по глубине аэротенка. Величина содержания газа в аэротенке и распределение газа в аэротенке напрямую влияет на скорость переноса кислорода и степень эффективного перемешивания газа и жидкости. На рис. 2 показано поле газосодержания в различные моменты времени по глубине аэротенка для варианта скорости воздуха 0,1 м/с. Как видно, пузырьки сначала поднимаются вертикально по прямой линии, а через некоторое время движение пузырьков начинает отклоняться от центра оси, и скопление пузырьков начинает распространяться во всех направлениях. Благодаря диффузионному движению группы пузырьков газ в аэротенке находится в полном контакте с жидкостью, что способствует химической реакции и массообмену в реакторе. Это явление идентично результатам моделирования Д. Пфлегера [9].

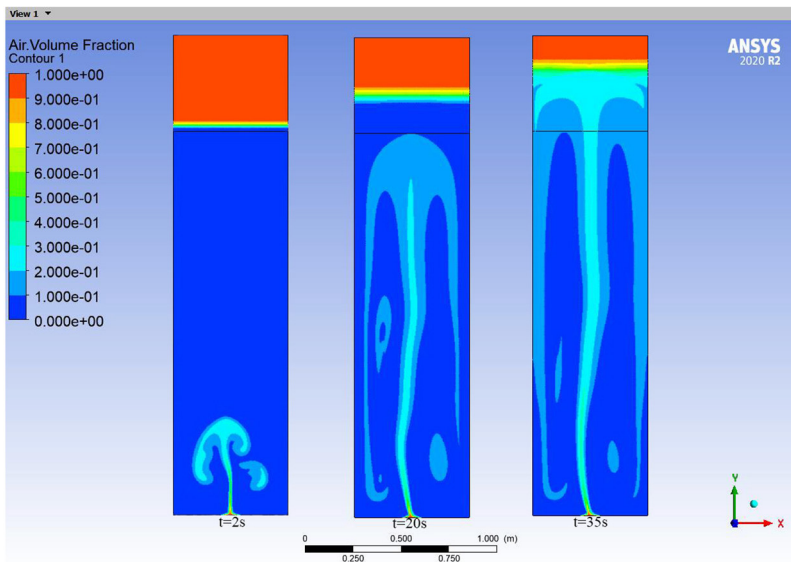
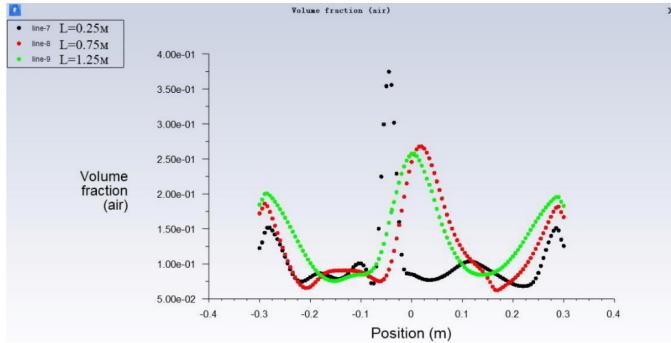


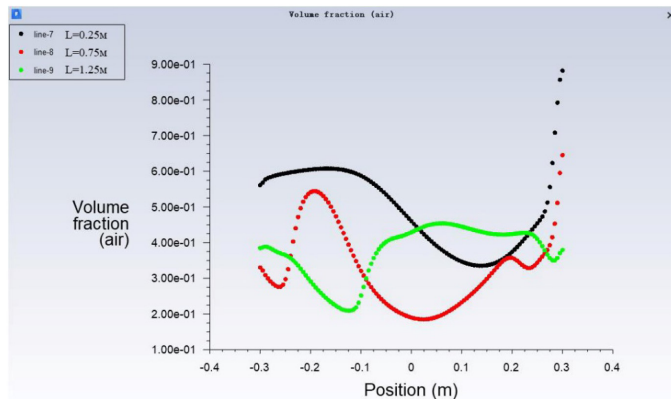
Рис. 2. Поле газосодержания для скорости воздуха 0,1 м/с

Распределение содержания газа в трех положениях сечения центральной оси для скоростей газа 0,1; 0,3 и 0,5 м/с показано на рис. 3, где видно, что поперечное распределение содержания газа при меньших скоростях газа (0,1 м/с) имеет один пик, а при больших скоростях газа (0,5 м/с) поперечное распределение содержания газа выглядит неупорядоченным и имеет несколько пиков, что связано с более интенсивной диффузией пузырьков. Это связано с более интенсивной диффузией пузырьков. Благодаря диффузии пузырьков, газ, поступающий в аэротенк снизу в процессе подъема, постепенно расширяется в радиальном направлении, поперечное распределение постепенно становится шире, а площадь контакта между газом и жидкостью увеличивается. На рис. 3, например, на расстоянии 0,25 м от дна бассейна диапазон распределения газа составляет всего 0,05 м; на расстоянии 0,75 м от дна бассейна – 0,1 м; на расстоянии 1,25 м от дна бассейна он достигает 0,3 м. В то же время, с увеличением скорости газа скорость газосодержания в каждой точке также постепенно увеличивается.

a)



б)



в)

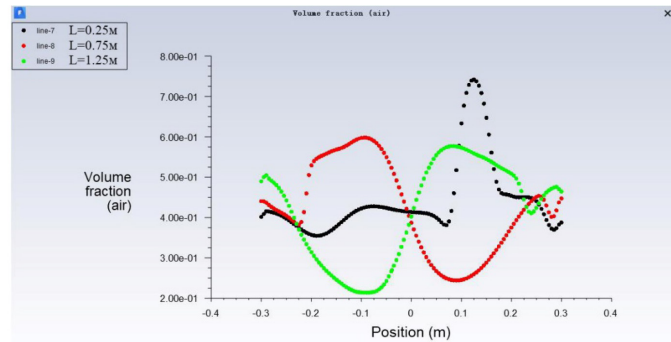


Рис. 3. Графики газосодержания в азротенке для различных скоростей потока на входе: а – 0,1 м/с; б – 0,3 м/с; в – 0,5 м/с

Поэтому, улучшение скорости газа, может сделать скорость газа бокового распределения шире, так что объем растворения кислорода, для того, чтобы достичь полного использования кислорода, экономия эксплуатационных расходов; с увеличением скорости газа, скорость газа в каждой точке также увеличивается, и таким образом увеличивается площадь контакта между газом и жидкостью, увеличить скорость передачи кислорода, увеличить растворенный кислород в воде, чтобы достичь лучшего эффекта аэрации. Стоит отметить, что скорость газа не должна быть слишком большой, иначе это легко приведет к скоплению и увеличению пузырьков, и газ быстро выйдет из аэротенка, что не способствует переносу кислорода, поэтому необходимо дальнейшее исследование этого вопроса.

Циркуляция жидкости в реакторе является важной особенностью аэротенка, а скорость циркуляции – важным параметром при проектировании и масштабировании аэротенка. Скорость влияет на удержание газа, на перенос кислорода и степень смешивания с жидкостью. На рис. 4 показано векторное поле скорости жидкости с течением времени в аэротенке для варианта скорости газа на входе 0,1 м/с.

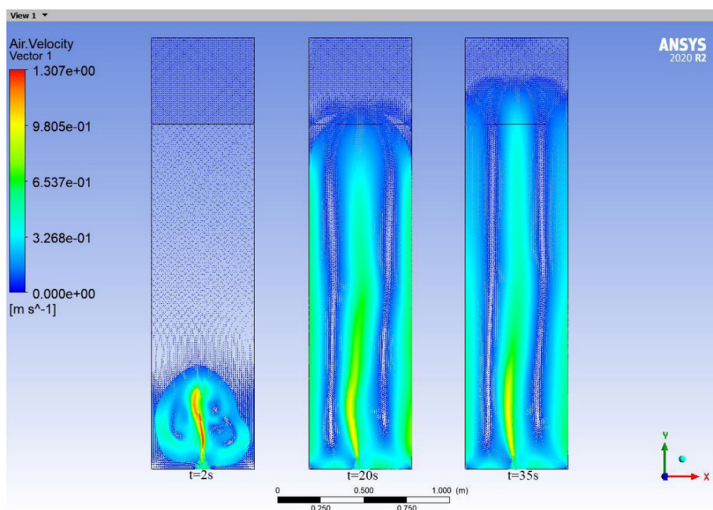


Рис. 4. Векторное поле скорости жидкости в аэротенке

На рис. 4 видно, что жидкость в центре области течет вверх, а жидкость по сторонам течет вниз, таким образом, создавая циркуляцию жидкости с обеих сторон, что соответствует структуре поля течения, наблюдаемой Д. Пфлегером [9]. Из рис. 4 также видно, что большие скорости жидкости наблюдаются в центре расчетной области и около стенки.

На рис. 5 показаны графики распределения скорости аналогично для трех вариантов скорости на входе и трех сечений в расчетной области. На графиках отмечается, что положение максимального значения скорости жидкости несколько отклоняется от центра, что связано с диффузией скопления пузырьков. В пристеночной области имеются точки перегиба, указывающие на то, что скорость жидкости в данной области немного выше, чем в прилегающей области. По глубине скорость возрастает по мере приближения к дну расчетной области, что объясняется близостью к распределителю. По мере увеличения скорости газа в распределителе скорость жидкости в каждой точке области также постепенно увеличивается.

Как видно из рис. 5, более высокая скорость газа может ускорить скорость циркуляции жидкости в аэротенке, увеличить степень перемешивания между газом и жидкостью, ускорить равномерное распределение растворенного кислорода в аэротенке, что способствует переносу кислорода и другим процессам массопереноса, тем самым повышая эффективность работы аэротенка.

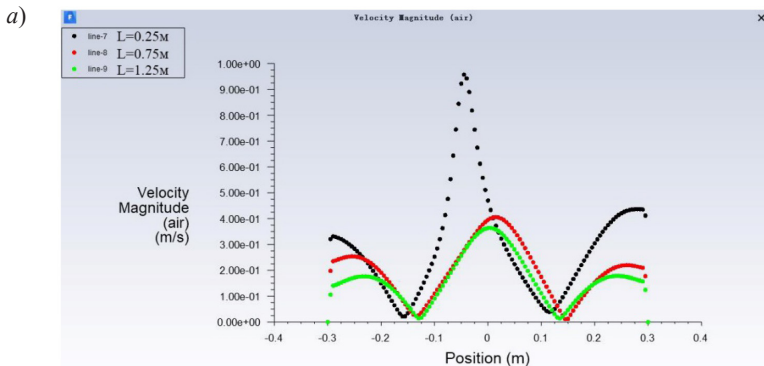
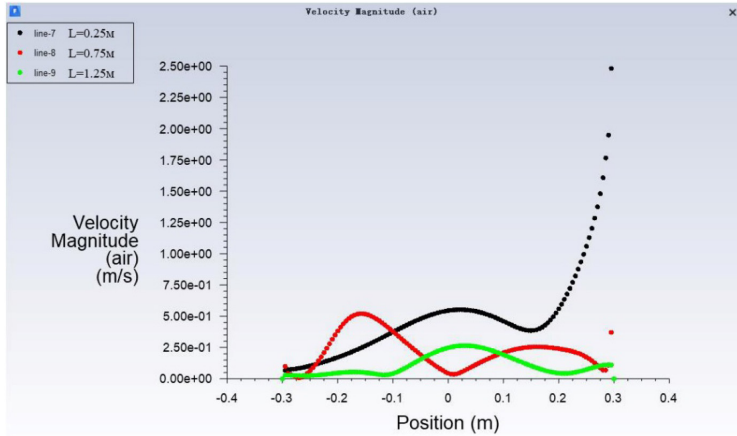


Рис. 5, начало. Графики распределения скорости в аэротенке для различных скоростей потока на входе: а – 0,1 м/с

б)



в)

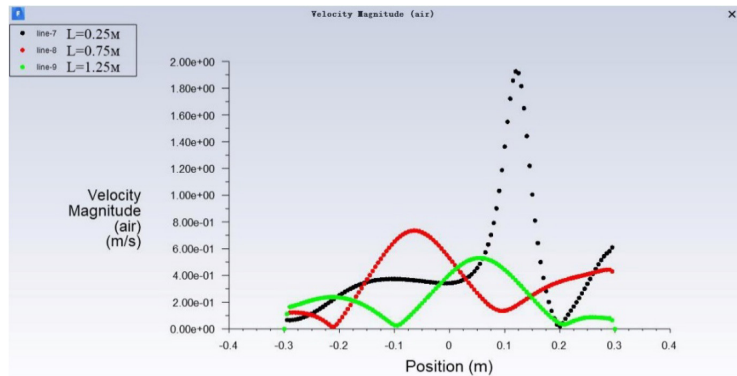


Рис. 5, окончание. Графики распределения скорости в аэротенке для различных скоростей потока на входе: б – 0,3 м/с; в – 0,5 м/с

Литература

1. Sun C. J., Zhang M. X. Применение технологии речной аэрации в борьбе с загрязнением рек [J]. Защита окружающей среды, 2001(4). P. 12–16.
2. Cheng W., Song C., Zhou Hsiao-De. Численное моделирование и экспериментальное исследование газожидкостного двухфазного потока в аэротенках [J]. Журнал водных ресурсов, 2001, 32(12). P. 32–35.
3. Rafique M., Chen P., Dudukovic M. P. Computational modeling of gas – liquid now in bubble columns [J]. Chemical Engineering, 2006, 20 (3/4). P. 225–375.

4. *Baten J. M., Krishna R.* CFD simulation of a bubble column operating in homogeneous and heterogeneous flow regimes [J]. *Chem Eng Tech*, 2002,25. P. 1081–1086.
5. *Buwa V. V., Ranade V. V.* Dynamics of gas-liquid flow in a rectangular bubble column: experiments and single/ multi-group CFD simulations [J]. *Chem Eng Sci*, 2002, 57. P. 4715–4736.
6. *Chen P., Dudukovic M. P., Sanyal J.* Three-dimensional simulation of bubble column flows with bubble coalescence and breakup [J]. *AIChE J*, 2005,51 (3). P. 696–712.
7. *Zhou L. X., Yang M., Lian C. Y.*, et al. On the second-order moment turbulence model for simulating a bubble column [J]. *Chem Eng Sci*, 2002, 57. P. 3269–3281.
8. *Zhang D., Deen N. G.* Numerical simulation of the dynamic flow behavior in a bubble column: a study of closures for turbulence and interface forces [J]. *Chem Eng Sci*, 2006,61. P. 7593–7608.
9. *Pfleger D., Gomes S., Gilbert N.*, et al. Hydrodynamic simulation of laboratory scale bubble columns fundamental studies of the Eulerian-Eulerian modeling approach [J]. *Chem Eng Sci*, 1999,54. P. 5091–5099.

УДК 628.356.3

Евгений Николаевич Матюшенко,
канд. техн. наук, старший преподаватель
Кристина Борисовна Борисова,
магистрант
Сергей Александрович Ребитва,
магистрант
(Новосибирский государственный
архитектурно-строительный
университет (Сибстрин))
E-mail: e.matyushenko@sibstrin.ru,
k.borisova@edu.sibstrin.ru,
s.rebitva@edu.sibstrin.ru

Evgeny Nikolaevich Matyushenko,
PhD in Sci. Tech., senior lecturer
Kristina Borisovna Borisova,
master's degree student
Sergey Aleksandrovich Rebitva,
master's degree student
(Novosibirsk State
University of Architecture
and Civil Engineering (Sibstrin))
E-mail: e.matyushenko@sibstrin.ru,
k.borisova@edu.sibstrin.ru,
s.rebitva@edu.sibstrin.ru

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КОТТЕДЖНОГО ПОСЕЛКА: ПРОЕКТНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОШИБКИ

WASTEWATER TREATMENT OF A COTTAGE SETTLEMENT: DESIGN AND OPERATIONAL ERRORS

Описана работа компактной установки для очистки бытовых сточных вод коттеджного поселка в Новосибирской обл. производительностью около 250 м³/сут. Указаны проектные и эксплуатационные ошибки, а также проблемы, связанные с запуском установки в нормальную эксплуатацию, выявленные после детального обследования ее технического состояния и выполнения поверочного расчета узлов очистки стоков, обработки и обезвоживания осадков. К основным проблемам отнесены: недостаточный объем резервуаров-усреднителей; носители прикрепленных микроорганизмов, дестабилизирующие работу всего комплекса биологической очистки и доочистки; неверно рассчитанные объемы сооружений биологической очистки; отсутствие резервного оборудования и требуемого количества секций сооружений. Приведены рекомендации по устранению проблем для достижения требуемого качества очистки стоков.

Ключевые слова: сточная жидкость, биогенные элементы, очистные сооружения канализации, флотенк, аэротенк, носители прикрепленных микроорганизмов.

The operation of a compact wastewater plant for the domestic wastewater treatment in a cottage settlement located in the Novosibirsk region with a capacity of about 250 m³/day is described in this paper. Both design and operational errors are presented together with the problems associated with the launch of a compact installation into normal operation, which were identified after a detailed survey of its technical condition, as well as after performing a calibration calculation of wastewater

treatment units, purification and dewatering of precipitation. At the facility under consideration, the main problems include: insufficient volume of a sewage regulators, carriers of attached microorganisms that destabilize the operation of the entire biological purification and post-treatment complex, incorrectly calculated volumes of biological treatment facilities, lack of backup equipment and the required number of the structures' sections. Recommendations are given to eliminate existing problems in order to achieve the required quality of wastewater treatment.

Keywords: wastewater, nutrients, wastewater treatment plants, flotenk, airtank, carriers of attached microorganisms.

Бурное развитие городов-миллионников сопровождается строительством нового типа жилья – коттеджных поселков, расположенных, как правило, на окраине, и не имеющих централизованных систем водоснабжения и водоотведения. Отсутствие городской инженерной инфраструктуры требует строительства модульных станций очистки подземных вод и компактных установок по очистке сточных вод. К сожалению, из-за отсутствия квалифицированного персонала и большого количества проектных ошибок, данные сооружения практически не работают и наносят огромный вред окружающей среде.

Настоящая работа была начата с проведения глубокого анализа литературных данных по очистке сточных вод, осуществляемой в компактных установках [1–9]. Подавляющая часть таких установок запроектированы на полную биологическую очистку сточной жидкости с последующей доочисткой и обеззараживанием перед сбросом в водный объект. Жесткие требования на сброс стоков (см. таблицу) требуют применения современных методов удаления не только растворимых и нерастворимых веществ органического и минерального происхождения, но и биогенных элементов (азота и фосфора), вызывающих эвтрофирование водоемов.

Состав бытовых сточных вод коттеджного поселка

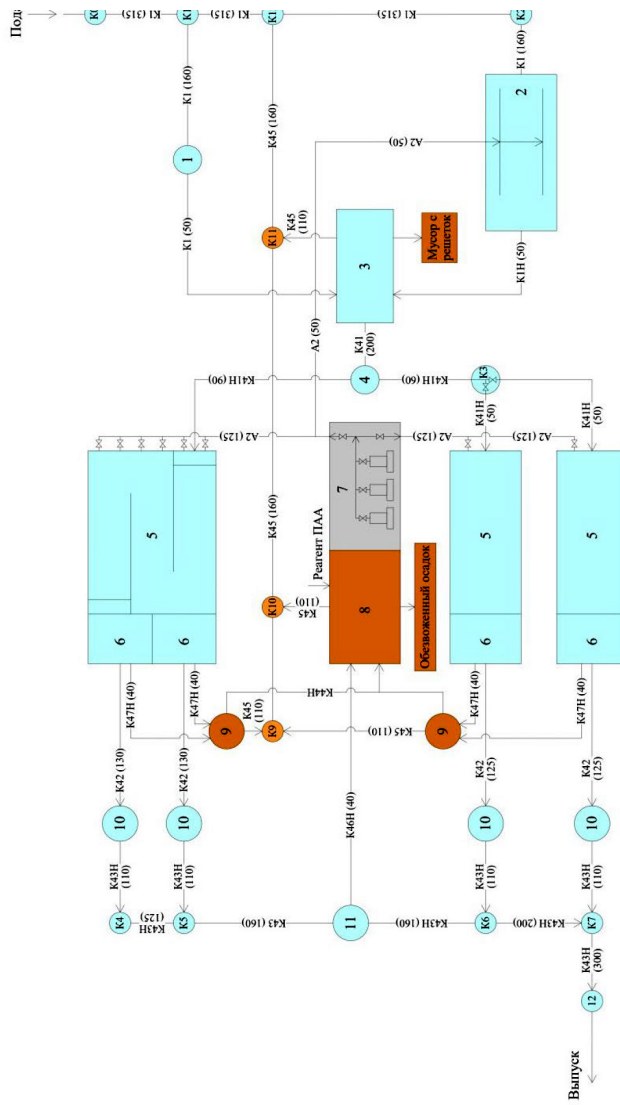
Показатели	Ед. изм.	Содержание загрязняющих веществ в сточной жидкости	Требования очистки воды
Взвешенные вещества	мг/л	90–570	10

Показатели	Ед. изм.	Содержание загрязняющих веществ в сточной жидкости	Требования очистки воды
БПК ₅	мг/л	100–300	Не определено
БПК _{полн}	мг/л	Не определено	3
ХПК	мг/л	420–880	15
Азот аммония (по N)	мг/л	20–41	0,4
Фосфор (по P)	мг/л	7,5–8	0,1
Температура	°С	16–20	Не определено
pH	ед. pH	6,8–7,8	6,5–8,5

Авторами статьи ведется работа по наладке и реконструкции компактной установки коттеджного поселка в Новосибирской обл., производительностью около 250 м³/сут с последующим увеличением до 500 м³/сут, состоящей из модульных элементов FloTenk, запроектированной и построенной с большим количеством грубых ошибок. На рисунке представлена схема существующих очистных сооружений коттеджного поселка.

