



# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Сборник материалов межвузовской  
научно-практической конференции

01–02 декабря 2022 года

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2023

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Сборник материалов межвузовской  
научно-практической конференции

01–02 декабря 2022 года

Санкт-Петербург  
2023

УДК 628

*Рецензенты:*

канд. техн. наук, доцент *К. П. Моргунов*  
(Государственный университет морского  
и речного флота имени адмирала С. О. Макарова);  
канд. техн. наук *А. В. Малков* (ООО «КТ»)

**Современные проблемы водоснабжения и водоотведения :**  
сборник материалов межвузовской научно-практической конфе-  
ренции [01–02 декабря 2022 года] / Санкт-Петербургский госу-  
дарственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-  
Петербург : СПбГАСУ, 2023. – 146 с. – Текст : непосредственный.

ISBN 978-5-9227-1275-0

Представлены статьи студентов, молодых исследователей и ученых, по-  
священные актуальным проблемам сфер проектирования, строительства и экс-  
плуатации систем водоснабжения и водоотведения.

*Печатается по решению Научно-технического совета СПбГАСУ*

**Редакционная коллегия**

*Председатель:*

канд. техн. наук, доцент, завкафедрой водопользования  
и экологии *С. В. Федоров* (СПбГАСУ)

*Члены редколлегии:*

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

канд. техн. наук, доцент, завкафедрой водоснабжения,  
водоотведения и гидравлики *Н. В. Твардовская* (ПГУПС);

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* (СПбГАСУ);

канд. техн. наук, доцент *В. П. Верхотуров* (СПбГАСУ);

канд. техн. наук, доцент *А. В. Подпорин* (СПбГАСУ);

канд. техн. наук, доцент *А. В. Кудрявцев* (СПбГАСУ)

*Ответственный редактор:*

ст. преподаватель *А. Я. Феськова* (СПбГАСУ)

ISBN 978-5-9227-1275-0

© Коллектив авторов, 2023

© Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет, 2023

**УДК 628:628.1:628.3:628.54**

*Леонид Иванович Акимов,*  
канд. техн. наук, доцент  
*Ксения Геннадьевна Дмитриева,*  
аспирант, ассистент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: akimovli@mail.ru,*  
*ksyu.dmitr@gmail.com*

*Leonid Ivanovich Akimov,*  
PhD in Sci. Tech., Associate Professor  
*Kseniya Gennadijevna Dmitrieva,*  
postgraduate student, assistant lecturer  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: akimovli@mail.ru,*  
*ksyu.dmitr@gmail.com*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СВОЙСТВ УГЛЕРОДНОГО АДСОРБЕНТА**

### **INVESTIGATION OF ION EXCHANGE PROPERTIES OF CARBON ADSORBENT**

В области адсорбционных методов очистки природных и сточных вод, актуальной по сей день задачей является поиск и разработка методов получения дешевых адсорбентов из углеродсодержащего сырья. На основе данных ранее проведенных экспериментов по получению углеродного адсорбента из осадка сточных вод бумажной фабрики методом термохимической деструкции, а также данных изучения адсорбционной активности, проведены исследования по изучению способности адсорбента к ионному обмену. Проведены эксперименты по изучению основной характеристики сульфоуглей – динамической обменной емкости. Сделаны выводы по возможности использования углеродного адсорбента в технологиях очистки природных и сточных вод.

*Ключевые слова:* углеродный адсорбент, активированный уголь, очистка воды, ионообменные свойства, динамическая обменная емкость.

In the field of adsorption methods of natural and wastewater treatment, an urgent task to this day is the search and development of methods for obtaining cheap adsorbents from carbon-containing raw materials. Based on the data of previously conducted experiments to obtain a carbon adsorbent from the sewage sludge of a paper mill by thermochemical destruction, as well as data on the study of adsorption activity, studies have been conducted to study the ability of the adsorbent to ion exchange. Experiments have been carried out to study the main characteristic of sulfocarbon – dynamic exchange capacity. Conclusions are drawn on the possibility of using a carbon adsorbent in natural and wastewater treatment technologies

*Keywords:* carbon adsorbent, activated carbon, water purification, ion exchange properties, dynamic exchange capacity.

Известно, что сульфогли относятся к сильнокислым катионитам, широко используются для умягчения воды и удаления катионов металлов из природных и сточных вод. На основании ранее проведенных экспериментов, по получению углеродного адсорбента из осадка производственных сточных вод бумажной фабрики, а также исследования адсорбционной способности полученного адсорбента, проведены опыты по изучению ионообменной способности [1-3]. Данные исследования необходимы для подтверждения условий получения углеродного адсорбента, а также подтверждения гипотезы о том, что получаемый адсорбент обладает ионообменной способностью и может быть аналогом сульфоглей, полученным из экологически чистого сырья.

Предварительно были проведены опыты и проверена способность адсорбента к ионному обмену в статических условиях. Для этого навеска углеродного адсорбента помещалась в стеклянный стакан с раствором хлорида кальция концентрацией 10 ммоль/л. Раствор выдерживали при постоянном перемешивании в течении 30 минут. Во время перемешивания фиксировались данные по изменению визуальных свойств раствора, далее проводилось исследование общей жесткости раствора комплексонометрическим методом.