Проект очистных сооружений, введенных в 2015 г. в эксплуатацию, выполнен изначально с рядом ошибок и состоит из двух очередей. Во-первых, усреднение стока должно производиться после удаления песка и крупных включений, а не наоборот. Во-вторых, объемы резервуаров-усреднителей рассчитаны на прием и усреднение стока не более 4 ч (из опыта эксплуатации требуется время не менее 15 ч).

Еще одной проблемой является устройство узла биологической очистки и доочистки стоков. Для удаления органических веществ приняты стеклопластиковые флотенки с блоками биологической загрузки (ББЗ) производительностью 125 м³ со встроенной зоной отстаивания. Проблемой данных сооружений являются сами блоки ББЗ, которые всплывают, вся биомасса, нарастающая на них из-за отсутствия регенерации со временем, отмирает и только ухудшает



Существующая схема очистных сооружений коттеджного поселка: 1 – усреднитель вертикального типа; 2 – усреднитель горизонтального типа; 3 – комбинированная решетка-песловка; 4 – насосная станция; 5 – аэротенк; 6 – вторичные вертикальные отстойники; 7 – воздушная станция; 8 – блок механического обезвоживания осадка; 9 – вертикальные илоуплотнители; 10 – биофильтр; 11 – резервуар технической воды; 12 – контрольный колодец с расходомером; К1–К12 – колодцы

качество стока, а встроенная зона отстаивания настолько мала, что не способна практически задержать свободноплавающий активный ил. Кроме этого, как показали проведенные опыты, сооружении способны нормально работать при нагрузке по расходу примерно на 40–50 % ниже заявленной с учетом циркуляционного расхода. При увеличении расхода, происходит быстрый вынос всего активного ила в течение недели. Аналогичная ситуация наблюдается и на второй очереди, в которой флотенки были заменены на классические железобетонные аэротенки с вертикальными вторичными отстойниками с тонкослойными модулями, регенерация которых крайне затруднена по причине их расположения под сборными лотками. Проблемой аэротенков является ершковая загрузка, которую персонал регенерировал встряхиванием раз в 2–3 мес., а также неверно рассчитанный объем резервуара, завышенный в 6–7 раз.

Доочистка сточных вод осуществляется в биофильтрах, загруженных керамзитом с фракционным составом 0,5–1 мм. Как отмечено проектировщиками, в данном сооружении будет происходить более глубокая доочистка от взвешенных, органических и биогенных веществ. В результате непродолжительной работы данного узла вся загрузка была забита активным илом, загнивала и ухудшила качество стока.

Одним из главных недостатков проекта, вызывающим при эксплуатации массу затруднений, является отсутствие резервного оборудования и необходимого количества секций сооружений (например, не представляется возможным отключить из работы одну единственную секцию железобетонная аэротенка).

На действующих сооружениях абсолютно не верно было подобрано насосное оборудование: авторы проекта заложили насосы одной производительности для подачи стоков, а также циркулирующего ила без возможности его регулировки.

Оценить работу узла обработки осадка, а именно вертикальных илоуплотнителей и дегидрататора, не представляется возможным, так как за все время эксплуатации станции они не включались в работу и на данный момент находятся на консервации.

На основании вышеизложенного, а также с учетом постепенного увеличения расхода до 450–500 м³/сут, работа функционирующих

очистных сооружений канализации коттеджного поселка невозможна, требуется полная реконструкция.

Литература

1. Амбросова Г. Т., Семенова А. П., Колодезникова А. П. Компактные установки для очистки бытовых сточных вод // Строительство и техногенная безопасность. 2018. №12 (64). С. 109–115.
2. Ambrosova G. T., Kruglikova A. V., Kolodeznikova A. P., Semenova A. P. Analysis of designs of compact wastewater treatment plants. Water and Ecology. 2021. № 3(87). P. 3–15.
3. Амбросова Г. Т., Тихонова Д. В., Яковлева Е. И. Направления усовершенствования компактных установок для очистки бытовых сточных вод // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2019. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. Под редакцией Л. И. Лукиной, Н. В. Ляминой. 2019. С. 141–146.
4. Амбросова Г. Т., Тихонова Д. В., Яковлева Е. И. Технологические схемы для очистки сточной жидкости в городе Болотное // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2019. № 7(139). С. 62–66.
5. Аганичева Е. К. Реконструкция очистных сооружений канализации поселка Маслянино. Экология России и сопредельных территорий. Материалы XXII Международной экологической студенческой конференции. 2017. С. 132.
6. Эль Ю. Ф., Решетилов Ю. И. Концептуальные изменения в технологиях очистки сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 5. С. 57–63.
7. Титов Е. А., Качергин А. С., Сафронов М. А. Храмов К. С. Блочномодульная установка «Биофлок-50» для биологической очистки сточных вод локальных объектов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2016. № 2(98). С. 66–69.
8. Соломенникова К. И., Рудакова Л. В. Проблемы очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на локальных биологических очистных сооружениях // Химия. Экология. Урбанистика. 2018. Т. 2018. С. 145–149.
9. Ненашева М. Н., Усманов И. Р. Очистка сточных вод с применением блочно-модульных установок с авторской технологией «ТРОФАКТОР» // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2012. № 9(57). С. 30–33.

УДК 628.6

Мария Юрьевна Метелева,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: meteleva99@list.ru

Mariya Urevna Meteleva,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: meteleva99@list.ru

СРАВНЕНИЕ ПОТЕРЬ НАПОРА В СТАЛЬНЫХ И ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДАХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

A COMPARISON OF HEAD LOSSES IN STEEL AND POLYETHYLENE PIPELINES IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Освещаются вопросы расчета потерь напора во внутренних системах водоснабжения жилых зданий. Проведен расчет систем холодного и горячего водоснабжения для 3-этажного детского сада. Получены потери напора по диктующим направлениям в сетях В1 и Т3, выполнен расчет местных сопротивлений. Рассмотрен вопрос актуальности использования коэффициента, учитывающего местные сопротивления, в расчетах систем, запроектированных из полиэтилена.

Ключевые слова: система водоснабжения, внутренний водопровод, жилое здание, потери напора, трубопровод.

The paper deals with issues related to the calculation of head losses in the internal water supply systems of residential buildings. Calculated cold and hot water supply systems for a 3-storey kindergarten. The head losses in the dictating directions in the cold and hot water supply networks were calculated, and the local resistances were calculated. The issue of the relevance of using the coefficient taking into account local resistances in the calculations of systems designed from polyethylene is considered.

Keywords: water supply system, internal water supply, residential building, pressure loss, pipeline.

На сегодняшний день первые места по выбору материалов для проектирования систем водоснабжения и водоотведения по праву можно отдать стальным и пластиковым трубопроводам. Полиэтилен, как альтернатива ранее применяемым материалам, используется довольно давно и в настоящий момент времени активно применяется для проектирования систем как водоснабжения, так и канализации в жилых домах. И хотя на данный момент как стальные, так

и полиэтиленовые трубопроводы пользуются большим спросом при устройстве внутренних сетей, между этими материалами есть существенные технические различия. В первую очередь это их различие в подверженности изменениям окружающей температуры.

Строительные изделия, такие как трубы, способны изменять свои размеры в результате изменения температур. Вследствие повышения температуры рабочей среды в трубопроводах возникают температурные напряжения, что влечет за собой различные проблемы в работе систем, такие как вырывание элементов крепежа и появление на прямолинейных участках деформаций. В таких местах начинает собираться воздух, что значительно ухудшает пропускную способность сети.

Подверженность материалов температурным изменениям характеризует такая физическая характеристика, как коэффициент линейного расширения.

Таблица 1

Сводная таблица линейного расширения труб

Материал трубопровода	Коэффициент линейного расширения
Чугун	0,0104
Сталь нержавеющая	0,011
Сталь черная и оцинкованная	0,0115
Медь	0,017
Латунь	0,017
Алюминий	0,023
Металлопластик	0,026
Поливинилхлорид (PVC)	0,08
Полибутилен (PB)	0,13
Полипропилен (PP-R 80 PN10 и PN20)	0,15
Полипропилен (PP-R 80 PN25 алюминий)	0,03
Полипропилен (PP-R 80 PN20 стекловолокно)	0,035
Сшитый полиэтилен (PEX)	0,024

Полиэтилен имеет сравнительно более высокое значение данного коэффициента, несмотря на иные свои преимущества. Трубопроводы из полимерных материалов наиболее подвержены температурному расширению, в связи с этим следует учитывать вопрос компенсации подобных деформаций. В тех случаях, когда самокомпенсация трубопровода оказывается невозможна за счет более частого крепежа или существующей архитектуры здания, можно рассчитать и применить специальные компенсаторы. Однако их установка не только увеличивает длину участков сети, но и создает дополнительные местные сопротивления.

В своде правил СП 30.13330.2020 [1] приводится следующая формула расчета потерь напора:

$$H_{ii} = il(1 + k_l),$$

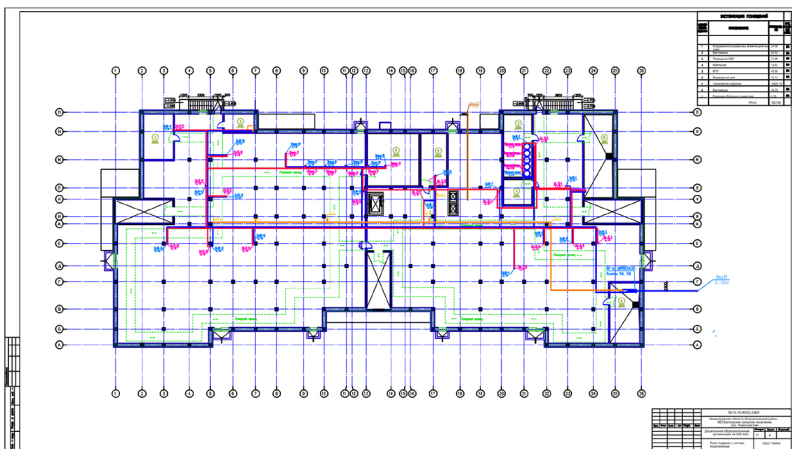
где i – удельные потери напора единицы длины трубопровода l , м; k_l – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях (следует принимать: 0,2 в сетях объединенных хозяйственно-противопожарных водопроводов жилых и общественных зданий, а также в сетях производственных водопроводов; 0,3 – в сетях хозяйственно-питьевых водопроводов жилых и общественных зданий; 0,15 – в сетях объединенных производственных противопожарных водопроводов; 0,1 – в сетях противопожарных водопроводов).

Как в СНиП старой редакции, так и в новейших СП этот коэффициент неизменен, он, очевидно, не учитывает возникающие дополнительные местные сопротивления при установке компенсаторов, потому в расчетах систем из полиэтилена и полипропилена его использование может быть не совсем верно.

Для проверки этого утверждения было взято трехэтажное здание детского сада, рассчитанное на 280 чел. (см. рисунок).

В здании была запроектирована водопроводная система, включающая в себя холодное и горячее водоснабжение. Схема разводки по этажам принята одинаковой и для трубопровода из полиэтилена, и для трубопровода из стали. После этого были проведены гидравлические расчеты систем В1 и Т3 обоих вариантов.

При расчете системы холодного водоснабжения диктующим водоразборным прибором принят смеситель у раковины, расположенной на 2 этаже на стояке В1-16.



План подвала детского сада

Для расчета системы горячего водоснабжения была принята закрытая система с водоподготовкой в индивидуальном тепловом пункте, расположенном в подвале здания. Диктующим водоразборным прибором принят наиболее удаленный от ИТП прибор – смеситель у раковины, расположенной на 3 этаже на стояке ТЗ-4.

Первый вариант представляет собой водопроводную систему из стального трубопровода. Для пропуска требуемого расхода системы холодного водоснабжения были приняты стояки диаметром 25 мм, магистральный трубопровод диаметром 50 мм.

Для пропуска требуемого расхода системы горячеговодоснабжения были приняты стояки диаметром 20 мм, магистральный трубопровод диаметрами 32 и 40 мм.

Был произведен гидравлический расчет [3] потерь напора по длине трубопровода. Отдельно для каждого прибора высчитаны значения местных потерь с учетом их коэффициента местного сопротивления. Полученные результаты сведены в таблицы.

После гидравлических расчетов было определено процентное соотношение потерь напора в местных сопротивлениях к потерям напора по длине. Отношение составило 23,9 и 19,6 % для холодного и горячего трубопроводов соответственно. Таким образом полученные расчетные значения не превышают указанные в СП 30.13330.2020 [1] 30 %.

Таблица 2

Сводная таблица потерь напора в стальном трубопроводе

Параметры	Холодное водоснабжение В1	Горячее водоснабжение Т3
Потери по длине, м	3,080	8,825
Потери в местных сопротивлениях, м	0,736	1,731
Сумма потерь, м	3,816	10,556
Процентное соотношение	23,9	19,6

Во втором варианте была запроектирована система из термостойкого полипропилена [3], армированного стекловолокном. На наиболее продолжительных участках трубопровода была предусмотрена установка компенсаторов для контроля расширения трубопровода между неподвижными опорами.

Для системы холодного водоснабжения были приняты стояки диаметром 32 мм, магистральный трубопровод диаметром 40 и 63 мм. Для горячего водоснабжения диаметр стояков принят 32 мм, для магистрального трубопровода 40 и 50 мм. Аналогично первому варианту произведен гидравлический расчет.

Таблица 3

Сводная таблица потерь напора в полипропиленовом трубопроводе

Параметры	Холодное водоснабжение В1	Горячее водоснабжение Т3
Потери по длине, м	2,653	6,293
Потери в местных сопротивлениях, м	2,168	5,022
Сумма потерь, м	4,821	11,315
Процентное соотношение	81,7	79,8

Несмотря на то, что потери по длине в полипропиленовых трубопроводах оказались значительно ниже, чем системе из стального,

значительная часть потерь пришлась на местные сопротивления: их доля составила 81,7 и 79,8 % для В1 и Т3 соответственно, что существенно превышает указания СП 30.13330.2020 [1]. Большая часть потерь обусловлена наличием установленных компенсаторов.

Хотя в данном расчете было получено большое расхождение, нельзя утверждать, что подобные значения будут актуальны для всех расчетов систем из полипропиленовых труб, так как делать выводы на основе одного расчета было бы в корне неверно. Необходимо провести дополнительные расчеты на примере иных жилых зданий для возможного установления зависимости между потерями по длине и потерями в предусмотренных местных сопротивлениях.

Литература

1. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. – М., 2020, 94 с.
2. *Шевелев Ф. А.* Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб – 11-е изд., доп. – Москва : Бастет, 2016. 426 с.
3. РОСТЕРМ. Технический каталог. Системы трубопровода из термостабилизированного полипропилена PPRT. URL: <http://rostherm.ru/catalogues/> (дата обращения: 25.10.2021).

УДК 628.3

Ярослава Васильевна Милейко,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: mileiko.yaroslava@yandex.ru

Yaroslava Vasilevna Mileiko,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: mileiko.yaroslava@yandex.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КОМБИНИРОВАННЫМИ УСТАНОВКАМИ РЕШЕТКА-ПЕСКОЛОВКА

RESEARCH OF COMBINED SLUDGE AND GRIT REMOVAL MACHINE EFFICIENCY

Описан принцип работы комбинированных решеток-песколовок. Показаны проблемы их эксплуатации и возможные способы решения. Обоснована актуальность данного вопроса в современном проектировании.

Ключевые слова: комбинированные установки, механическая очистка, решетка-песколовка, эффективность очистки.

The article describes the principles of combined grids, sand traps and equipment operation as well as problems and solutions during the exploitation. The urgency of the problem in modern design is substantiated.

Keywords: combined machine, mechanical cleaning, sludge and grit removal.

На сегодняшний день эксплуатация малых очистных сооружений сопровождается рядом проблем, которые возникают при неэффективной предварительной механической очистке сточных вод от крупнодисперсных примесей. На данном этапе происходит отделение песка различных фракций и плавающих отбросов от загрязненных вод. Нарушение этого процесса влечет за собой сбой в технологии работы сооружений блока биологической очистки и повышает затраты на ремонт и обслуживание. В последнее время часто технологические решения на малых КОС принимают с учетом отказа от первичных отстойников, так как после них уменьшается концентрация органических веществ, необходимых в дальнейшем для питания биоценоза аэротенка. В связи с этим значимость решеток и песколовок, как единственного оборудования для задержания грубодисперсных примесей, возрастает.

Исследование производится на очистных сооружениях, блок механической очистки которого состоит из комбинированной установки решетка-песколовка (рис. 1), перед которой на ГНС установлены мацераторы.



Рис. 1. Комбинированная установка механической очистки решетка-песколовка

Принцип работы исследуемых сооружений заключается в том, что сточные воды поступают на мацераторы, где происходит измельчение и задержание крупных нерастворимых примесей. Затем стоки поступают в приемный резервуар КНС.

После КНС сточные воды в самотечном режиме направляются к нижнему открытому сити барабанной решетки, где происходит отделение крупного мусора, при этом очищенная вода поступает дальше на песколовки. Решетка состоит из сита, винтового конвейера и модуля промывки и отжима отбросов. Уловленные на барабанной решетке загрязнения проходят промывку и прессование, после чего сбрасываются в контейнер. По мере наполнения контейнера отбросы вывозятся на полигон ТБО. Работа решеток автоматизирована. Включение решетки может происходить от сигнала датчика превышения уровней до и после решетки или по времени работы.

На практике возникает ряд проблем при работе с решетками. Так как на очистных сооружениях до ГНС установлен мацератор, который измельчает крупные включения, то сокращаются трудозатраты рабочего персонала на вывоз мусора, который не задерживается на насосной станции. Но с другой стороны, в следствие его

измельчения при дальнейшем поступлении стоков на барабанные решетки мусор начинает забивать их прозоры до такой степени, что штатных устройств для их очистки оказывается недостаточно. Тогда для очистки решеток дополнительно требуется ручная промывка, что также увеличивает трудозатраты (рис. 2).



Рис. 2. Ручная очистка установки

Далее хозяйственно-бытовые стоки, содержащие песок, взвешенные органические вещества и плавающие на поверхности жиры и масла, попадают в резервуар горизонтальной аэрируемой песколовки, в котором происходит оседание на дно песка и тяжелых твердых включений под действием силы тяжести. Горизонтальные песколовки оснащены механическими скребками в виде спиральных конвейеров. Резервуар песколовки оснащен системой аэрации так, что получается сформировать путь оседающих взвешенных частиц по вращательной траектории, в следствие чего уменьшается длина резервуара. В таких песколовках удастся выделить из сточных вод практически чистый песок мелких фракций с влажностью осадка из песколовки не более 20 % и высокой зольностью не менее 95 %. Содержание песка в осадке из таких песколовки доходит до 92 %.

Главным технологическим фактором, обеспечивающим бесперебойную эксплуатацию ОС, является соблюдение следующих заданных параметров: влажность, зольность, плотность сырого осадка; содержание песка в сыром осадке; распределение скоростей потоков в поле оседания взвешенных частиц. На практике данные показатели определяются на выходе сточных вод из первичного отстойника. Согласно [1], на малых КОС допускается отказ от стадии осветления бытовых сточных вод, тем самым эффективность работы песколовков не контролируется. При недостаточном контроле эффективности очистки воды после комбинированных установок возможно наблюдать неудовлетворительную работу аэротенков. Находящийся во взвешенном состоянии в аэротенках песок может приводить к увеличению зольности, нарушает процессы биохимического окисления. Также недостаточное удаление песка может привести к износу оборудования, например, фильтр-пресса и центрифуг. Установка работает полностью в автоматическом режиме и не требует постоянного присутствия эксплуатационного персонала.

По этим причинам исследование эффективности работы комбинированных установок для механической очистки сточных вод на малых КОС актуально. В его процессе целесообразно экспериментально оценить:

- степень снижения производительности барабанных решеток (по гидравлической нагрузке при их работе на стоках, прошедших предварительную обработку на мацераторах);
- эффективность задержания песка в горизонтальных установках (в зависимости от гидравлической нагрузки на них).

Литература

1. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85 (с Изменением № 1). М.: Минстрой России, 2018. 104 с.
2. Методика оценки технологической эффективности работы городских очистных сооружений канализации/Минжилкомхоз РСФСР, Минводхоз СССР. – М. : Стройиздат, 1987.-16с.
3. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий Лихачев Н. И., Ларин И. И. и др. – М. : Стройиздат, 1981. – 639 с.
4. Оборудование Экотон для реконструкции строительства высокоэффективных песколовков/ Сборник статей ЭКОТОН, от 16.11.2016.

УДК 628.1:004.9

Василина Александровна Сухова,

студент

Светлана Владимировна Никитина,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: nikitinasve@mail.ru,

silichka0601@gmail.ru

Vasilina Aleksandrovna Sukhova,

student

Svetlana Vladimirovna Nikitina,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: nikitinasve@mail.ru,

silichka0601@gmail.ru

ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

INFORMATION MODELING OF WATER SUPPLY SYSTEMS

На сегодняшний момент информационное моделирование в строительстве очень востребовано. Цель настоящего исследования заключается в изучении особенностей проектирования систем внутреннего водоснабжения с использованием OpenBIM. Для этого рассмотрены существующие программы проектирования различных разделов строительства, изучены особенности проектирования систем водоснабжения в программе Revit, выделены достоинства и недостатки. Кроме того, проанализированы концепция OpenBIM и функции файлового формата IFC, возможность обмена файлами без потери информации. На примере существующего проекта системы водоснабжения, созданного в Revit, рассмотрены совместная работа разделов проекта и взаимодействие форматов файлов *.rvt и *.ifc. Выявлены преимущества и недостатки использования концепции OpenBIM.

Ключевые слова: информационное моделирование, OpenBIM, Revit, IFC, водоснабжение.

Nowadays, information modeling in construction is very much in demand. The purpose of the study is studying the design features of internal water supply systems using OpenBIM. For this purpose, existing programs for the design of various sections of construction were considered, since architects and engineers face different tasks, and different software is required to solve them. The features of the design of water supply systems in the Revit program are also studied, the advantages and disadvantages of the program are highlighted. In addition, the concept of openBIM and the functions of the IFC file format, the ability to exchange files without losing information, are considered. Using the example of an existing water supply system project created in Revit, the collaboration of project sections and the interaction of

*.rvt and IFC file formats were considered. As a result, the advantages and disadvantages of using the OpenBIM concept were identified.

Keywords: information modeling, OpenBIM, Revit, IFC, water supply.

1. Введение

Цель исследования – изучить особенности проектирования систем внутреннего водоснабжения с использованием BIM-стандартов. Были поставлены такие задачи как анализ существующих программ для проектирования в строительстве, в частности для проектирования систем водоснабжения, знакомство с концепцией и принципами OpenBIM, анализ особенностей применения формата IFC.

В соответствии с указом Президента «О стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [1] BIM-технологии, позволяющие повысить эффективность строительного бизнеса, относят к ключевым решениям в общей структуре цифровой экономики.

Building Information Model, или BIM, – это новый подход в архитектурно-строительном проектировании, смысл которого сводится к созданию компьютерной модели объекта строительства, содержащей детализированные сведения о нем. Используя технологии информационного моделирования зданий и сложных инженерных сооружений, BIM обеспечивает централизованный контроль работ на каждом этапе жизненного цикла объекта. Суть BIM заключается в построении информационной модели, которая создается с помощью набора BIM-ориентированных продуктов.

2. Взаимодействие программных продуктов

При внедрении BIM-технологий нельзя ориентироваться только на одно решение, так как ни одно ПО не способно решить все имеющиеся проблемы и удовлетворить все требования строительной отрасли. Так, компании чаще используют комплекс программ, предназначенных для конкретных задач, между которыми организована эффективная связь на базе информационных моделей. Чаще всего отдается предпочтение комплексу решений, который складывается из таких массовых «коробочных» продуктов, как Revit, ArchiCAD, Tekla, Allplan, Renga или приложений с открытым исходным кодом. Большинство из них имеют облачное хранилище, а значит, могут

быть развернуты на облачной площадке провайдера. В таком сценарии перед поставщиком услуг зачастую встает задача объединить разрозненное ПО в единое комплексное IT-решение внутри проектной организации, обеспечивая поддержку и дальнейшее развитие.

Таким образом, для максимально полезного использования технологии информационного моделирования необходим комплексный подход, который позволит объединить решения, используемые конструкторами, архитекторами, проектировщиками, инженерами-строителями и другими участниками процесса в единую модель, содержащую всю информацию о возводимом объекте.

Далее рассмотрены подробнее возможности программ Autodesk Revit и Renga для проектирования водоснабжения.

Revit пользуется большей популярностью из-за своей универсальности, тогда как Renga является его российским аналогом. Она имеет и свои отличительные черты, например, в Renga добавлена возможность импортировать любые таблицы расчетов из специализированных программ.

Обе эти программы являются основными для создания инженерных систем. В этих программах для проектировщика существует возможность:

- создавать модель системы водоснабжения;
- задавать характеристики оборудования, приборов, трубопроводов и арматуры;
- производить ориентировочный гидравлический расчет;
- создавать все необходимые спецификации;
- оформлять чертежи;
- согласовывать трассировку и проверять пересечения (при условии совместной работы специалистов других разделов в этой же программе).

3. Концепция OpenBIM

Любой проект включает в себя разные разделы. Архитектурные решения часто выполняются в Archicad, Revit и реже в Renga. Для проектирования металлоконструкций в России используют Revit, Tekla и Allplan. Другие разделы проекта, например КР, ЭО, ОБ,

ВК используют Nanocad, Revit MEP, Magicad [3]. Следует отметить, что при создании системы водоснабжения информационная модель – не единственная задача. Для расчетов системы используются также Audytor SET (модуль H2O), программы от производителей Valtec и Danfoss и др.

В таком контексте необходима взаимосвязь моделей и поддержка открытого стандартизированного формата обмена данными [4], что сводится к использованию концепции OpenBIM.

OpenBIM — это объединение проектов, технология, создающая согласованную модель, для которой не имеет значения, какими инструментами пользовался проектировщик.

Используя данную технологию, менеджеры проекта полностью контролируют все разделы, информация по различным дисциплинам надежно сохраняется, а необходимость настраивать универсальный BIM-файл отсутствует. Открытый стандарт позволяет использовать всю информацию по проекту на разных стадиях.

На наш взгляд преимущество концепции OpenBIM, бесспорно, так как ее суть подразумевает совместимость на уровне рабочих процессов, а не просто совместимость между программными пакетами.

OpenBIM включает в себя несколько стандартов (см. таблицу), из которых только два используются в строительстве – это IFC и BCF. При этом BCF несет в себе не основную информацию, а описывает взаимодействие между BIM приложениями.

Базовые стандарты OpenBIM

Наименование	Стандарт	Назначение
IDM (Information Delivery Manual)	ISO 29481-1:2016 ISO 29481-2:2012	Описание бизнес-процессов
IFC (Industry Foundation Classes)	ISO 16739:2013	Описание передачи информации/данных
BCF (BIM Collaboration Format)	buildingSMART BCF	Описание взаимодействия между BIM-приложениями

Наименование	Стандарт	Назначение
IFD (International Framework for Dictionaries)	ISO 12006–3:2007 buildingSMART Data Dictionary	Описание условий преобразования данных
MVD (Model View Definitions)	buildingSMART MVD	Описание преобразования процессов в технические требования

В настоящее время использование файлового формата IFC (Industry Foundation Classes) является наиболее приемлемым вариантом для реализации OpenBIM в проектировании. IFC – это формат и схема данных с открытой спецификацией. Представляет собой международный стандарт обмена данными в информационном моделировании в области гражданского строительства и эксплуатации [7]. Посредством IFC-формата, программы могут обмениваться данными между собой. Такой подход позволяет меньше зависеть от вендоров и концентрироваться на самой технологии. Следовательно, компании и сами проектировщики могут выбирать наилучшие в своей области BIM-продукты, оптимальным образом решающие поставленные задачи.

Приложения для работы с файлами в IFC формате можно классифицировать следующим образом [2]:

- IFC-валидаторы – средства для проверки файлов данных IFC в соответствии со схемой стандарта;
- IFC-вьюверы – средства, которые читают файл стандарта IFC и отображают геометрию объектов (например, Solibri Model Viewer и IFC Viewer от компании AllPlan);
- IFC-браузеры – средства для просмотра файла IFC с возможностью переходить по ссылкам (например, платформа Trimble).

Функция экспорта модели в формат IFC есть в Revit, Nanocad, Archicad, Tekla, Renga, следовательно, формат универсален и подходит для объединения разных частей проекта.

4. Пример взаимодействия Revit с IFC

Приведем пример использования в одном проекте Revit, Archicad и Tekla Structures. Объектом являлось промышленное здание (рис. 1) и для обмена моделями использовалась платформа Trimble и просмотрщик Solibri Model Viewer.



Рис. 1. Проектируемое промышленное здание

Интерфейс платформы Trimble интуитивно понятен. В левой части можно выбрать, какие модели отображать на экране, а также посмотреть список заданий на проектирование. В правой части располагается непосредственно текст задания, его приоритет и исполнители (рис. 2).

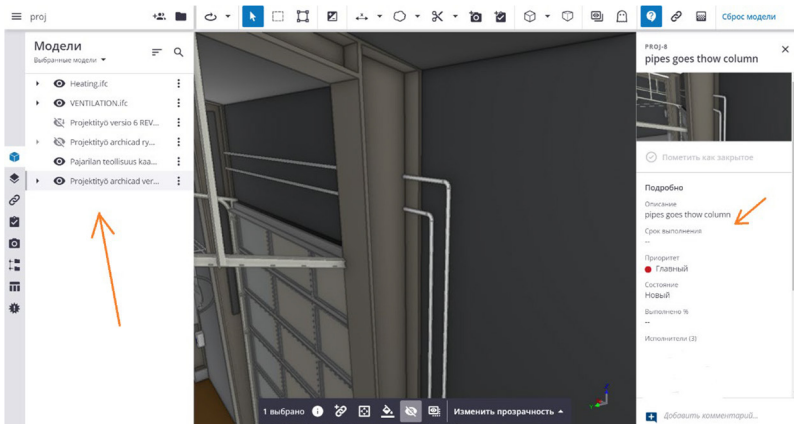


Рис. 2. Интерфейс платформы Trimble

Следующий шаг – обмен моделью с другими разделами и выдача заданий от одного раздела другому. Проверка пересечений при совместном просмотре всех систем очень удобная.

В данном примере при сопоставлении системы водоснабжения с архитектурой, было выявлено пересечение трубы с колоннами (рис. 4), были выданы задания на исправление.



Рис. 3. Подключение сантехнических приборов

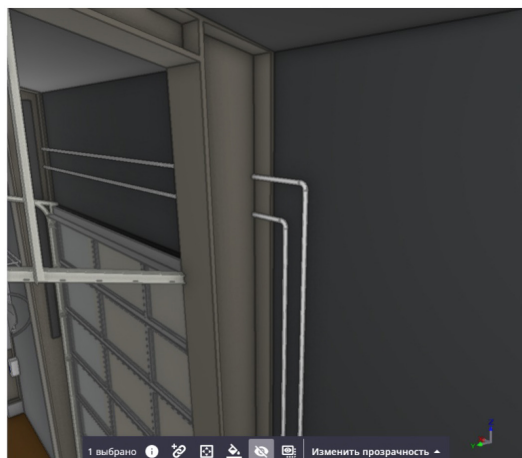


Рис. 4. Пересечение колонны трубой

Еще один пример использования формата IFC – экспорт системы водоснабжения из Revit в IFC с помощью встроенной функции. Далее следует проверить правильность экспорта с помощью IFC-валидатора, в нашем проекте этого сделано не было. Мы ограничились визуальной проверкой наличия элементов в Solibri Model Viewer (рис. 5). Недостатком интерфейса является отсутствие поддержки русского языка, но Solibri Model Viewer имеет множество удобных функций, например скрывание отдельных слоев.

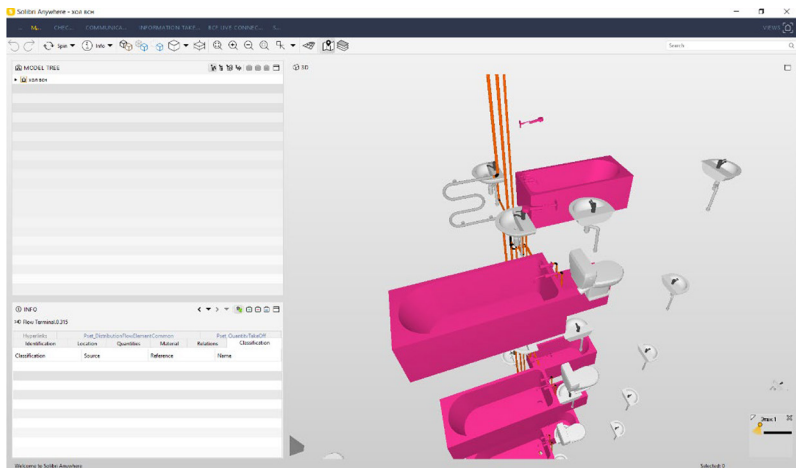


Рис. 5. Интерфейс Solibri Model Viewer

На практике мы обнаружили следующие особенности при взаимодействии с форматом:

- при экспорте из *.rvt в IFC вес файла модели значительно уменьшается, в случае с нашей моделью системы водоснабжения размер файла уменьшился в 30 раз; это может быть преимуществом при обмене;
- свойства элементов сохраняются при экспорте и доступны в других программах, однако если они были заданы на русском языке, используется транслитерация, что затрудняет дальнейшее чтение;
- формат совместим со всеми версиями Revit;
- отсутствие каких-либо комментариев со стороны Revit по процедуре экспорта. Если какие-либо параметры не экспортируются

(опечатка уровня «лишний пробел» или «лишняя табуляция»), то они просто не будут экспортироваться; Revit никак не проинформирует пользователя об этом;

- стандартный компонент экспорта в IFC для Revit практически всегда не работает для пользовательских наборов свойств, он их не экспортирует – нужно устанавливать обновленную версию компонента для экспорта с сайта Autodesk.

- документации по экспорту в IFC практически нет;
- проблемы импорта: файлов сопоставления параметров для импорта в Revit не существует;
- мапирование выполняется посредством текстовых файлов, для большинства пользователей это не слишком удобно;
- при обратном экспорте из IFC, все элементы системы становятся «обобщенной моделью». Оборудование теряет свои свойства, а трубы сохраняют их.

Заключение

На сегодняшний день информационное моделирование в строительстве очень востребовано.

Для проектирования различных разделов строительства требуются разные программы. И ввиду необходимости совместной работы архитекторов и инженеров, используется концепция OpenBIM.

Самый развивающийся формат обмена файлами – IFC. К преимуществам данного стандарта можно отнести универсальность, совместимость с популярными программами для проектирования, оперативный способ обмена информацией. Существует много недостатков, связанных с недостаточным опытом использования, однако в будущем они могут быть устранены.

Таким образом, использование концепции OpenBIM, в частности стандарта IFC очень перспективно для совместной работы разделов проектирования.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы».
2. Open BIM. Стандарты и методики. URL: <https://openbim.ru/openbim/standards.html#ref01> (дата обращения: 21.11.2021).
3. Чаганов А. Б., Куклина М. Г. Программные продукты Нанософт в BIM проектировании. Электронный журнал «Дневник науки». URL: <http://dnevniknauki.ru/> (дата обращения: 16.11.2021).
4. Строительная отрасль нуждается в открытом формате BIM-технологий. САПР-Графика (Вып.№5, 2019). URL:<https://sapr.ru/article/25859> (дата обращения: 13.11.2021).
5. СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели на различных этапах жизненного цикла.
6. ГОСТ Р 57563-2017. Моделирование информационное в строительстве.
7. СП 328.1325800.2017 Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели.
8. ГОСТ Р ИСО 29481 Информационное моделирование в строительстве. Справочник по обмену информацией.

УДК 663.6

Александра Анатольевна Петрова,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: sasha_petrova_98@mail.ru

Alexandra Anatolevna Petrova,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: sasha_petrova_98@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

INVESTIGATION OF THE CONDITIONS OF PLACEMENT OF WATER INTAKE STRUCTURES

Устройство водозаборных сооружений – ключевой фактор в снабжении водой населенного пункта или предприятия. От выбора места установки, строительства и эксплуатации водозабора зависит надежность доставки воды надлежащего качества к конечному потребителю. Система обязана работать в бесперебойном режиме на определенной мощности в течение всех сезонов года. В данной статье рассматриваются типы водозаборных сооружений, условия их размещения в зависимости от рельефа дна и иных факторов, влияющих на качество подаваемой в сеть воды, а также обосновывается необходимость устройства рыбозащитных сооружений около водозабора в водоемах рыбохозяйственного и иного назначения.

Ключевые слова: водозаборные сооружения, рыбозащитные устройства, качество воды, водоемы рыбохозяйственного назначения, защита окружающей среды.

The installation of water intake facilities is a key factor in the supply of a settlement or enterprise with water for various purposes. The reliability of the delivery of water of proper quality to the end user depends on the correct choice of the installation, construction and operation of the water intake. The system is required to operate uninterrupted at a certain capacity during all seasons of the year. This article discusses the types of water intake structures, the conditions of their placement, depending on the bottom relief and other factors affecting the quality of water supplied to the network, and also justifies the need for fish protection structures near the intake in reservoirs of fishery and other purposes.

Keywords: water intake structures, fish protection devices, water quality, fisheries reservoirs, environmental protection.

Ежегодно потребность в заборе воды из рек, озер и водохранилищ только растет, следовательно, количество водозаборных сооружений увеличивается. Так как водозабор – это вторжение

в естественную природную водную среду, очень важно не оказывать вредное воздействие на экосистему водоема.

Ввиду данного факта растет необходимость защитить эти сооружения от попадания в водозабор местной фауны. Следовательно, необходимы конструкции, которые оберегают от попадания мелкой рыбы и прочих обитателей водоема в водозабор [1].

Предотвратить угрозу забора загрязненной воды по течению ниже можно устройством водозаборных сооружений перед населенными пунктами или предприятиями. Водозаборы из поверхностных источников не должны нарушать санитарные правила и требования. При проектировании сооружений следует также учитывать технико-экономическую оценку условий использования вод различных источников.

Основные характеристики условий забора воды [2], на которые можно опираться при устройстве водозаборных сооружений, приведены в таблице.

Условия забора воды из поверхностных источников*

Характеристика условий забора	Условия забора		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
Легкие	Мутность ≤ 500 мг/л, устойчивое ложе водоема и водотока	Отсутствие внутриводного ледообразования. Ледостав умеренной ($\leq 0,8$ м) мощности, устойчивый	Отсутствие в водоисточнике дрейсен, баянуса, мидий и т. п.; водорослей; малое количество загрязнений и сора
Средние	Мутность 1500 мг/л (средняя за паводок). Русло (по берегу) и берега – устойчивые, с сезонными деформациями $\pm 0,3$ м	Наличие внутриводного ледообразования, прекращающегося с установлением ледостава, обычно без шугозаполнения русла и образования шугозажоров	Наличие сора, водорослей, дрейсен, баянуса, мидий и загрязнений в количествах, вызывающих помехи в работе водозабора

Характеристика условий забора	Условия забора		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
Средние	Вдольбереговое перемещение наносов не влияет на устойчивость подводного склона постоянной крутизны	Ледостав устойчивый, мощностью < 1,2 м, формирующийся с полыньями	Лесосплав молевой и плотами. Судходство
Тяжелые	Мутность ≤ 5000 мг/л. Русло подвижное, с переформированием берегов и дна, вызывающим изменение отметок дна до 1–2 м. Наличие переработки берега с вдольбереговым перемещением наносов по склону переменной крутизны	Неоднократно формирующийся ледяной покров с шугоходами и шугозаполнением русла при ледоставе до 60–70 % сечения водостока. В отдельные годы – с образованием шугозажоров в предледоставный период и ледяных заторов весной. Участки нижнего бьефа ГЭС в зоне неустойчивого ледового покрова. Нагон шугольда, торосов на берега; шугозаполнение прибрежной зоны	То же, но в количествах, затрудняющих работу водозабора и сооружений водопровода
Очень тяжелые	Мутность > 5000 мг/л. Русло неустойчивое, систематически и случайно изменяющее форму	Формирование ледяного покрова только при шугозажорах, вызывающих подпор; транзит шуги под ледяным покровом в течение большей части зимы	

Характеристика условий забора	Условия забора		
	Мутность, устойчивость берегов и дна	Шуга и лед	Другие факторы
Очень тяжелые	Интенсивная и значительная переработка берега. Наличие или вероятность оползневых явлений	Возможность наледей и перемерзания русла. Ледоход с заторами и большими навалами льда на берега. Тяжелые шуголедовые условия при наличии приливов	

* Общая характеристика условий определяется по наиболее тяжелому виду затруднений.

Целью данного исследования является выбор тех условий, при котором будет выявлено минимальное воздействие на природную среду водоема с максимально продуктивным использованием поверхностного водозабора. Водозаборные сооружения на реках устраивают с предварительным их укреплением от естественного разрушения. По конструкции их подразделяют на следующие типы: русловые, береговые, специальные (плавучие, ковшовые и др.).

Водозаборные сооружения руслового типа устраивают при относительно пологих берегах, маломощных грунтах и небольшой глубине воды в реке (не более 5–6 м).

Водозаборные сооружения берегового типа устраиваются на крутом берегу, при достаточной глубине и больших колебаниях уровней воды в реке. Чаще всего данный тип водозабора оборудуется рыбозащитными устройствами (РЗУ). РЗУ необходимы, чтобы не допустить попадание и гибель мальков и личинок взрослых рыб в водозаборе. В основной массе это рыбонаправляющие и рыбозащитные сооружения.

Решение при выборе рыбозащитного устройства возможно принять при анализе гидрологических, эксплуатационных и иных факторов, влияющих на технологичность конструкции, надежность

и ремонтпригодность РЗУ. Важно учитывать размерно-видовой состав рыб, климатические характеристики и внешние нагрузки в источнике для обеспечения эффективности РЗУ (в соответствии с нормативными требованиями не менее 70 % для молоди рыб от 12 мм и более) при эксплуатации в течение всего года. Для повышения надежности работы сооружений необходима своевременная очистка от шуги и обрастаний илом.

Существует три группы подобных сооружений:

1) *механические заграждения* (решетки, фильтры из различных материалов, сетчатые заграждения) – препятствия на пути движения подводной фауны; являются максимально эффективными;

2) *гидравлические заграждения* – принцип основан на управлении фауной таким образом, чтобы предотвратить ее попадание в водозабор с помощью гидравлических устройств;

3) *физиологические заграждения* – устройства воздействуют на водных обитателей посредством света, звука, электрических полей или воздушных пузырьков.

Гидравлические и физиологические РЗУ устраивают в тех случаях, когда по определенным соображениям невозможно применение механических рыбозащитных устройств.

В качестве защиты от попадания мальков рыб можно использовать фильтрующие водозаборы. К ним относят гравийный фильтр, гравийно-галечный фильтр, стеклянно-гравийный фильтр. Для устройства фильтров участок канала расширяют, перегораживают двумя стенками, расположенными на расстоянии 1,5 м одна от другой [4].

Фильтрующий водоприемник выполняет задачи защиты от шуголедовых помех, а также улучшает качество забираемой воды.

Таким образом, выбор места размещения водозаборных сооружений достаточно сложный процесс, основывающийся на условиях местности, качестве забираемой воды и анализе рыбохозяйственного комплекса данного источника. При разработке проекта размещения водозабора необходимо опираться на объемы водопотребления населения или предприятия, гидрологический режим источника, типы грунтов наиболее благоприятной для строительства местности, а также на количество выбросов вверх по течению.

Литература

1. *Курганов А. М., Вуглинская Е. Э., Кириллов А. Н.* Речные водозаборные сооружения: учебное пособие для студентов специальности 290800 – водоснабжение и водоотведение // М-во образования и науки РФ, С.-Петербург. гос. архитектур.-строит. ун-т, каф. водоснабжения. – СПб.: СПбГАСУ, 2004. – 61 с.
2. СП 31.13330.2012. Водоснабжение. наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84* (с изменениями № 2, 3, 4, 5). М. : Минстрой России, 2020.
3. СП 101.13330.2012. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопускные и рыбозащитные сооружения. М.: Минстрой России, 2020.
4. *Вдовин Ю. И.* Фильтрующие рыбозащитные сооружения и устройства коммунальных и промышленных водозаборов / Вдовин Ю. И., Анисимов А. В., Симакин В. И., Кордон М. Я., Волков В. Н., Лушкин И. А. / Пензенская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – 197 с.

УДК 696.11

Дмитрий Евгеньевич Поливанов,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: dmitry_polivanov@mail.ru

Dmitrii Evgen'evich Polivanov,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: dmitry_polivanov@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ЗДАНИЙ

THE USE OF BIM TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS OF BUILDINGS

Рассмотрен вопрос применения BIM-модели здания при разработке проекта внутреннего пожаротушения, а именно при проверке правильности расстановки пожарных кранов внутри здания в соответствии с действующими нормативными документами Российской Федерации. Цель исследования состоит в разработке алгоритма, позволяющего безошибочно оценить проект внутреннего пожаротушения в части размещения пожарных кранов на соответствие действующим нормам РФ, значительно снизив при этом трудозатраты и разработчика, и проверяющего.

Ключевые слова: проект внутреннего пожаротушения, внутренний противопожарный водопровод, пожарный кран, BIM-модель здания, пожарная безопасность.

This article considers the issue of the use of a BIM building model (BIM – building information model) in the development of an internal fire extinguishing project, namely, when checking the correctness of the placement of fire cranes inside the building in accordance with the current regulatory documents of the Russian Federation. The purpose of the work is to develop an algorithm that allows you to accurately evaluate the internal fire extinguishing project in terms of the placement of fire cranes for compliance with the current regulatory documents of the Russian Federation, while significantly reducing the labor costs of both the developer and the inspector.

Keywords: internal fire extinguishing project, internal fire water supply, fire crane, BIM model of the building, fire safety.

Обеспечение пожарной безопасности является одной из основных задач при проектировании как объектов капитального строительства, так и линейных объектов. В результате выполнения ряда

мероприятий объект становится безопасным для людей при его последующей эксплуатации. Одним из таких мероприятий является устройство внутреннего противопожарного водопровода.

Внутренний противопожарный водопровод (ВПВ) это совокупность трубопроводов и технических средств, обеспечивающих подачу огнетушащего вещества к пожарным запорным клапанам пожарных кранов и/или пожарным запорным клапанам сухотрубов [3].

В классическом варианте в качестве огнетушащего вещества применяется вода, которая по трубопроводам подается к запорным клапанам пожарных кранов и далее через пожарный рукав к пожарному стволу.

Пожарный кран (ПК) это совокупность технических средств, состоящая из пожарного запорного клапана, установленного на отводе стояка или опуска, пожарного рукава (рукавной катушки) и ручного пожарного ствола.

Одно из условий правильного и полноценного выполнения ВПВ своих функций – правильно выполненное размещение пожарных кранов на объекте строительства.

Размещение пожарных кранов определяется на стадии разработки проектной документации по объекту строительства. Расстояние между пожарными кранами определяется объемно-планировочными решениями из расчета обеспечения возможности орошения каждой точки помещения двумя струями.

В общем случае расстояние между ПК допускается определять по формуле

$$L = \sqrt{\left[\sqrt{R_k^2 - (H - 1,35)^2} + (l_p - 2) \right]^2 - \left(\frac{B}{2} \right)^2},$$

где L – расстояние между пожарными кранами; R_k – радиус компактной части струи; H – высота помещения; 1,35 – максимальная высота расположения пожарного крана от уровня пола, м; l_p – длина пожарного рукава; B – ширина помещения (если пожарные краны расставляются по двум противоположным продольным сторонам, то при расчетах ширину принимают равной $B/2$) [4].

Хотя данная зависимость является не самой простой с точки зрения вычисления, она может быть использована лишь в самом

простом случае – при размещении ПК в большом едином помещении без стен внутри и прочих элементов здания, мешающих проходу и соответственно прокладке пожарного рукава по кратчайшему пути от ПК до очага пожара.

В тех случаях, когда внутри защищаемого здания имеется много препятствий для прокладки пожарного рукава по прямой от ПК до очага пожара (например, стен или оборудования), расстояние между ПК определяют с учетом планировочных решений объекта защиты.

Планировочные решения объекта, как правило, имеют сложную конфигурацию, а простейшие случаи, в которых расстояние между ПК можно было бы определить расчетным способом, встречаются крайне редко.

Учитывая все вышесказанное, становится понятно, что выполнить грамотное размещение ПК и удостовериться в полном соблюдении норм непростая и трудоемкая задача, ошибка при выполнении которой может привести к чрезвычайной ситуации.

На сегодняшний день наиболее часто размещение пожарных кранов выполняется разработчиком проектной документации на архитектурных планах этажей примерно (с построением радиуса действия вокруг ПК без препятствий), а затем проверяется с помощью построения пути прокладки пожарного рукава до наиболее удаленной точки вручную.

При этом большую роль играет человеческий фактор и, несомненно, как разработчик, так и проверяющий могут допустить ошибку.

Для оптимизации процесса проверки правильности расстановки пожарных кранов необходимо, чтобы проверка выполнялась программным комплексом, в котором разрабатывается проект, с учетом актуальных объемно планировочных решений. При этом человеческий фактор должен быть минимизирован. Это позволит объективно оценивать и анализировать проектные решения по размещению пожарных кранов и сократить временные затраты разработчика и проверяющего. Выполнять трудоемкую проверку с помощью построения пути вручную не придется. В качестве данного программного комплекса может быть использован Autodesk Revit [1].

Autodesk Revit – это программное решение на основе технологии BIM, которое позволяет объединить все задачи по архитек-

турному проектированию и строительству в единой среде моделирования, что обеспечивает повышение общей эффективности и рентабельности проектов.

Для интеграции алгоритма просчета пути прокладки пожарного рукава в программный комплекс Autodesk Revit предлагается использовать приложение Dynamo [2]. Dynamo – платформа визуального программирования для проектировщиков с открытым исходным кодом, используемая совместно с продуктами Autodesk. Устанавливается автоматически вместе с Autodesk Revit. С помощью Dynamo можно создавать дополнительные сценарии для определенных конкретных задач и реализовывать алгоритмы с использованием языков программирования.

В качестве исходных данных для реализации алгоритма проверки правильности расстановки пожарных кранов будет выступать предварительно созданная информационная модель здания с установленными пожарными кранами. Пожарные краны будут представлены в виде загружаемого семейства. Чтобы программный комплекс мог правильно выполнить просчет пути в указанные семейства будут добавлены дополнительные данные, которые будут отражать основные гидравлические параметры пожарных кранов (давление у ПК, диаметр выходного отверстия пожарного ствола, высота компактной части струи, диаметр пожарного запорного клапана).

С целью автоматизации процесса проверки будет разработан модуль в платформе Dynamo. Модуль будет представлять собой реализацию алгоритма просчета пути прокладки пожарного рукава. Алгоритм в среде Dynamo является файлом (скриптом), состоящим из совокупности специальных узлов (Nod), связанных друг с другом по определенным правилам и выполняющих одну или несколько операций. Nod – это блок скрипта, представляющий собой некоторую часть программного кода. Алгоритм просчета пути прокладки пожарного рукава будет произведен с помощью языка программирования Python.

Исходя из особенностей выполнения проекта в программе Autodesk Revit можно сделать вывод о том, какие могут быть предъявлены требования к разрабатываемому модулю. Главное требование – универсальность. Модуль должен выполняться вне зависимости от применяемых в модели семейств стен, их материала и т. д.

Необходимо стремиться снизить количество данных, вводимых извне, с клавиатуры, для снижения влияния человеческого фактора на конечный результат. Действия, производимые разрабатываемым модулем в программе Revit с помощью инструмента Дупато, потребуют больших ресурсов компьютера, так как в процессе работы Дупато в реальном времени будет взаимодействовать с большим количеством элементов геометрии модели. Вопрос снижения ресурсозатрат создаваемого модуля будет решаться в процессе его разработки.

Подводя итог, разрабатываемый программный модуль может действовать по следующему алгоритму:

- 1) импорт препятствий для прокладки пожарного рукава;
- 2) создание графа, по которому может строиться путь прокладки пожарного рукава с учетом препятствий;
- 3) просчет пути прокладки пожарного рукава с исключением значений, превышающих нормативные по длине;
- 4) вывод графической информации, наглядно демонстрирующей пользователю (разработчику или проверяющему) зону, в которой обеспечивается пожаротушение.

Автоматизация процесса разработки инженерных решений в соответствии с действующими в Российской Федерации нормами и правилами проектирования постоянно развивается и актуальность данной темы непрерывно растет. Устройство внутреннего противопожарного водопровода (в том числе расстановка пожарных кранов) является неотъемлемой частью мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объектов строительства. Внедрение предлагаемого модуля позволит снизить риск допущения ошибок, повысить качество разрабатываемых проектных решений, а также снизить временные затраты как разработчика, так и проверяющего (эксперта).

Литература

1. Revit. ПО на основе технологии BIM. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.ru/products/revit/overview> (дата обращения: 24.11.2021).
2. Dynamo. Продукты Revit 2019. Autodesk Knowledge Network. URL: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/RUS/Revit-Customize/files/GUID-F45641B0-830B-4FF8-A75C-693846E3513B-htm.html> (дата обращения 24.11.2021).
3. СП 10.13330.2020. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования. М. : Минстрой России, 2020.

УДК 628.315.1

Евгений Евгеньевич Сальников,
студент

Галина Тарасовна Амбросова,
канд. техн. наук, профессор
(Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет
(Сибстрин))

E-mail: galina-ambrosova@yandex.ru,
veranda70@gmail.com

Evgeny Evgenievich Salnikov,
student

Galina Tarasovna Ambrosova,
PhD in Sci. Tech., Professor
(Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering
(Sibstrin))

E-mail: galina-ambrosova@yandex.ru,
veranda70@gmail.com

ОБСЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ ПОСЕЛКА

INSPECTION OF THE VILLAGE SEWERAGE TREATMENT FACILITIES

Рассматриваются вопросы очистки сточной жидкости в пос. Сузун Новосибирской обл. Функционирующие в поселке сегодня очистные сооружения канализации на полную биологическую очистку работают по устаревшей технологии. Они имеют ограниченные возможности в приеме дополнительного количества стоков, высокую степень износа сооружений и оборудования, не обеспечивают требуемую степень очистки стоков перед сбросом в водоем. В 2018 г. было начато строительство нового комплекса очистки стоков, но сейчас оно временно приостановлено. Проект корректировался трижды, и последний вариант нельзя признать идеальным из-за выбранной технологии. В настоящее время решается вопрос об оценке пригодности завезенного на строительную площадку оборудования, находившегося с начала работ под открытым небом, под воздействием прямых солнечных лучей и отрицательных температур. Для решения данной проблемы предлагается возможный вариант завершения строительства и ввода объекта в эксплуатацию.

Ключевые слова: сточная жидкость, стоки выгребных ям, механическая очистка, биологическая очистка, удаление азота и фосфора, обработка осадка, аэробная стабилизация, обезвоживание осадка, фильтр-пресс, коагулянт, флокулянт.

This work is devoted to the issue of wastewater treatment in the village of Suzun, Novosibirsk region. Today in the village there are sewage treatment facilities for complete biological treatment, which work according to outdated technology. The facility has limited capabilities to receive additional wastewater, have a high degree of wear and tear of structures and equipment, and do not provide the required amount. steppe of wastewater treatment before discharge into a reservoir, Construction

of a new wastewater treatment complex was started in 2018, today it is temporarily suspended due to a number of objective and subjective circumstances. The project was corrected three times, the last option cannot be considered ideal due to the chosen technology. Currently, the issue of assessing the suitability of the equipment brought to the construction site, which has been under the influence of direct sunlight and freezing temperatures since the beginning of construction, is being resolved. To solve the existing problem, one of the possible options for completing the construction and putting the facility into operation was proposed.

Keywords: sewage, cesspool drains, mechanical treatment, biological treatment, nitrogen and phosphorus removal, sludge treatment, aerobic stabilization, sludge dewatering, filter press, coagulant, flocculant.

В рабочем поселке Сузун Новосибирской обл. проживает 15 433 чел., средняя норма водопотребления на одного жителя составляет 65 л/сут. В настоящее время в данном поселке вопрос очистки сточной жидкости является актуальным, так как на функционирующих очистных сооружениях канализации загрязнения снижаются только по двум показателям: взвешенные вещества и БПК_{полн}.

В связи с этим в 2018 г. было начато строительство нового комплекса по очистке сточных вод, общей производительностью 1000 м³/сут., 400 м³/сут. из которых будут поступать по канализационными сетями, а остальные 600 м³/сут. предполагается завозить ассенизационными машинами из выгребных ям. Фактически количество привозных стоков (на основании справки администрации пос. Сузун) принято 288 м³/сут., без учета разбавления. С учетом разбавления из сливной станции на очистку планируется подаваться около 600 м³/сут.

Комплекс новых очистных сооружений канализации включает в себя: сливную станцию, главную насосную станцию, находящуюся на территории ОСК, павильон, в котором размещены узлы усреднения, механической и биологической очистки сточной жидкости с ее обеззараживанием, узел обработки и обезвоживания осадка.

Технология очистки сточной жидкости заключается в следующем. Стоки из ГНС подаются в резервуар-усреднитель, из которого постоянно и равномерно откачиваются на ступенчатую решетку. Снимаемые с решетки отбросы обезвоживаются на гидравлическом прессе до влажности 50 %, складываются в контейнере и по мере его накопления вывозится на полигон твердых бытовых отходов (ТБО). Образующийся фильтрат от отжимного устройства

сбрасывается в колодец, из которого он поступает в ГНС и возвращается на повторную очистку.

После решеток стоки поступают в песколовку с тонкослойными модулями, задержанный минеральный осадок удаляется горизонтальным шнековым устройством в контейнер и также вывозится по мере накопления на полигон ТБО. Сточная жидкость, освобожденная от крупных включений и минеральных частиц, подается в резервуар-усреднитель, в котором для поддержания нерастворимых частиц во взвешенном состоянии предусмотрена подача воздуха эжектором.

Из резервуара-усреднителя стоки насосом откачиваются равномерно в первичные отстойники, предусмотренные также с тонкослойными модулями. Перед отстойниками для интенсификации процесса выделения взвешенных частиц вводится коагулянт и флокулянт. Осветленная в первичных отстойниках сточная жидкость подается в аэротенк, который состоит из пяти зон, каждая из которых загружена носителями прикрепленных микроорганизмов разной конфигурации и разной способностью к наращиванию биопленки.

Вторичные отстойники отсутствуют, так как на последней стадии очистки предусмотрено прохождение сточной жидкости через слой носителей прикрепленных микроорганизмов. Функцию вторичного отстойника выполняет пятая зона аэротенка, заполненная свободно плавающими и стационарно установленными носителями прикрепленных микроорганизмов. Далее следует узел обеззараживания стоков и их сброс в водоем.

Для обработки сырого осадка первичных отстойников и избыточного активного ила узла биологической очистки, предусмотрены аэробные стабилизаторы. Обезвоженный стабилизированный осадок, после фильтр-прессов, направляется вместе с отбросами и минеральным осадком из песколовки на полигон (ТБО). Для безаварийной работы комплекса по очистке сточной жидкости все сооружения предусмотрены в две технологические линии.

Суть и принципиальные особенности технологии, заложенные в проекте, для данного объекта заключаются в максимальном изъятии на стадии механической очистки взвешенных частиц и удалении растворимых загрязнений путем использования носителей прикреплен-

ных микроорганизмов с чрезмерно высокой закрепленной биомассой активного ила. По данной технологии предполагается, что узел биологической очистки будет функционировать при рабочей дозе активного ила 35 г/л. Возникает вопрос, получится ли поддерживать столь высокую дозу ила на носителях при чрезмерно высокой интенсивности аэрации? А высокая интенсивность аэрации неизбежна, так как потребуется обеспечить кислородом микроорганизмы, как свободно плавающего активного ила, так и прикрепленной биопленки.

По просьбе администрации пос. Сузун, специалистами НГАСУ (Сибстрина) было выполнено обследование строящегося комплекса по очистке сточной жидкости, в результате было выявлено, что фактические показатели сточной жидкости превышают проектные в 4–26 раз. Объясняется это несанкционированным сбросом в канализационную сеть стоков выгребных ям.

Не менее серьезной проблемой на строящемся объекте является состояние технологического оборудования, которое длительное время находилось в условиях, не соответствующих инструкции, разработанной поставщиком-изготовителем по условиям его хранения. Оборудование в течение почти трех лет находилось под прямыми солнечными лучами, неоднократно замерзло и оттаивало, подвергалось воздействию атмосферных осадков, что не могло отразиться на систему автоматизации. К сожалению, на сегодня провести полноценную проверку работоспособности оборудования данного комплекса невозможно, так как оборудование не смонтировано в рабочие линии и к павильону не подведено электропитание.

Результаты проверки технического состояния очистных сооружений канализации, исследования фактического качества сточной жидкости, выполнение поверочного расчета на фактические значения показателей выявили, что необходимо сделать в ближайшее время:

- увеличить объем резервуара-усреднителя;
- исключить подачу коагулянта и флокулянта перед первичными отстойниками, исключив, таким образом удаление фосфора и легко окисляемого субстрата на стадии механической очистки стоков;
- откорректировать технологию узла биологической очистки стоков, который на сегодня не может обеспечить снижение азота аммонийного до предельно допустимых концентраций (0,4 мг/л);

- предусмотреть узел доочистки стоков на зернистых фильтрах, загрузив их фильтрующим материалом фракцией 0,6–1,2 мм; отсутствие в проектной схеме вторичных отстойников исключает снижение взвешенных веществ до 2 мг/л;

- осуществить удаление фосфора на стадии доочистки стоков путем введения коагулянта; выделить образовавшиеся кристаллы ортофосфорной из промывной воды и направить их на обезвоживание.

- увеличить объем аэробного-стабилизатора в 1,3 раза;
- решить вопрос с регенерацией тонкослойных модулей в первичных отстойниках и песколовках.

Вывод

Для завершения строительства объекта необходимо произвести основательную корректировку проекта с учетом фактических показателей сточной жидкости и провести полноценную проверку работоспособности оборудования.

Литература

1. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод – М. : АСВ, 2002. – 704 с.

2. Гудков А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 127 с.

3. Шифрин С. М., Евстигнеев И. А. Компактные установки для биологической очистки сточных вод небольших населенных пунктов и отдельно расположенных объектов. Л., изд. ЛДНТП, 1971.

4. Колобанов С. К. Проектирование очистных сооружений канализации. – Киев: Будівельник, 1977. – 224 с.

5. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Расчет биофильтров с пластмассовой загрузкой. – Водоснабжение и санитарная техника. 1966, № 12, с. 24–26.

УДК 628.237

Анна Максимовна Телятникова,
аспирант

Святослав Викторович Федоров,
канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: kononova.a.m@lan.spbgasu.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru

Anna Maksimovna Telyatnikova,
postgraduate student

Sviatoslav Viktorovich Fedorov,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: kononova.a.m@lan.spbgasu.ru,
svyatoslavfedorov@mail.ru

ОЦЕНКА САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СООРУЖЕНИЙ НА СЕТЯХ КАНАЛИЗАЦИИ

ASSESSMENT OF SANITARY AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF STRUCTURES ON SEWERAGE NETWORKS

Рассмотрена проблема загрязнения атмосферного воздуха выбросами токсических и удушающих газов от сооружений на сети канализации. Во избежание фиксации негативных последствий необходимо осуществлять мониторинг состояния атмосферного воздуха рядом с канализационными сооружениями. В работе представлены методика проведения подобных экспериментов и перечень необходимого оборудования. Описан натурный эксперимент на базе канализационной насосной станции пос. Бугры Ленинградской обл., на основании которого установлена зона влияния объекта. Определение точных границ зоны позволяет сделать заключение о необходимости установки газоочистного оборудования либо принятия иных организационно-планировочных решений для снижения контакта.

Ключевые слова: канализационный газ, сероводород, санитарно-экологическая обстановка, газоанализатор, зона загрязнения.

The problem of atmospheric air pollution by emissions of toxic and suffocating gases from structures on the sewer network is considered. In order to avoid fixing negative consequences, it is necessary to monitor the state of atmospheric air near sewage facilities. The paper presents a methodology for conducting such experiments and a list of necessary equipment. A full-scale experiment was carried out on the basis of a sewage pumping station located in the village of Bugry, Leningrad region. Based on the experiment, the zone of influence of the object is established. Determining the exact boundaries of the zone of influence allows us to conclude that it is necessary to install gas cleaning equipment or make other organizational and planning decisions to reduce contact.

Keywords: sewer gas, hydrogen sulfide, sanitary and environmental conditions, gas analyzer, pollution zone.

Проблема образования газов в канализационных сетях хорошо известна в современном инженерном сообществе. Основными канализационными газами считаются: сероводород (H_2S), аммиак (NH_3), метан (CH_4), метилмеркаптан (CH_4S), оксид (CO) и диоксид углерода (CO_2) [1]. В таблице представлены основные характеристики канализационных газов, а также нормативные значения допустимых величин данных соединений в окружающей среде [2].

Основными проблемами, которые влечет за собой образование и выделение канализационных газов, считаются:

- биокоррозия (газовая коррозия) конструктивных элементов сетей и сооружений [3, 4];
- физический и материальный урон в результате взрывов [5];
- ароматическое загрязнение воздуха [6];
- санитарно-гигиеническая опасность (рефлекторные и резорбтивные реакции) [1, 7, 8];
- ухудшение экологической обстановки.

В настоящее время, большинство исследований по данной тематике выполнено в ключе решения первой из представленных проблем. Однако, возможность воздействия представленных токсичных и удушающих газов на биоценоз, в том числе человека, подтверждает важность изучения данной проблемы именно в ключе санитарно-экологической безопасности.

Основным местом выхода канализационных газов на поверхность земли являются люки сооружений, имеющие различные отверстия и неплотности. Кроме того, стоит отметить, что не все сооружения имеют одинаковую интенсивность газовой выделений. Согласно статистике [9, 10], наиболее подверженными этому процессу являются: канализационные насосные станции (КНС), камеры гашения напора (КГН) и перепадные колодцы. Изучение распространения в пространстве канализационных газов от такого вида источников и стало задачей данного исследования.

Основные канализационные газы и их характеристики

Свойства и характеристики	Наименование газа					
	Серо-водород	Диоксид углерода	Метан	Аммиак	Оксид углерода	Метил-меркаптан
Химическая формула	H_2S	CO_2	CH_4	NH_3	CO	CH_3S
Плотность, кг/м ³	1,52	1,98	0,72	0,77	1,25	0,96
Цвет	Бесцветный					
Запах	Тухлых яиц	Нет	Нет	Характерный, проникающий, острый	Нет	Гнилой капусты
Взрывоопасность	Нет					
Токсичность	Очень токсичен	Удушающий	Очень токсичен			Токсичен
ПДК _{ср} , мг/м ³	–	–	–	0,04	3	–
ПДК _{мап} , мг/м ³	0,008	–	–	0,2	5	0,006
ПДК _{п.з} , мг/м ³	10	27 000/900	7000	20	20	0,8
ОБУВ, мг/м ³	–	–	50	–	–	–
Класс опасности	2	4	4	4	4	2
ЛПВ	Рефлекторный	–	–	Рефлекторно-резорбтивный	Резорбтивный	Рефлекторный

Для проведения мониторинга состояния атмосферного воздуха вблизи объектов системы канализации необходимо специальное оборудование, включающее в себя: газоанализаторы высокой точности и анемометры для измерения скорости ветра. В рамках данного исследования для измерения концентрации газов был применен прибор Эколаб АР, имеющий датчик на H_2S , CH_4 , NH_3 и CH_4S . Для измерения скорости ветра был использован многофункциональный измерительный прибор Testo 435-4 совместно с зондом-крыльчаткой диаметром 60 мм.

Проведение натурных экспериментов осуществлялось по следующему алгоритму. В первую очередь производилось определение преобладающего направления ветра, что в дальнейшем позволяло определить основные направления для пространственного измерения. Далее выполнялась запись функции источника. В данном случае прибор устанавливался непосредственно на крышку люка. Затем выполнялись измерения концентраций по оси факела выброса (при различных расстояниях от источника L и на различных высотах от поверхности земли H). Последним этапом осуществлялись измерения концентраций по перпендикуляру к оси факела выброса D . Они также могут быть выполнены при различных L и H . Общая концепция проведения эксперимента, а также использованное оборудование представлены на рис. 1.

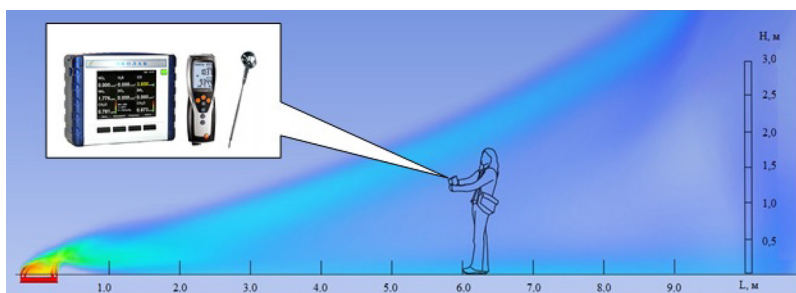


Рис. 1. Методика проведения экспериментов

Одним из выбранных объектов для изучения, в рамках данного исследования, стала КНС, расположенная на территории ЖК «Светлановский» в пос. Бугры Ленинградской области. Данная

станция оборудована тремя насосами SULZER XFP 80E CB1, производительностью по 53,8 м³/ч каждый. Номинальный напор станции – 10 м вод. ст.

Вблизи данного сооружения были обнаружены такие канализационные газы, как H₂S и CH₄. Нужно отметить, что работа станции сопровождается ароматическим загрязнением вследствие выделения сероводорода. При проведении эксперимента были зафиксированы следующие погодные условия: температура воздуха $T_{\text{возд}} = 6\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажность $\varphi = 63\%$, ветер северо-западный с порывами до 6 м/с. Результаты, полученные в рамках измерения концентрации сероводорода в одной точке рядом с КНС представлены на рис. 2. Отметим, что канализационный сероводород в атмосферном воздухе около данного сооружения фиксировался прибором на расстоянии по оси факела выброса до 10 м.

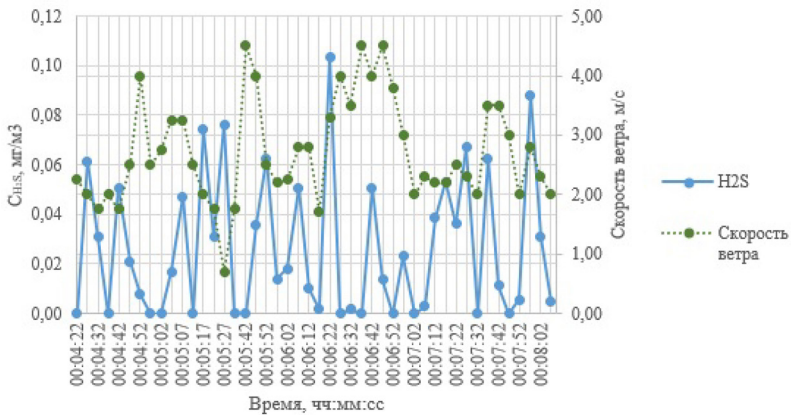


Рис. 2. Изменение концентрации H₂S во времени в одной из точек измерения ($L = 4\text{ м}$; $D = 0\text{ м}$; $H = 1,5\text{ м}$)

Проведение подобных экспериментов в конечном счете позволяет оценить зону загрязнения, создаваемую выходом канализационных газов, вокруг сооружений. Размеры этой зоны необходимо учитывать при планировании застройки прилегающих территорий. К сожалению, в настоящее время, такие объекты нередко оказываются в местах, часто используемых людьми: на парковках,

на перекрестках, в парках и др. В случае невозможности устройства подобных объектов в удалении от основных человеческих потоков, следует делать заключение о необходимости установки газоочистного оборудования.

Литература

1. *Hvitved-Jacobsen T., Vollertsen J., Nielsen A. H.* Sewer processes. Microbial and Chemical Process Engineering of Sewer Networks. Miami: Taylor & Francis Group, LLC, 2013. 399 p.
2. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М., 2021. 496 с.
3. *Kuliczowska E., Parka A.* The structural integrity of corroded concrete sewers // *Engineering Failure Analysis*. 2019. 104. P. 409–421.
4. *Xuan L., O'Moore L., Yarong S., Bond P., Zhiguo Y., Simeon W., Hanzic L., Guangmin J.* The rapid chemically induced corrosion of concrete sewers at high H₂S concentration // *Water Research*. 2019. 162. P. 95–104.
5. Взрыв метана в канализации убил четырех рабочих в Кунцево. URL: <https://sobesednik.ru/proisshestviya/20170622-vzryv-metana-v-kanalizacii-ubil-chetyreh-rabochih-v-kuncevo> (дата обращения: 20.01.2020).
6. *Marleni N., Gray S., Sharma A., Burn S., Muttill N.* Modeling the Effects of Sewer Mining on Odour and Corrosion in Sewer Systems: 20th International Congress on Modelling and Simulation, 1–6 December 2013. Adelaide.
7. *Wang B., Sivret E., Parcsi G., Wang X., Le N., Kenny S., Bustamante H., Stuetz R.* Is H₂S a suitable process indicator for odour abatement performance of sewer odours? // *Water science and technology: a journal of the International Association on Water Pollution Research*. 2014. 69. P. 92–98.
8. *Vollertsen J., Revilla N., Hvitved-Jacobsen T., Nielsen A. H.* Modeling Odors and Hydrogen Sulfide in the Sewers of San Francisco // *Proceedings of the Water Environment Federation*. 2014. 2014. P. 1–11.
9. *Лейбович Л. И., Пацурковский П. А.* Моделирование динамики поступления сероводорода в окружающую среду при работе насосов канализационных насосных станций // *Вестн. ХНАДУ*. 2016. № 72. С. 176–181.
10. *Васильев В. М.* Филевский коллектор – проблемы эксплуатации, причины разрушений // *Подземное пространство мира*. 1995. № 3–4. С. 109.

УДК 628.2

Мария Александровна Трубина,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: *matrubina@mail.ru*

Mariya Alexandrovna Trubina,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: *matrubina@mail.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗНАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ТРУБОПРОВОДЕ

INVESTIGATION OF THE FREE-FLOW MOVEMENT OF LIQUID IN THE PIPELINE

В настоящее время основной является теория о зависимости коэффициента сопротивления трубопровода как от диаметра и шероховатости трубы, так и от числа Рейнольдса. Для расчета безнапорного трубопровода используют формулы Шези и Павловского, согласно которым коэффициент Шези зависит от коэффициента шероховатости и гидравлического радиуса. В основу таблиц для гидравлического расчета канализационных сетей (таблицы А. А. и Н. А. Лукиных; Н. Ф. Федорова и Л. Е. Волкова) положено, что гидравлический радиус является достаточной геометрической характеристикой сечения потока, хотя это не в полной мере подтверждено экспериментально. Такое положение дает возможность рассмотреть альтернативные подходы к закономерностям расчета безнапорного движения жидкости в трубопроводе.

Ключевые слова: безнапорное движение, гидравлический радиус, касательные напряжения, распределение скоростей, моделирование.

To date, the main theory is that the resistance coefficient of the pipeline depends both on the diameter and roughness of the pipe, and on the Reynolds number. To calculate a free-flow pipeline, the Shezi and Pavlovsky formulas are used, according to which the Shezi coefficient depends on the roughness coefficient and the hydraulic radius. The basis of tables for hydraulic calculation of sewer networks (tables of A. A. Lukinykh and N. A. Lukinykh and tables of N. F. Fedorov and L. E. Volkov) it is assumed that the hydraulic radius is a sufficient geometric characteristic of the flow section, although this has not been fully confirmed experimentally. This situation makes it possible to consider alternative approaches to the regularities of calculating the non-pressurized fluid movement in the pipeline.

Keywords: free-flow movement, hydraulic radius, tangential stresses, speed distribution, modeling.

Как правило, результаты исследования для круглых труб распространяют и на безнапорные потоки, заменяя диаметр трубы ги-

гидравлическим диаметром. Но такая безоговорочная замена не всегда верна. При безнапорном движении, помимо относительной шероховатости и чисел Рейнольдса, добавляется целый ряд дополнительных факторов (форма сечения, наличие свободной поверхности и число Фруда), которые также оказывают влияние на гидравлическое сопротивление.

Например, свободную поверхность при половинном заполнении трубы нельзя рассматривать как плоскость симметрии полностью заполненной трубы, исходя из условия, что на обеих плоскостях отсутствуют касательные напряжения. Вопреки распространенному мнению Базен [1] убедительно указывает, что трение между свободной поверхностью воды и воздухом над ней мало влияет на распределение скоростей.

А.М. Курганов в своих исследованиях [2] анализировал переход касательных напряжений от стенки к свободной поверхности в крайних точках 1 и 2 (рис. 1) и сделал вывод о том, что при наполнении трубы меньше половины касательные напряжения уменьшаются от крайних точек до уровня свободной поверхности воды (рис. 1, *a*). При наполнении трубопровода выше половины касательные напряжения постепенно затухают при удалении от стенок трубы к осевой линии. Такой характер касательных напряжений возможен в результате изменения уровня воды относительно отметки воды в середине сечения (рис. 2). При такой свободной поверхности возникают поперечные скорости на ней, что приводит к появлению косых волн. Этот фактор, безусловно, влияет на распределение скоростей и касательных напряжений.

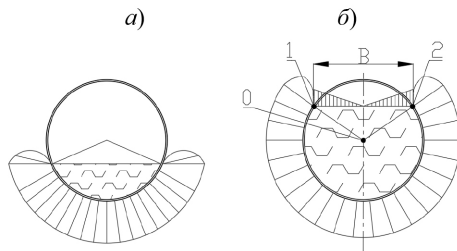


Рис. 1. Схема определения касательных напряжений по периметру безнапорного потока в трубе: *a* – при наполнении трубы ($a < 0,5$); *b* – при $a > 0,5$

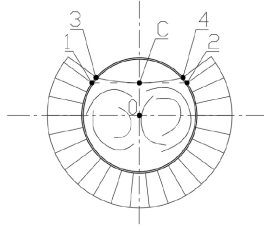


Рис. 2. Предполагаемое очертание свободной поверхности и соответствующая эпюра касательных напряжений

В то же время опыты показывают, что при наполнениях трубы более половины максимальные скорости остаются в центре трубы.

В таком случае сила касательных напряжений на участках периметра 1–С и С–2 пропорциональна относительной площади центрального сектора О1С2 (рис. 2), т. е.:

$$F_{\text{доп}} / F_{\text{ст}} = \omega_{\text{сп}} / \omega_{\text{ст}},$$

где $F_{\text{ст}}$ – сила касательных напряжений вдоль смоченного периметра 1С2 трубы; $\omega_{\text{ст}} = \omega - \omega_{\text{сп}}$ (ω – площадь живого сечения потока; $\omega_{\text{сп}}$ – площадь сектора 1-О-2); $\omega_{\text{ст}}$ – площадь потока, ограниченная смоченным периметром 1–С–2.

Из уравнения равномерного движения получили, что при наполнении больше 0,6 независимость гидравлического радиуса, а, следовательно, и касательных напряжений, от степени наполнения трубы.

М. И. Алексеев предположил [2], что при наполнениях трубопровода больше 0,6 весь поток можно разделить на 2 части: 1 – до половины трубы, 2 – в объеме между двумя стенками и по высоте и горизонтальной осью трубы. В первой части распределение скоростей устанавливается как в полностью заполненном трубопроводе, что подтверждается экспериментально. Согласно исследованиям Л. Тепакса [3], касательные напряжения на стенках второй части распределяются согласно равенству средних скоростей в обеих частях потока.

В своей работе [2] М. И. Алексеев, Ф. В. Кармазинов и А. М. Курганов изложили теоретические материалы, в результате которых получили зависимость средних скоростей и расходов от степени наполнения, отображенную на графике (рис. 3).

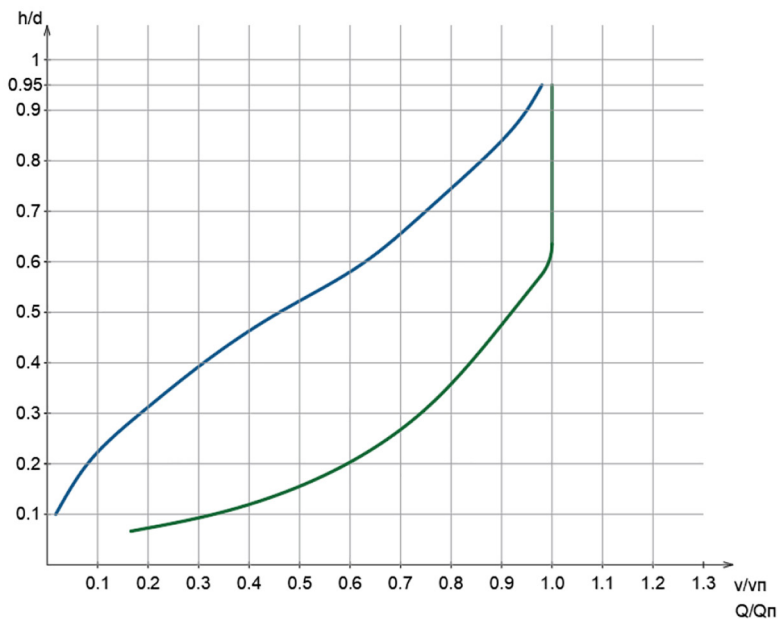


Рис. 3. Зависимость средних скоростей и расходов от степени наполнения

Систематических исследований по распределению касательных напряжений на стенках безнапорных потоков пока нет.

Лабораторные исследования пристеночных скоростей затруднительны ввиду погрешностей при обработке опытных данных, неточного измерения нормальной глубины.

Теория, выдвинутая А. М. Кургановым, не была проверена опытным путем.

Поскольку в настоящее время отсутствует возможность провести натурные исследования с привлечением нужных диаметров трубопровода, принято решение составить математическую модель данного процесса. Для решения данной задачи используется программное обеспечение ANSYS, реализующее численный метод решения физических задач – метод конечных элементов.

На данном этапе исследования была создана модель для трубопровода диаметром 250 мм, длиной 5 м и с уклоном 0,005 при на-

полнении 0,6 и 1. Результаты распределения скоростей представлены на рис. 4.

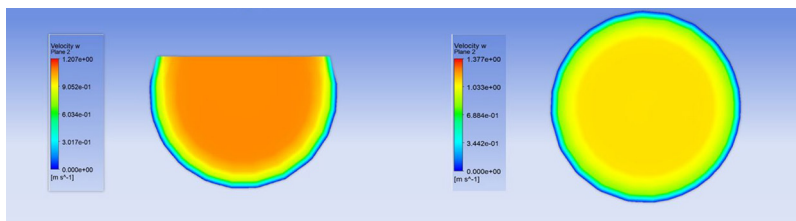


Рис. 4. Результаты распределения скоростей

Таким образом, можно сделать промежуточный вывод о том, что скорость действительно набирает свой максимум при заполнении 0,6 и при больших наполнениях не изменяется. Но для полного анализа необходимо провести ряд моделирований на разных диаметрах и уклонах, чтобы получить более точные результаты.

Литература

1. *Тананаев А. В.* Подобие распределения осредненных скоростей и расчет турбулентных придонных течений//Гр. ЛПИ. 1973. № 33 – С. 64–71; 1976. № 346 – С. 101–107 с.
2. *Алексеев М. И, Кармазинов Ф. В., Курганов А. М.* Гидравлический расчет сетей водоотведения. Санкт-Петербург, 1997.
3. *Курганов А. М., Федоров Н. Ф.* Гидравлические расчеты систем водоснабжения и водоотведения: Справочник – Л. : Стройиздат, 1986 – 440 с.

УДК 628.1+663.6

Ульяна Александровна Тюнина,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: welrkng@gmail.com

Uliana Aleksandrovna Tiunina,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: welrkng@gmail.com

ВОДОПОДГОТОВКА НА ПИВОВАРЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

WATER TREATMENT IN THE BREWING INDUSTRY

Анализируется влияние состава исходной воды, поступающей на производство из городской системы холодного водоснабжения, на химические процессы разных этапов пивоварения и на конечный вкус продукта. Описаны возможные методы подготовки воды для пивоваренного производства (кипячение, мембранные технологии, фильтрация, дезинфекция). Рассмотрено два комплекса водоподготовки: механический фильтр грубой очистки – сорбционный фильтр – УФ-установка; обратный осмос – remineralization. Проанализирована актуальность их применения для различных вариантов производств. Сделаны обобщенные выводы для каждого из вариантов.

Ключевые слова: водоподготовка, пивоваренное производство, вода, мембранные технологии, фильтрация, сорбция, дезинфекция.

The influence of the composition of the source water supplied to the production from the urban cold water supply system on the chemical processes occurring during different stages of brewing, as well as on the final taste of the product, is considered. Methods of water preparation for brewing production (boiling, membrane technologies, filtration, disinfection) are described. Two water treatment complexes (mechanical coarse filter – sorption filter – UV installation and reverse osmosis – remineralization) for brewing production are considered, the relevance of the use of these complexes for production options is analyzed and conclusions are drawn for each of the options.

Keywords: water treatment, brewing, water, membrane technologies, filtration, sorption, disinfection.

Пиво на 90–97 % состоит из воды, поэтому актуальной проблемой становится подача воды требуемого качества, удовлетворяющего ТИ-10-5031536-73-10. Состав воды сильно влияет на вкус напитка – для разных сортов требуется разное содержание отдельных элементов.

Вопросы, касающиеся водоснабжения пивоваренного производства, являются очень актуальными в настоящее время и требуют оптимальных и качественных решений. При корректном выборе схемы водоподготовки для пивоваренного завода можно не только получить качественный пивной продукт на выходе, но и сэкономить бюджет, требуемый на производство, тем самым увеличив прибыль.

Влияние концентрации различных элементов, находящихся в исходной воде, на процесс пивоварения, на вкус и цвет готового пива:

- *водородный показатель* – влияет на все процессы пивоварения;
- *щелочность* – взаимосвязана с водородным показателем и также влияет на все процессы пивоварения;
- *кальций* – основной ион, отвечающий за жесткость воды;
- *магний* – второй ион, отвечающий за жесткость воды;
- *хлориды* – отвечает за вкус и внешний вид готового напитка;
- *сульфаты* – отвечают за стойкость пива и формирование вкуса.

Существует большое разнообразие методов водоподготовки для пивоваренного производства. Можно выделить три основные техники: кипячение, разведение, фильтрация.

При выборе метода водоподготовки необходимо учитывать цель самого производства: какое количество сортов пива будет производиться, а также насколько различны требования к исходной воде для данных сортов.

Методы кипячения и разведения как водоподготовки чаще всего используются в домашнем пивоварении при небольшом объеме получаемого напитка. Для пивоваренных производств с большим объемом выпускаемой продукции данные методы являются экономически невыгодными.

На пивоварнях большой производительности обычно используется метод фильтрации, который реализуется в следующих технологиях:

- *механическая очистка на фильтрах* – предназначена для удаления крупных механических частиц;
- *каталитическое удаление* – эффективно для удаления сероводорода, марганца, железа;

- *сорбция* – позволяет удалить из воды активный хлор, органические и хлорорганические вещества;
- *ионный обмен* – обеспечивает умягчение воды;
- *мембранные технологии* – чаще всего используется обратный осмос или ультрафильтрация, которые позволяют очистить воду от широкого спектра загрязняющих компонентов;
- *дезинфекция* – удаляет из воды микроорганизмы.

Ниже будет рассмотрено два разных комплекса мероприятий.

Первый комплекс: механический фильтр грубой очистки – сорбционный фильтр – УФ-установка.

Очистка воды на механическом фильтре позволяет очистить исходную воду от крупнодисперсных примесей, а также подготовить к последующим этапам.

Очистка воды методом сорбции позволяет удалять из воды соединения хлора, мелкодисперсные взвеси, коллоиды, растворенные газы, а также устранять неприятный запах и вкус, уменьшать мутность воды, т. е. улучшать органолептические свойства.

УФ-установка является завершающим этапом данного цикла водоподготовки и позволяет обеспечить производственной воде бактериальную чистоту.

Второй комплекс: обратный осмос – реминерализация.

Обратный осмос представляет собой процесс очистки, называемый мембранным, во время которого вода пропускается под обратноосмотическим давлением сквозь полупроницаемую мембрану, за счет чего происходит удаление большинства примесей. Обратный осмос обеспечивает удаление частиц размером не более 0,001 мкм. Данный этап очищает воду от микроорганизмов, органических веществ.

После очистки обратным осмосом вода по показателям концентрации элементов близка к дистиллированной воде. По этой причине необходимо предусматривать реминерализацию воды для производства, чтобы был обеспечен ее оптимальный состав перед началом варки пива.

Варианты дозируемых веществ при реминерализации воды:

- CaCl_2 – достижение требуемого уровня содержания кальция и хлоридов;

- Na_2SO_4 , K_2SO_4 – достижение требуемого уровня содержания сульфатов с дополнительным внесением натрия или калия;
- NaHCO_3 , NaOH , KOH – достижение требуемого уровня рН и увеличение щелочности.

Величина дозирования вещества определяется исходя из приготавливаемого сорта пива.

Первый описанный комплекс является подходящим в том случае, если на пивоваренном производстве не планируется изготовление различных сортов пива, либо тех сортов, требования к исходной воде которых сильно отличаются друг от друга.

Второй описанный комплекс подходит для производства, на котором планируется варка различных сортов пива. Однако, следует учесть, что данный комплекс экономически оправдывается в случае, если объем производимого продукта превышает 1000 л/сут.

Литература

1. СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению населения, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий»; М.: Правительство РФ, 2021.
2. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; М.: Правительство Российской Федерации, 2021.
3. ТИ-10-5031536-73-10 «Технологическая инструкция по водоподготовке для производства пива и безалкогольных напитков»; 2010.
4. Руководство по экологическим и социальным вопросам пивоварни, 2009.
5. Вода в пиве: влияние на вкус и водоподготовка [Электронный ресурс] – Текст: электронный – //URL: <https://pivo.by/articles/water-knowledge-part1#:~:text=Идеальные%20концентрации%20лежат%20в%20диапазоне,если%20пиво%20не%20сильно%20охмелено>
6. Что такое обратный осмос? – Текст: электронный – //URL: <https://eco-soft.ua/blog/chto-takoe-obratnyy-osmos/>
7. Технологическая схема линии производства пива – Текст: электронный – //URL: https://www.agro-mash.ru/171210_pivo_tex_sxem.html
8. Промышленная водоподготовка и очистка «Вагнер-Екатеринбург»: сайт. – URL: <https://vagner-ural.ru/> (дата обращения: 15.06.2020). Текст: электронный.
9. *Palmer J., Kaminski K.* Water: A comprehensive Guide for Brewers. Boulder, Colorado, 2013.

УДК 628.381.1

Екатерина Константиновна Чижикова,
аспирант

Галина Тарасовна Амбросова,
канд. техн. наук, профессор
(Новосибирский государственный
архитектурно-строительный университет
(Сибстрин))

E-mail: chizhikova_ek@inbox.ru,
galina-ambrosova@yandex.ru

Ekaterina Konstantinovna Chizhikova,
postgraduate student

Galina Tarasovna Ambrosova,
PhD in Sci. Tech., Professor
(Novosibirsk State University
of Architecture and Civil Engineering
(Sibstrin))

E-mail: chizhikova_ek@inbox.ru,
galina-ambrosova@yandex.ru

ПОЛУЧЕНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ИЗ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

OBTAINING ORGANOMINERAL FERTILIZER FROM SEDIMENT OF WASTE WATER

Одной из актуальных проблем в области очистки сточных вод является утилизация органических осадков, в огромных количествах образующихся на очистных сооружениях канализации. Не обработанный, но обезвоженный органический осадок, длительное время находясь на открытых иловых площадках, загнивает и выделяет в окружающую среду неприятно пахнущие и канцерогенные газы (сероводород, аммиак, индол, меркаптаны). Вместе с тем органические осадки городских сточных вод относятся к высокоэффективным органоминеральным удобрениям, сравнимым с конским или коровьим навозом. Однако, в зависимости от принятой технологии обработки, они могут содержать патогенные микроорганизмы, в том числе яйца гельминтов. Проблема решается путем дегельминтизации осадка овицидными препаратами либо с помощью термических методов обработки – в метантенках (термофильный режим сбраживания), в сушильных аппаратах, печах по сжиганию осадка, а также компостированием.

В настоящей статье рассматривается метод компостирования для дегельминтизации осадка с одновременным получением компоста, который можно использовать в качестве органоминерального удобрения. Приводятся результаты лабораторных исследований с использованием нескольких видов наполнителей (хвоя, сено, опилки). Установлено, что наиболее эффективным наполнителем являются опилки.

Ключевые слова: обработка органического осадка, свойства осадка, обезвоживание осадка, утилизация, компостирование, органоминеральное удобрение.

The actual problem relating to wastewater treatment today is Organics Recycling. The great amount of organic wastes forms in sewage treatment facilities. Untreated,

but dehydrated organic sediment remains on uncovered sludge bed for a long time. Organic sediment emits cancer-causing fumes with unpleasant smell during putrefactive process (hydrogen sulfide, ammonia, indole and mercaptans). However, organic sediments of municipal purification plant are related to high-efficient organic compost similar to horse and cow manure. Sediments of municipal purification plant depending on acceptable processing technology may contain pathogenic microorganisms, including worm eggs. This problem can be solved by using dehelminthization of organic sediment with ovicides, or by means of thermal methods. Thermal methods can be realized in methane-tanks (termophilic mode of digestion), drying units and organic wastes furnaces. Also it can be realized by means of composting.

This article presents a composting method for dehelminthization sludge while producing compost that can be used as an organomineral fertilizer. This article contains research results, executed in laboratory environments by using several types of filling materials (pine needles, hay and sawdust). It was established that the most effective filling material is sawdust.

Keywords: organic sludge treatment, sludge properties, sludge decantation, recycling, composting, organic mineral fertilizer.

Проблема обработки, складирования и утилизации осадков сточных вод (ОСВ) на сегодняшний день является экологической проблемой мирового масштаба. Органические осадки, образующиеся при очистке городских сточных вод, не стабильны, быстро загнивают, выделяют в окружающую среду неприятно пахнущие и канцерогенные газы (сероводород, аммиак, индол и меркаптаны). Хранение таких осадков на открытых иловых площадках создает антисанитарные условия для проживания людей в зонах, прилегающих к очистным сооружениям канализации. Вместе с тем, осадки городских сточных вод обладают высокими агрономическими свойствами, сравнимыми с конским или коровьим навозом. К сожалению, в зависимости от принятого метода обработки, осадок может содержать патогенные микроорганизмы, в том числе и яйца гельминтов. Использовать такой осадок в качестве органоминерального удобрения ни для технических, ни тем более для сельскохозяйственных культур недопустимо. Поэтому перед его использованием он должен подвергаться обеззараживанию овицидным препаратом или воздействием высоких температур.

На сегодня для обеззараживания осадков городских сточных вод от яиц гельминтов применяют овицидный препарат Пуролат-Бингсти. Препарат воздействует только на яйца гельминтов, остальные

патогенные микроорганизмы остаются жизнеспособными. К известным термическим способам обеззараживания осадков городских сточных вод относятся обработка осадка в метантенках, работающих при термофильном режиме сбраживания. Обеззараживание в дегельминтизаторах, где осадок прогревается в течение 30 мин. инфракрасными лампами до температуры 65–75 °С. Обеззараживание может происходить в сушилках различных модификаций, в которых поддерживается температура от 350 до 650 °С, или в печах, предназначенных для сжигания осадка. Анаэробное сбраживание осадка в термофильных условиях, а также сушка или сжигание осадка относятся к дорогостоящим методам, так как требуется большой расход тепловой энергии.

Из известных методов обеззараживания осадков городских сточных вод наиболее простым, доступным, эффективным и легко реализуемым является компостирование осадка. Компостирование – биотехнологический метод переработки смеси осадков сточных вод с органическими наполнителями (опилками, торфом, хвоей, рублеными веточками, бумагой и др.), сопровождающийся биотермическим процессом разложения и гумификацией органических веществ с целью получения товарной продукции – компоста [1]. Компост является высококачественным органоминеральным удобрением, который может использоваться как для выращивания технических, так и сельскохозяйственных культур, если при этом исходный осадок содержал ионы тяжелых металлов в допустимых концентрациях.

Суть метода заключается в смешении органического осадка с наполнителем в определенных соотношениях. Соотношение должно быть оптимальным, чтобы можно было достичь повышения температуры в получаемой смеси до 65–75 °С. Разогрев осуществляется в буртах, желательны оборудованных системой насыщения обрабатываемой смеси кислородом, так как процесс должен протекать в аэробных условиях. Можно заменить подачу воздуха регулярным ворошением обрабатываемой смеси. Главным в процессе компостирования является подбор оптимального соотношения компостируемого осадка и наполнителя. Не маловажным является выбор доступного и эффективного наполнителя.

При сравнительной оценке компостирования с другими методами обеззараживания осадков городских сточных вод следует не забывать и о его недостатках:

1) для компостирования требуются большие площади размещения буртов, поскольку процесс в зависимости от времени года и климатических условий размещения очистных сооружений канализации может занимать от 1,5 до 6 мес.; однако это не является проблемой, так как функционирующие в настоящее время комплексы по очистке сточных вод имеют большие территории, отведенные под иловые площадки;

2) требуются большие объемы наполнителя (опилки, щепа, бумага, рубленые веточки, листва, хвоя, солома), который необходимо завозить с запасом и хранить под навесом; иногда объемы наполнителя могут превышать объемы осадков, образующихся на очистных сооружениях канализации, но это не является проблемой, так как, проведя мониторинг, можно выявить предприятия, которые будут согласны вывозить свои отходы на площадку компостирования осадка;

3) для готовой продукции (компоста) требуются складские помещения, которые позволят производить отгрузку готового компоста в любое время года и необходимого качества (по влажности и составу);

4) для осуществления процесса компостирования потребуются погрузчики, укладчики, ворошители. Это тоже нельзя считать большой проблемой, так как вышеперечисленное оборудование является элементом эксплуатации.

Для очистных сооружений малой производительности с объемом обезвоженного осадка 0,5–10 м³/сут использовать процесс компостирования в естественных условиях под открытым небом крайне неэффективно из-за малых объемов и быстрого охлаждения буртов в зимний период года. Эффективнее всего организовать процесс компостирования в закрытых установках в отапливаемых помещениях. Это позволит обеспечить наименьшие теплотери и наиболее быстрое протекание процесса.

Авторами настоящей работы проведены исследования, по изучению процесса компостирования обезвоженного сырого осадка Новосибирских очистных сооружений канализации при его смешении

с опилками, бумагой, хвоей и сеном в соотношении по сухому веществу обезвоженного осадка О и наполнителя Н, равном 1:1.

Ввиду того, что в емкости (образце) с опилками быстрее всех образовался конденсат, вероятнее всего термический процесс с данным агентом наступил намного раньше, чем в остальных, поэтому было принято решение провести повторный эксперимент и в качестве наполнителей были взяты хвоя, сено и опилки.

Эксперимент проводился в утепленном боксе (рис. 1), находящемся в теплом помещении с плюсовой температурой наружного воздуха 20–22 °С.



Рис. 1. Утепленный бокс

Для приготовления смеси использовался наполнитель влажностью 9,2–26,77 % (в зависимости от вида) и осадок влажностью 74,9 %. Приготовленная смесь, загруженная в горшки, имела температуру 17,1 °С (рис. 2). Перемешивание компостируемой смеси осуществлялось 1 раз в сутки.

Результаты исследований показали, что на вторые сутки температура смеси на глубине 20 см от поверхности увеличилась до 35,3–38,4 °С, на третьи сутки начала постепенно снижаться до 35,2–25,5 °С. По мере протекания процесса компостирования исчезал неприятный запах сероводорода, на вторые сутки запах был схож с запахом мокрого навоза, а на поверхности и стенках бокса образовалась тонкая пленка конденсата. На рис. 3 представлен

график изменения температуры в процессе компостирования с тремя наполнителями (опилки, хвоя, сено).



Рис. 2. Смесь осадка с хвоей, сеном и опилками

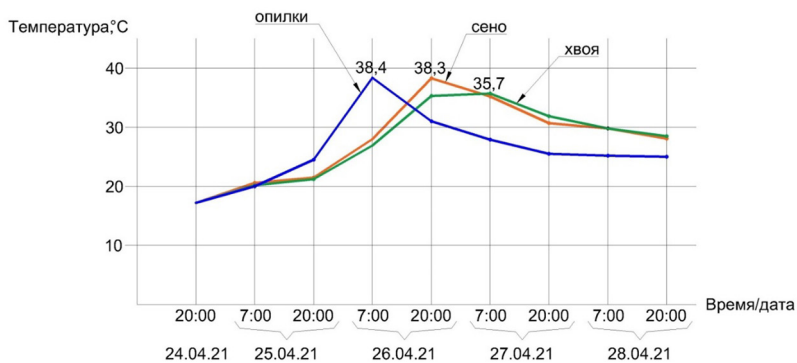


Рис. 3. График изменения температуры компостной массы

Как видно из графика, процесс компостирования осуществлялся при температуре, которая не могла обеспечить необходимую степень обеззараживания, поэтому исследования на обнаружение яиц гельминтов не производилось. Невысокое повышение температуры в образцах объясняется тем, что количество тепла, выделяемого в процессе компостирования, было недостаточно для восполнения потерь тепла в окружающую среду.

Вывод: экспериментальным путем установлено, что разогрев компостируемого осадка до температуры 65–75 °С невозможно осуществить из-за малых объемов без начального искусственного

подогрева приготовленной смеси. Однако, в процессе исследования выявлено, что из использованных наполнителей лучшими оказались опилки и сено. Дальнейшие исследования процесса компостирования осадка городских сточных вод будут проводиться в полупроизводственных условиях с большими объемами.

Литература

1. ГОСТ Р 59748-2021 Технические принципы обработки осадков сточных вод. Общие требования. URL: <https://docs.cntd.ru/document/572733870> (дата обращения: 25.11.21).

2. *Аганичева Е. К., Амбросова Г. Т.* Компостирование осадков городских сточных вод // Экология. Риск. Безопасность. Материалы Всероссийской научно-практической конференции (29–30 октября 2020 г.) / отв. ред. С. К. Белякин. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2020. С.17-20.

3. *Аганичева Е. К., Шербоев Т. Т., Плехун Е. А.* Получение органоминерального удобрения методом компостирования осадков городских сточных вод // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л. П. Кулева и Н. М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета (г. Томск, 17–20 мая 2021 г.). В 2 томах. Том 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. С. 137–138.

УДК 681.5

Лев Андреевич Чичерин,

студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: chicherin.lev@mail.com

Lev Andreevich Chicherin,

student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: chicherin.lev@mail.com

ПРОЕКТИРОВАНИЕ В REVIT. СОЗДАНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

DESIGNING IN REVIT. CREATING ADDITIONAL MODELING TOOLS

Анализируются варианты оптимизации задач проектирования в программном обеспечении Autodesk Revit. Проведено сравнение нескольких подходов и методов оптимизации повторяющихся задач. Сделаны выводы о построении процесса оптимизации в организации. Даны общие рекомендации по решению задач оптимизации, представлены примеры использования различных инструментов. Рассмотрена проблема делегирования задачи программистам.

Ключевые слова: Revit, Autodesk Revit, автоматизация задач проектирования, BIM, Dynamo, расширение функционала Revit.

This article discusses options for optimizing design tasks in Autodesk Revit software. Comparisons of various approaches and methods for optimizing repetitive tasks. Conclusions are made about construction of the optimization process in the organization. General recommendations and examples of the use of various tools for solving optimization problems are given. The problem of delegating tasks to programmers is considered.

Keywords: Revit, Autodesk Revit, automation of design tasks, BIM, Dynamo, Revit functionality extension.

Прогресс идет во всех областях нашей жизни. Прогресс приводит к ускорению и оптимизации различных видов деятельности. В первую очередь, касается сфер жизни человека, которые связаны с работой и финансами. Для экономии ресурсов человек передает свои задачи новым технологиям. Вся строительная сфера идет к снижению затрат на проектирование. Затратами в данном случае являются время проектирования и трудозатраты людей. Автоматизация позволяет сократить сразу оба фактора.

Время проектирования. Ускоряя процесс выполнения повторяющихся операций, утомительных и монотонных задач, человеку остается больше времени на выполнение логических, интеллектуальных и сложных задач, где требуется прямой надзор человека. Программы, роботы и другие технологии, изобретенные человеком, хорошо справляются с монотонными и повторяющимися задачами, подчиняющиеся строгой логике, где человек по невнимательности может совершить ошибки в процессе монотонной работы, а компьютер не может. При таком подходе увеличивается качество работы и сокращается время, затраченное на работу.

Трудозатраты. С прогрессом технологий на замену некоторым специальностям приходят станки и компьютеры, которые замещают человека в некоторых сферах деятельности, что позволяет сократить количество персонала и, следовательно, уменьшить стоимость продукта.

Самыми популярными на территории Российской Федерации для проектирования являются продукты компании Autodesk, среди которых Revit и AutoCAD. Для Revit существует специальное приложение позволяющее расширить возможности и оптимизировать рутинные и повторяющиеся задачи.

На данный момент существует 4 варианта для автоматизации работы в Autodesk Revit:

- Динамо (графическое программирование с открытым исходным кодом);
- Rhino.Inside (Grasshopper бета-версия);
- PythonShell или pyRevit (Python с Revit API);
- C # (C # с Revit API).

На диаграмме показана возможность автоматизации с помощью разных инструментов и время работы скрипта.

Из рис. 1 можно увидеть, что для решения простых задач с невысокой частотой повторяемости в вашей рабочей практике, стоит применять инструменты как Динамо или Rhino. Для более сложных задач или задач с высокой частотой или с большим объемом данных следует использовать инструменты как C# или RevitPythonShell, так как данный подход позволит увеличить скорость работы скрипта и стабильность работы в отличие от таких средств как Динамо или Rhino.

Как выбрать лучший инструмент для оптимизации процессов в Revit?

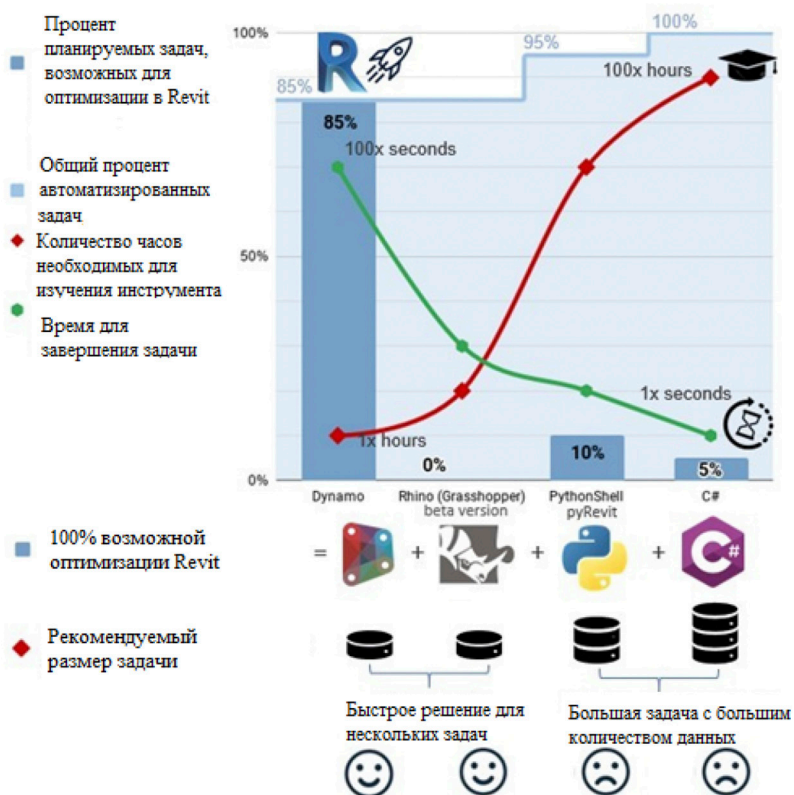


Рис. 1. Зависимость скорости срабатывания скрипта от затраченного на изучение времени

Рассмотрим примеры использования разных методов для оптимизации:

При использовании визуальных узлов в Дунато, время выполнения скрипта будет коротким. Но в случае расширения параметров задачи и увеличения начальных условий: скорость работы вашего скрипта может резко упасть.

При замене Dynamo на Python работа скрипта будет более стабильной. Вы начинаете медленно программировать скрипт, но в данном случае — развитие сценария уже не вызывает проблем ни в скорости, ни в процессе разработки.

Рассмотрим проблему делегирования задачи программистам. Проблема в том, что такие инструменты для оптимизации пишутся по официальному запросу инженера к программисту. Таким образом, сильная внутренняя мотивация инженера переходит в искусственную внешнюю мотивацию для программиста. И получается что-либо в одной ситуации инженеру приходится мириться с невозможностью автоматизации и ускорении задачи, так как для оптимизации какого-либо процесса сначала необходимо направить официальный запрос с подробным описанием принципа работы инструмента, а потом ждать ответа от программиста. А также может быть возможна ситуация, когда делегирование задачи и ее выполнение может занять больше времени чем, ее выполнение вручную без автоматизации. А помочь в автоматизации этого может простой инструмент по автоматизации, который не требует много времени для изучения.

Поэтому для обычного Проектировщика будет удобно использовать Dynamo для автоматизации небольших или несложных задач (рис. 2).

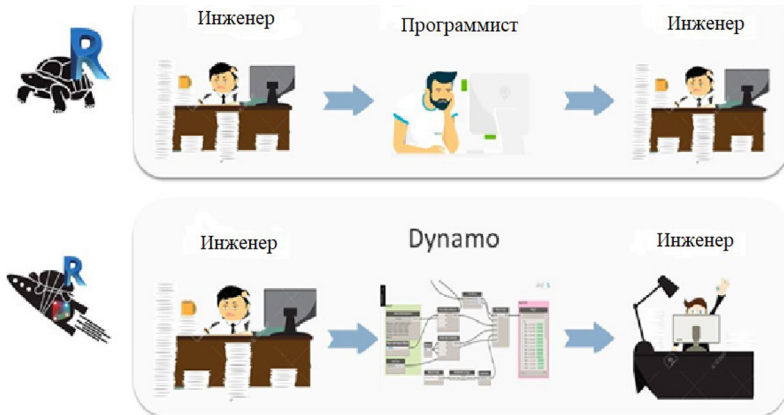


Рис. 2. Пути оптимизации работы в Revit

Дунамо — это инструмент визуального программирования, который работает с Revit. Дунамо расширяет возможности Revit, предоставляя доступ к API Revit (интерфейсу прикладного программирования) более доступным способом. Вместо ввода кода с помощью Дунамо вы создаете программы, манипулируя графическими элементами, называемыми узлами. Скрипты в Дунамо создаются с помощью нодов (узлов, или блоков, которые вы соединяете между собой, чтобы получился алгоритм). Каждый узел представляет собой частицу кода, которые соединяя вместе вы получаете цельный код программы. Этот подход к программированию больше подходит для людей не знакомых с написанием кода, чья основная деятельность заключается в другом, таких как инженеры и строители, и не требует больших затрат на изучение средств программирования и взаимодействия с кодом программы.

Но самое главное при таком подходе, когда инженер может самостоятельно автоматизировать некоторые процессы, это в умении отличить сложную задачу по оптимизации (с большим количеством данных или с частой повторяемостью) или задачу, которая в будущем может потребовать более детальной проработки или расширения обязанностей скрипта, от простой задачи с невысокой частотой возникновения. Чтобы вовремя обратиться к BIM-специалистам (программистам) за созданием рабочего скрипта сразу на языке программирования.

Литература

1. How to Select the Best Automation Tool for your Work in Revit. Designers vs Programmers URL: <https://boikoartem.medium.com/how-to-select-the-best-automation-tool-for-your-work-in-revit-designers-vs-programmers-1155762fe07b> (дата обращения: 20.11.202021).
2. Применение среды визуального программирования Дунамо при разработке проекта здания в autodesk Revit / Смакаев Р. М., Низина Т. А. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sredy-vizualnogo-programmirovaniya-dynamo-pri-razrabotke-proekta-zdaniya-v-autodesk-revit> (дата обращения: 20.11.202021).
3. Divin N.V. Article No 1404. BIM by using Revit API and Dynamo. AlfaBuild 2020.
4. Иэну Кио (Ian Keough), Джон Пирсон (John Pierson).Руководство по Dynamo Primer Dynamo 2.0 Parallax Team. 2019.

УДК 628.1+628.3

Богдан Михайлович Шапошников,
студент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: bogdanbox42@gmail.com

Bogdan Mikhailovich Shaposhnikov,
student
(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: bogdanbox42@gmail.com

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЖДЕВОЙ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

USAGE OF RAINWATER AS A SOURCE OF WATER SUPPLY

Рассмотрен зарубежный опыт использования дождевой воды в качестве источника водоснабжения. Проанализирован качественный состав дождевой воды. Описаны принципиальная схема ее сбора и методы обработки для использования в целях водоснабжения.

Ключевые слова: дождевая вода, водоснабжение, водоподготовка, фильтрование, отстаивание, осветление, флокуляция, обеззараживание.

The influence of foreign experience of using rainwater as a source of water supply, the qualitative composition of rainwater are considered. The basic scheme of collection and methods of treatment of rainwater for use in water supply is described.

Keywords: rainwater, water supply, water treatment, filtration, settling, water clarification, flocculation, disinfection.

На протяжении уже очень долгого времени источником водоснабжения в странах без достаточного количества водных ресурсов служит дождевая вода. Обработанная дождевая вода может использоваться как в целях хозяйственно-бытового, так и в целях питьевого водопотребления.

Недостаточное количество поверхностных или подземных вод – не единственная причина развития систем сбора и использования дождевой воды. Системы сбора дождевой воды (ССДВ) распространены и в странах, запасами водных ресурсов. Использование ССДВ обеспечивает более надежную работу городских водоотводящих сетей и снижает потребность в расширении системы централизованного водоснабжения в населенных пунктах [1].

В Великобритании, несмотря на огромное количество осадков, современные ССДВ начали появляться не так давно. Это связано

с тем, что первые законы, регулирующие сбор и использование дождевых вод, начали приниматься только в 2013 г. [2].

Помимо Англии, программы по развитию ССДВ активно разрабатываются во Франции, Испании, Италии. Так, в Германии 30 % вновь возводимых зданий оборудуются ССДВ. Но из-за жестких требований, предъявляемых к составу питьевой воды, дождевые воды в странах ЕС используются только для хозяйственно-бытовых целей (стирка, ирригация, смыв в унитазах) [3].

По данным на 2002 г., уже 100 тыс. частных домовладений в США имели в своем составе ССДВ. Они представляли собой сборные емкости, вода из которых использовалась также для непитьевых целей [4].

Не исключением стали и страны востока. Благодаря помощи местных властей, в Японии уже с начала 1980-х гг. ССДВ имели широкое распространение. Финансовая поддержка государственных органов дала возможность оснастить ССДВ большую часть общественных зданий. Землетрясение в 2011 г. также повлияло на развитие ССДВ [5].

Наиболее развиты ССДВ в Австралии. По данным на 2015 г., 34 % частных домовладений (примерно 1,7 млн) оснащены емкостями для сбора дождевых вод. Таким образом, 8 % хозяйственно-бытового водоснабжения в Австралии составляет именно дождевая вода из ССДВ [6].

Химический состав дождевой воды прямо зависит от загрязнений, содержащихся в атмосфере. Помимо этого, на состав дождевых вод в ССДВ оказывают влияние материал кровли и пыль, осевшая на ней. В КНР, Южной Корее, Австралии, Мексике, ЮАР, Таиланде, Греции и Турции в составе дождевых вод были найдены следующие вещества, мг/л:

- Fe (до 0,8);
- Pb (до 0,04);
- Cr (до 0,01);
- Al (до 0,3);
- Ba (до 0,01);
- Фосфаты (до 1,2);

- Фториды (до 0,27);
- Хлориды (до 70);
- Сульфаты (до 15,6);
- Нитраты (до 14,1).

Такой состав дождевой воды обусловлен выбросами транспорта и предприятий промышленности. Высокое содержание в дождевой воде тяжелых металлов отмечается после продолжительного засушливого периода.

Органические загрязнения задерживаются в атмосфере куда лучше неорганических соединений, но нет никакой доказательной базы о концентрациях в дождевых водах гербицидов и пестицидов [7].

Оседающая на водосборную поверхность в период засухи пыль также содержит в себе загрязняющие вещества, количество которых прямо пропорционально длительности засушливого периода. Основные загрязнения, содержащиеся в пыли – это фосфор и азот в дождевой воде. Такие загрязнения смываются с поверхности водосбора сразу же после выпадения 1–2 мм осадков [8].

Опасность в ССДВ может представлять и кровля. Загрязняющие вещества имеют свойство выделяться из кровельного материала в результате, физических воздействий и химических реакций с дождевой водой. Гладкие покрытия, такие как ондулин, накапливают загрязняющие вещества намного хуже, чем шероховатые покрытия, такие как рубероид.

Водосточные желоба и трубы для тоже оказывают влияние на состав дождевой воды. Как правило они выделяют в воду цинк и алюминий. Во избежание этого необходимо предусматривать защитное покрытие внутренней поверхности труб и желобов. При выборе материала для ССДВ нужно также брать во внимание местные особенности химического состава дождевой воды [9].

Еще один фактор, влияющий на возможность использования дождевой воды – микробиологические загрязнения. Птичий помет – основной источник патогенов [10].

Самая распространенная конфигурация ССДВ представлена на рисунке.

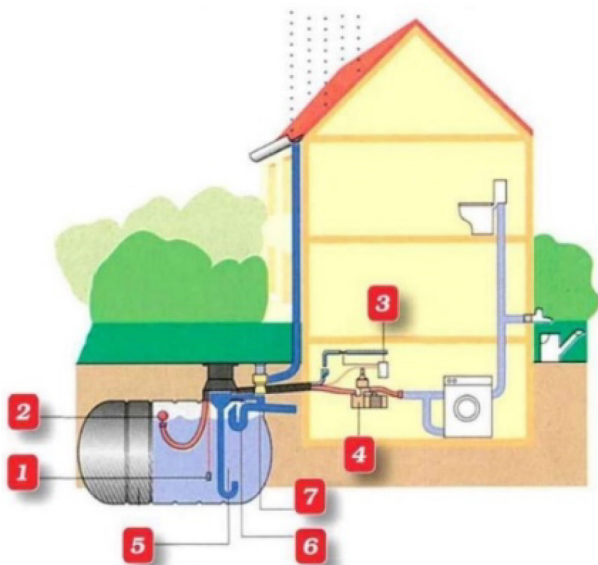


Схема использования системы сбора дождевой воды:

1 – датчик уровня воды; 2 – поплавковое устройство; 3 – фильтр;
4 – поверхностный насос; 5 – резервуар с водой; 6 – сифон; 7 – фильтр

Резервуар 5 – важнейший элемент ССДВ. Он выполняет функции как сбора, так и обработки дождевой воды. ССДВ также включает в себя:

- устройство для отвода первого наиболее загрязненного смыва;
- фильтры и решетки для задержания разного рода загрязнений;
- один или несколько насосов для перекачки воды из резервуара.

В доме на одну семью обычно устанавливают один наземный резервуар объемом несколько кубометров. Воду из такого резервуара расходуют на непитьевые нужды.

Ни для кого не секрет, что инженерные системы в наше время развиваются по пути использования менее энергоемких решений. Не исключением стали и ССДВ, в основе которых лежат сборно-разборные резервуары многоцелевого назначения [11].

Повышение качества воды в приемном резервуаре происходит благодаря повышению рН, осаждению взвеси и тяжелых металлов.

Эти процессы продолжают протекать и во время хранения запасов дождевой воды. Не сложно догадаться, что пребывание воды в резервуаре неспособно обеспечить то качество воды, которое соответствовало бы нормам, установленным в различных странах мира для питьевого и непитьевого водоснабжения, поэтому дождевая вода часто подвергается дополнительной обработке на таких сооружениях, как:

- фильтры;
- решетки;
- система отвода первого смыва с водоприемной поверхности.

После резервуара дождевая вода может проходить через такие процессы, как:

- обеззараживание;
- осветление;
- фильтрование [12].

Необходимо предотвращать попадание первой после начала дождя части воды, ведь именно она является самой грязной. Установка автоматических отводящих перегородок, служащих для удаления первых 0,5–2 мм осадков может значительно снизить концентрацию взвеси и тяжелых металлов в воде, а также устранить неприятный запах, различные органические загрязняющие вещества, пестициды и окрашенность воды. Кроме того, подобная модернизация системы не представляет сложности [13].

Для обработки дождевой воды в резервуаре и после него используются следующие методы обработки воды:

- осветление;
- флокуляция,

а также такие сооружения, как:

- осадочные фильтры;
- песчаные фильтры для медленной фильтрации.

Обеззараживание воды производится также путем добавления хлорной извести, йода, хлора, озона или на УФ-установках.

Кроме того, в приемный резервуар добавляют флокулянты:

- гидроксид кальция;
- квасцы.

Качество дождевой воды сильно повышается за счет использования данных технологий, но не стоит пренебрегать требованиями

к эксплуатации ССДВ, а именно периодической чисткой желобов, решеток, водосточных труб, фильтров, а также кровли и внутренней поверхности резервуара [14].

Литература

1. Кофман В. Я. Дождевая вода в системе городского водоснабжения // Журнал Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 8. С. 57.
2. Melville-Shreeve P., Ward S., Butler D. Rainwater harvesting typologies for UK houses: a multicriteria analysis of system configurations. *Water*. 2016. 8. P. 129.
3. Schuetze T. Rainwater harvesting and management – policy and regulations in Germany. *Water Science and Technology*. 2013. 13 (2). P. 376–385.
4. DeBusk K. M., Hunt W. F., Wright J. D. Characterizing rainwater harvesting performance and demonstrating stormwater management benefits in the humid southeast USA. *Journal of America Water Resources Association*. 2013. 49. P. 1398–1411.
5. Han M. Y., Mun J. S. Operational data of the Star city rainwater harvesting system and its role as a climate change adaptation and a social influence. *Water Science and Technology*. 2011. 63 (12). P. 2796–2801.
6. Burns M. J., Fletcher T. D., Duncan H. P., et al. The performance of rainwater tanks for stormwater retention and water supply at the household scale: an empirical study. *Hydrological Processes*. 2015. 29 (1). P. 152–160.
7. Huston R., Chan Y. C., Gardner T., et al. Characterization of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks. *Water Research*. 2009. 43.
8. Kus B., Kandasamy J., Vigneswaran S., et al. Analysis of first flush to improve the water quality in rainwater tanks. *Water Science and Technology*. 2010. 162. P. 421–428.
9. Lee J. Y., Gippeum B., Han M. Quality of roof-harvested rainwater. Comparison of different roofing materials. *Environmental Pollution*. 2012. 162. P. 422–429.
10. Albrechtsen H. J. Microbiological investigation of rainwater and greywater collected for toilet flushing. *Water Science and Technology*. 2002. 46. P. 311–316.
11. Gee K., Hunt W. Enhancing stormwater management benefits of rainwater harvesting via innovative technologies. *Journal of Environmental Engineering*. 2016. 142 (8). P. 217–225.
12. Sung M., Kan C. C., Wan M. W., et al. Rainwater harvesting in schools in Taiwan: system characteristic and water quality. *Water Science and Technology*. 2010. 61. P. 1767–1778.
13. Helmerich B., Horn H. Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination*. 2009. 248. P. 118–124.
14. Abbasi T., Abbasi S. A. Source of pollution in rooftop rainwater harvesting system and their control. *Critical Reviews Environmental Science and Technology*. 2011. 41. P. 2097–2167.

УДК 628.2

Дарья Алексеевна Шехватова,
студент

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: daria_sheh@mail.ru

Daria Alekseevna Shekhvatova,
student

(Saint Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering)
E-mail: daria_sheh@mail.ru

РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА С ЗАСТРАИВАЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ

REGULATION OF SURFACE FLOW FROM BUILDING AREAS

Рассмотрено влияние увеличения притока поверхностных сточных вод (в связи с обустройством и застройкой новых жилых кварталов) на существующие сети дождевой канализации при дальнейшей транспортировке стоков к очистным сооружениям. Обоснована актуальность данной проблемы. Представлены начальные результаты анализа вопроса регулирования поверхностного стока с застраиваемых территорий. Выполнены предварительные расчеты на основе материалов нормативной и методической литературы. Построены гидрографы для оценки влияния времени протекания дождевых стоков по канализационным коллекторам на объем регулирующего резервуара, необходимого для регулирования поступления дождевых вод на очистные сооружения.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, система дождевой канализации, регулирующий резервуар, регулирование поверхностного стока, очистные сооружения, время протекания дождевых стоков.

This article examines the impact of an increase in the inflow of surface wastewater on existing rainwater drainage networks during their further transportation to treatment facilities, in connection with the arrangement and development of new residential areas. The substantiation of the relevance of this problem is carried out. The initial results of the analysis of the problem of regulating surface runoff from built-up areas are considered. In this work, preliminary calculations are carried out based on the materials given in the regulatory and methodological literature. Also, hydrographs are being built to analyze the influence of the time of the flow of rainwater through the sewers on the volume of the regulating tank required to regulate the flow of rainwater to the treatment plant.

Keywords: surface wastewater, rain sewerage system, regulating reservoir, surface flow regulation, sewage treatment plant, rain runoff time.

Освоение и застройка новых территорий является очень важным процессом, влияющим на качество жизни людей. Наряду

с улучшением качества жизни возникает проблема, связанная с непригодностью существующих сетей канализации к приему сточных вод с новых территорий. По причине того, что существующие сети дождевой канализации и очистные сооружения не рассчитаны на дополнительный приток сточных вод с новых площадей стока, встает вопрос о необходимости регулирования дождевых стоков новой канализационной сети.

Проблематика данной работы связана с увеличением площадей стока, так как при строительстве новых жилых кварталов и обустройстве территорий появляется дополнительный приток поверхностных сточных вод с кровель зданий и асфальтированных дорог. Соответственно появляется необходимость сбора дождевых вод с новых территорий и сброса их в существующие сети дождевой канализации.

В ходе анализа поставленной проблемы было принято решение об устройстве на новой сети дождевой канализации регулирующего резервуара. Это решение обусловлено тем, что застраиваемые территории имеют большие площади сбора поверхностных сточных вод и существующие сети могут не справиться с данными нагрузками.

Существуют разные варианты устройства регулирующего резервуара на сети. В данном случае устройство регулирующего резервуара предусматривается в конце участка нового коллектора перед подключением его к существующей сети канализации, что показано на рис. 1.

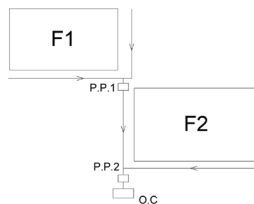


Рис. 1. Схема площадки сбора поверхностного стока:
F1 – площадь водосбора новой территории; F2 – площадь водосбора существующей территории; P.P.1 – рассчитываемый регулирующий резервуар; P.P.2 – существующий регулирующий резервуар;
О. С – существующие очистные сооружения

Решение такого расположения регулирующего резервуара позволит совершать регулирование поступающих стоков и выполнять равномерное поступление их в существующий коллектор. В соответствии с рекомендациями, приведенным в технической литературе [1, 2], было принято решение о применении для дальнейшего расчета схемы, приведенной на рис. 2 [1].

В данной схеме насос позволяет поддерживать нужный расход откачки поступающих в канализационный коллектор поверхностных сточных вод. Дождевые сточные воды в период выпадения дождей с интенсивностью более расчетной будут поступать в регулирующий резервуар и затем равномерно перекачиваться насосными установками с необходимым расходом в существующую сеть.

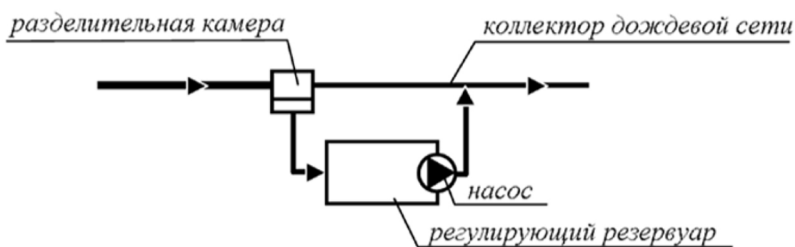


Рис. 2. Принципиальная схема регулирования расхода дождевого стока в сети дождевой канализации

Основной задачей для решения данной проблемы является определение оптимального объема регулирующего резервуара и расчет необходимой производительности насосной станции для равномерной подачи стоков в существующую сеть канализации, во избежание увеличения нагрузки на очистные сооружения.

Для осуществления данной задачи необходимо определить максимальное время протекания дождевых стоков по новому канализационному коллектору, за которое регулирующий резервуар существующей сети успеет опорожниться на необходимый расход. Это требуется для того, чтобы существующая сеть могла пропустить поступающий с застраиваемых территорий расход поверхностных сточных вод без необходимости увеличения ее пропускной способности и увеличения производительности очистных сооружений.

Для определения расчетного расхода с новой площади водосбора применялись зависимости, приведенные в СП [3].

В ходе работы был выполнен расчет и построение ряда гидрографов для существующей и новой сети, приведенных на рис. 3 и 4 соответственно. Для наглядности и дальнейших расчетов производится наложение двух гидрографов, приведенное на рис. 5. Данное смещение гидрографов по отношению друг к другу позволяет увидеть необходимое время протекания дождевых вод по новому коллектору до существующего регулирующего резервуара и расчетный расход, который будет пропускать существующая сеть дождевой канализации. Расчет необходимых показателей производился на основе данных, приведенных в рекомендациях к СНиП [1] и справочном пособии к СНиП [2].

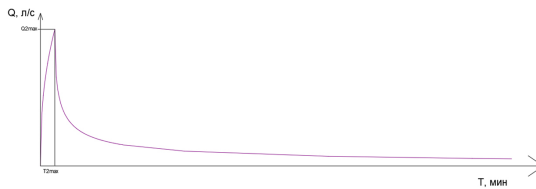


Рис. 3. Гидрограф для существующего участка сети

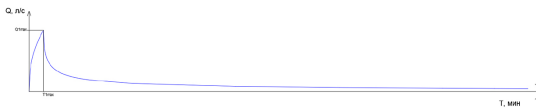


Рис. 4. Гидрограф для рассчитываемого участка сети

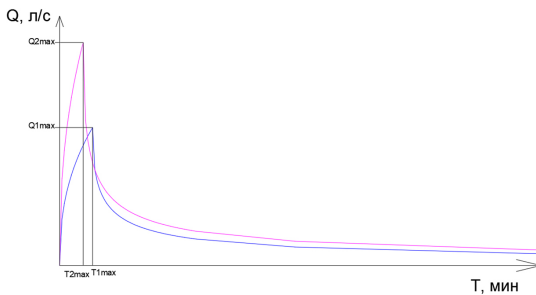


Рис. 5. Наложение гидрографов

На данном этапе работы был выполнен анализ проблемы и поставлены необходимые задачи для решения данной проблемы. Требуется проанализировать проблему и выполнить подбор и расчет оптимального варианта для ее решения.

В настоящее время идет активная застройка новых территорий жилыми кварталами и существующие сети дождевой канализации не справляются с новыми притоками. На сегодняшний день эта проблема остается открытой.

Следовательно, перед учеными и проектировщиками стоит задача предложить актуальные и рациональные пути решения представленной проблемы с учетом существующих наработок в данной области.

Литература

1. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / ВНИИ ВОДГЕО: Дополнение к СП 32.13330.2018. – М. : ОАО «НИИ ВОДГЕО», 2014. 88 с.
2. Проектирование сооружений для очистки сточных вод / ВНИИ ВОДГЕО: Справочное пособие к СНиП 2.04.03–85. – М.: Стройиздат, 1990.
3. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85 (с Изменением N 1). М.: Минстрой России, 2018. 104 с.

УДК 628.23

Юй Шуайсянь,

студент

Святослав Викторович Федоров,

канд. техн. наук, доцент

(Санкт-Петербургский государственный

архитектурно-строительный университет)

E-mail: yshuaixian@gmail.com,

svyatoslavfedorov@mail.ru

Yu Shuaixian,

student

Svyatoslav Viktorovich Fedorov,

PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Saint Petersburg State University

of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: yshuaixian@gmail.com,

svyatoslavfedorov@mail.ru

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ANSYS FLUENT ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПОТОКА И ЭФФЕКТА ОСАЖДЕНИЯ В ПЕРВИЧНОМ ОТСТОЙНИКЕ

USING ANSYS FLUENT SOFTWARE TO STUDY FLOW STRUCTURE AND SEDIMENTATION EFFECT IN THE PRIMARY SEDIMENTATION

Рассмотрено моделирование процесса осаждения взвешенных частиц в первичном отстойнике в программе ANSYS FLUENT. Описаны различные этапы использования программы и механизм ее работы. Размеры отстойника при проектировании определяются исходным качеством воды и временем отстаивания. Путем анализа состояния в потоке частиц размерами 50 и 100 мкм обоснована необходимость повышения эффективности осаждения частиц малого диаметра.

Ключевые слова: первичный отстойник, эффективность осаждения, программа ANSYS FLUENT.

The article deals with the modeling of the settling process in a primary settling tank using ANSYS FLUENT software. In the design of sedimentation tanks, the size of the structure is determined by the initial water quality and the settling time. The analysis of 50 μm and 100 μm particles in the water stream was used to demonstrate the need for more efficient settling of small diameter particles. The paper describes the different steps of using the scheme and how it works.

Keywords: primary clarifier, sedimentation efficiency, ANSYS FLUENT software.

Программный модуль ANSYS FLUENT имеет широкий спектр возможностей моделирования течений жидкостей и газов для промышленных задач с учетом турбулентности, теплообмена,

химических реакций. FLUENT включает такие многофазные модели, как VOF (Volume of Fluid), mixture и модель Эйлера. Модели также допускают учет межчастичного взаимодействия в гранулированных потоках. Для некоторых многофазных явлений может использоваться модель дискретной фазы (DPM). VOF-модели используются для расчета течений со свободной поверхностью [1].

В этой статье для исследования выбрана модель mixture. Для моделирования был спроектирован и рассчитан первичный радиальный отстойник в соответствии с российскими нормативами [2, 3]. Для построения расчетной области было использовано стандартное приложение ANSYS – SpaceClaim. На рис. 1 показана конструкция радиального отстойника.

В первичном отстойнике крупные взвешенные частицы достаточно легко подвергаются осаждению, а малые частицы, попадая в зоны повышенного завихрения могут выноситься за пределы сооружения. Чтобы более наглядно рассмотреть процесс осаждения частиц используется программа ANSYS, которая позволяет оценить структуру потока в разных областях отстойника и смоделировать осаждение частиц с различными размерами.

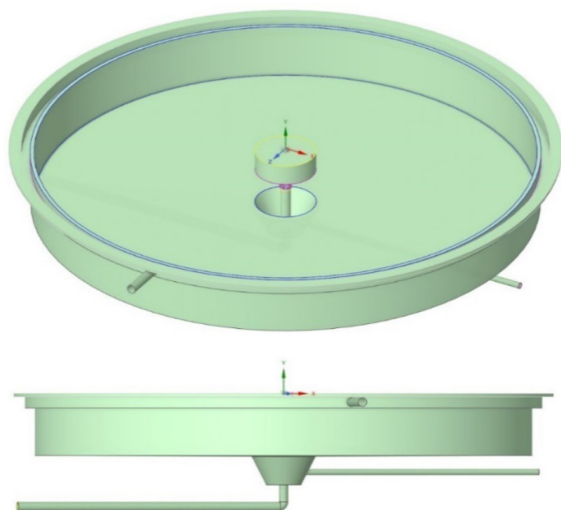


Рис. 1. План вторичного отстойника

Поток жидкости удовлетворяет законам сохранения массы, сохранения импульса и сохранения энергии. В программе решается система уравнений, включающая уравнение неразрывности (1) и уравнения движения (2), учитывающие данные законы. При моделировании движения жидкости в отстойнике можно рассматривать несжимаемый ньютоновский поток. При решении уравнений (1), (2) необходимо получить поле скоростей и давлений в сооружении:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + \frac{\partial u_i u_j}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\nu \frac{\partial u_i}{\partial x_j}) + g_i. \quad (2)$$

Процесс моделирования в ANSYS FLUENT включает в себя 4 этапа.

1. Построение и упрощение модели

Поскольку трехмерная модель очень велика, то она будет превышать вычислительные возможности компьютера. Для упрощения моделирования воспользуемся тем фактом, что поток растекается симметрично от центра к периферии сооружения. Поэтому в работе рассматривается упрощенная модель первичного отстойника, представляющая собой плоское сечение, захватывающее сооружение по глубине от центрального приемка до сборного лотка на периферии. На рис. 2 показаны схема сечения и его размеры.

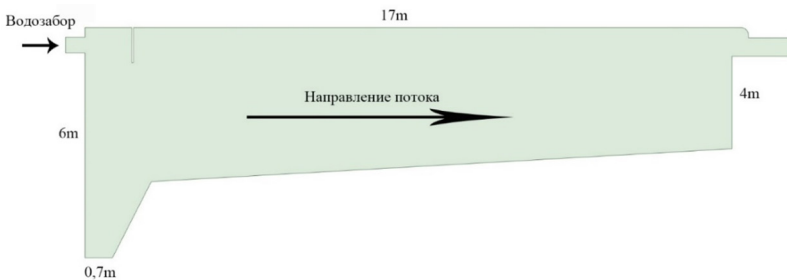


Рис. 2. Упрощенная модель с размерами

2. Использование ANSYS Meching для создания расчетной сетки модели

Для расчетов использовалась сетка с размером ячейки 0,15 м. Количество ячеек составило 4242. Большинство ячеек четырехугольные, небольшая часть расчетной области представлена треугольными ячейками. По основным качественным параметрам сетка соответствует требуемым для расчета значениям [4].

3. Процесс настройки модели FLUENT

Настройка модели отстойника включала в себя следующие основные этапы.

1. Выбор основных настроек

Для моделирования выбрана стационарная задача, когда в сооружении наступает установившееся движение. Определено направление силы тяжести по оси Y , и задано значение ускорения $-9,81 \text{ м/с}^2$. Для моделирования воды с твердыми частицами задана модель mixture. Для учета турбулизации потока задана k - ε -модель. Данная модель наиболее часто используется в моделировании и хорошо согласуется с практическими результатами [5].

2. Выбор настроек жидкой среды

В качестве жидкой среды выбрана вода, а для моделирования частиц – sediments. Плотность sediments составляет 1100 кг/м^3 . Вода выбрана в качестве первичной фазы, а sediments в качестве вторичной фазы.

3. Определение граничных и начальных условий

В качестве граничного условия входа потока выбирается грань подводящей трубы, в которой задается входная скорость (velocity_inlet) $V = 0,08 \text{ м/с}$. Интенсивность турбулентности на данной границе составляет 1 %. В качестве граничного условия выхода потока используется граница отводящей трубы, на которой определяется выходное давление (pressure_outlet), равное атмосферному. Интенсивность турбулентности на выходе также составляет 1 %. Уровень свободной поверхности в сооружении соответствует верхней границе сечения и задается стенкой без напряжения сдвига. На рис. 3 показаны граничные условия модели.

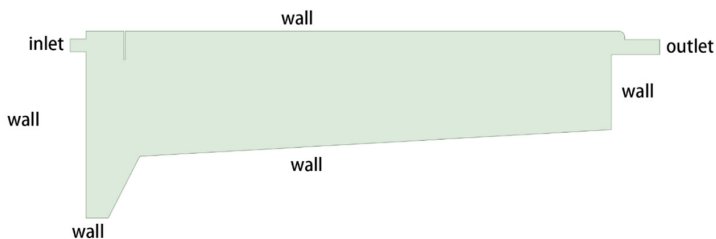


Рис. 3. Граничные условия модели

4. Определение настроек решения

Принят формат двумерного постоянного дискретного решателя, уравнения решаются по неявной схеме; в качестве метода численного решения системы уравнений Навье – Стокса принят SIMPLE алгоритм. Основными параметрами для оценки сходимости задачи выбраны: непрерывность; компоненты скорости; остаточные значения k и ϵ установлены равными 0,00001.

4. Результат моделирования

В качестве результата моделирования получено поле объемной доли для частиц диаметром 50, 100 и более 100 мкм. Результаты показывают, что частицы размер менее 50 мкм и с размером от 50 до 100 мкм останутся взвешенными в поле потока под воздействием турбулентных вихрей, и будут унесены потоком воды (рис. 4);

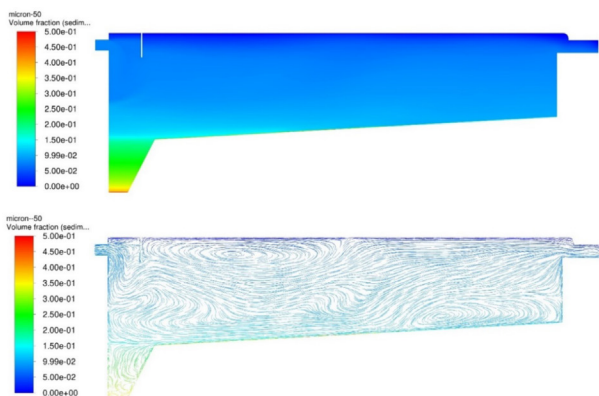


Рис. 4. Объемная доля осаждения и траектория осаждения частиц 50 мкм

частицы размером 100 мкм и выше будут иметь лучший эффект осаждения (рис. 5). На рис. 6 показаны траектории осаждения частиц размером 50 и 100 мкм.

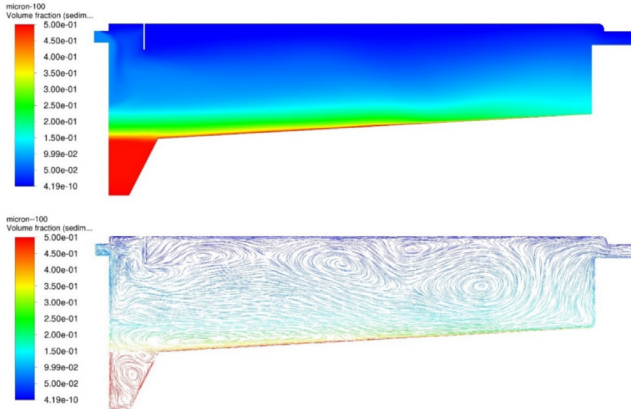


Рис. 5. Объемная доля осаждения и траектория осаждения частиц 100 мкм

Из-за сложного поля скорости потока в первичном отстойнике траектория осаждения твердых частиц является не идеальной, предсказываемой классической теорией, а нерегулярной (рис. 7).

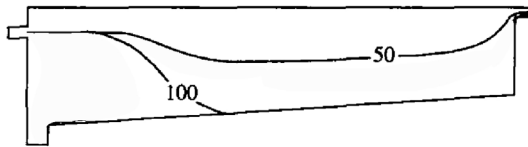


Рис. 6. Траектории осаждения частиц 50 и 100 мкм

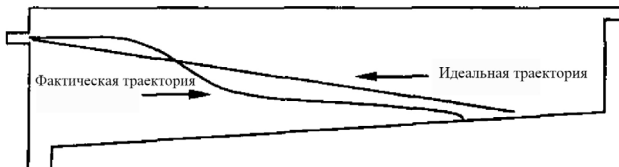


Рис. 7. Идеальная и смоделированная траектории твердых частиц в осветлителе

Моделирование показывает возможности использования ANSYS FLUENT для анализа состояния потока и эффекта осаждения в первичном отстойнике взвешенных веществ.

Моделирование процесса позволит принять конструктивные решения для улучшения эффекта осаждения взвешенных частиц малого размера в первичном отстойнике.

Литература

1. FLUENT и GAMBIT — программы для решения задач механики жидкости и газа, тепло- и массопереноса. URL: https://www.teplota.org.ua/2009-08-25-fluent_gambit_ru.html (дата обращения: 15.10.2021).

2. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85 Проектирование сооружений для очистки сточных вод. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850580.pdf> (дата обращения: 15.10.2021).

3. Римшин В. И. Расчет проектируемых конструкций вторичного отстойника / В. И. Римшин, Е. С. Кецко, П. С. Трунгов // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2020. – № 6(1030). – С. 39–41.

4. Работа с сеткой в Ansys Meching. URL: <http://5fan.ru/wievjob.php?id=51070> (дата обращения: 15.10.2021).

5. Надолин К. А. Учет турбулентности течения в редуцированных моделях естественных русловых потоков / К. А. Надолин, И. В. Жилияев // Современные проблемы механики сплошной среды : Труды XX Международной конференции. В 2-х томах, Ростов-на-Дону, 18–21 июня 2020 года / Отв. редактор А. О. Ватульян. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2020. – С. 163–167.

Содержание

<i>А. А. Андреевко, Т. Р. Шарипов</i> Анализ почасового режима водопотребления в жилом доме	3
<i>Д. А. Беляева</i> Оценка перспектив использования альтернативных методов обеззараживания воды плавательных бассейнов	12
<i>Е. С. Гонтарь</i> Вакуумная система внутреннего водоотвода с кровли	21
<i>К. Г. Дмитриева</i> Определение оптимальных условий получения углеродного адсорбента для очистки воды термохимической деструкцией осадка сточных вод бумажной фабрики	26
<i>Т. Б. Дрисси</i> Стратегия LEED – эффективность использования воды.	33
<i>М. М. Дуйшембекова</i> Применение ВМ-технологий при разработке наружных сетей водоснабжения и водоотведения.	37
<i>Е. С. Карачева</i> Интенсификация процесса смешения воды и реагентов в смесителях вихревого типа	42
<i>С. А. Лопатин, В. И. Кириленко, Ю. В. Коженев</i> Возможность применения ультрафильтрационных мембран в схеме очистки (регенерации) запасов питьевой воды, длительно хранимой в резервуарах.	49
<i>М. А. Лазурина</i> Безобжиговый метод получения адсорбента на основе вермикулита	62
<i>Лю Сюэлян, С. В. Федоров</i> Проблема засорения тонкослойного модуля: возможные пути решения.	68
<i>Лю Хао</i> Моделирование газожидкостного потока в аэротенке.	77

<i>Е. Н. Матюшенко, К. Б. Борисова, С. А. Ребитва</i> Очистка сточных вод коттеджного поселка: проектные и эксплуатационные ошибки	86
<i>М. Ю. Метелева</i> Сравнение потерь напора в стальных и полиэтиленовых трубопроводах жилых зданий	92
<i>Я. В. Милейко</i> Исследование эффективности механической очистки сточных вод комбинированными установками решетка-песколовка	98
<i>В. А. Сухова, С. В. Никитина</i> Информационное моделирование систем водоснабжения	102
<i>А. А. Петрова</i> Исследование условий размещения водозаборных сооружений	112
<i>Д. Е. Поливанов</i> Использование BIM-технологий при разработке систем пожаротушения зданий	118
<i>Е. Е. Сальников, Г. Т. Амбросова</i> Обследование очистных сооружений канализации поселка . . .	124
<i>А. М. Телятникова, С. В. Федоров</i> Оценка санитарно-экологической безопасности сооружений на сетях канализации	129
<i>М. А. Трубина</i> Исследование безнапорного движения жидкости в трубопроводе	135
<i>У. А. Тюнина</i> Водоподготовка на пивоваренном производстве	140
<i>Е. К. Чижикова, Г. Т. Амбросова</i> Получение органоминерального удобрения из осадков сточных вод	144
<i>Л. А. Чичерин</i> Проектирование в REVIT. Создание дополнительных инструментов для моделирования	151

<i>Б. М. Шапошников</i>	
Использование дождевой воды в качестве источника водоснабжения	156
<i>Д. А. Шехватова</i>	
Регулирование поверхностного стока с застраиваемых территорий	162
<i>Юй Шуайсянь, С. В. Федоров</i>	
Использование программного обеспечения ANSYS FLUENT для изучения структуры потока и эффекта осаждения в первичном отстойнике	167

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Сборник материалов межвузовской
научно-практической конференции

1–3 декабря 2021 года

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 28.02.2022. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 10,35. Тираж 300 экз. Заказ 22. «С» 4.

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет.
190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4.

Отпечатано на МФУ. 198095, Санкт-Петербург, ул. Розенштейна, д. 32, лит. А.

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