В данном случае, метод комплексонометрии основан на реакции образования внутрикомплексных соединений с ионами кальция (заместивших, предположительно, иона водорода в структуре адсорбента) с органическим реактивом – комплексоном. В качестве комплексона был взят 0,05 н раствор этилдиаминтетраацетат натрия (ЭДТА) или трилон Б. Для определения момента окончания реакции (точки эквивалентности), в качестве индикатора использовали органический краситель кислотный хром темно-синий. Данный индикатор в растворе с ионами металлов в щелочной среде образует неустойчивое соединение вишнево-красного цвета. В ходе титрования анализируемого раствора раствором трилона Б, индикатор вытесняется из комплекса с металлом и раствор окрашивается в синий цвет, что может свидетельствовать об окончании реакции.

Результаты определения ионообменной способности в статических условиях представлены в таблице.

**Результаты определения ионообменной способности  
в статических условиях в зависимости от условий  
термохимической деструкции осадка  
(массового отношения осадок : серная кислота)**

№	Массовая доля кислоты по отношению к сухому осадку	Ионообменная способность адсорбента, ммоль/л	
		Мелкая фракция	Крупная фракция
1	0,3	1,00	2,79
2	0,5	1,50	1,29
3	0,6	2,67	0,38
4	0,7	3,81	2,46
5	0,9	3,00	2,46
6	1,1	8,83	13,29
7	1,3	18,17	17,79

На основе данных таблицы построен график ионообменной способности получаемого углеродного адсорбента в зависимости от массового соотношения (рис. 1).

Из графика видно, что:

1) углеродный адсорбент, полученный методом термохимической деструкции обладает ионообменными свойствами, соответственно может использоваться как аналог сульфоглей для удаления катионов металлов из природных и сточных вод;

2) наилучшие данные по ионообменной способности достигаются при массовом соотношении осадок: серная кислота – 1:0,7;

3) резкое снижение на отметке массового соотношения осадок: серная кислота равно 1:0,9, свидетельствует об ухудшении ионообменных свойств адсорбента.

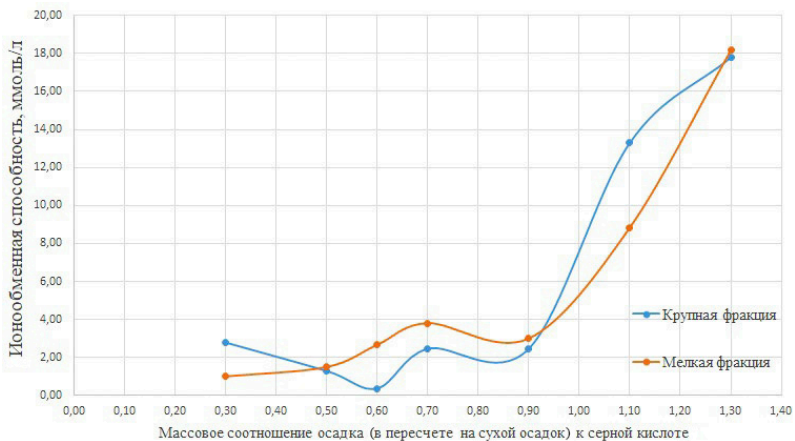


Рис. 1. График ионообменной способности углеродного адсорбента в зависимости от массового отношения осадок : серная кислота

Резкий скачек, отмеченный на рис. 1 зеленой вертикальной чертой, объясняется избытком кислоты при получении углеродного адсорбента с массовым соотношением осадок: серная кислота более 1:1,1. В данном случае происходит не ионообменная реакция на поверхности и внутри адсорбента, а реакция взаимодействия остатка серной кислоты с катионами кальция из раствора с образованием мелких хлопьев в растворе (рис. 2).

Поскольку ранее описанные эксперименты доказывают ионообменную способность углеродного адсорбента – была определена основная характеристика – динамическая обменная емкость. Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 5696-74 «Сульфуголь. Технические условия» и ГОСТ 20255-89 «Иониты. Методы определения динамической обменной емкости» [4, 5]. Схема лабораторной установки представлена на рис. 3.

Сквозь слой полученного углеродного адсорбента объемом 100 (предварительно замоченного и отмытого), пропускается рабочий раствор хлорида кальция концентрацией 3,5 ммоль/л при скорости фильтрации, определенной по таблице ГОСТ 20255-89 для сильных катионитов, равной 32. Фильтрат отбирался порциями по 500 мл

после пропускания 0,5 и 1,0 л, далее по 250 мл. В каждой порции определялось содержание ионов кальция, в соответствии с комплексометрическим методом описанным ранее [5].

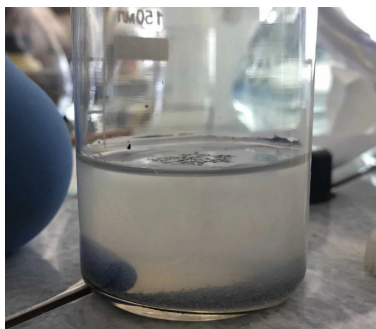


Рис. 2. Образование мелких хлопьев в растворе хлорида кальция при проведении реакции ионного обмена с углеродным адсорбентом, полученным в избытке серной кислоты

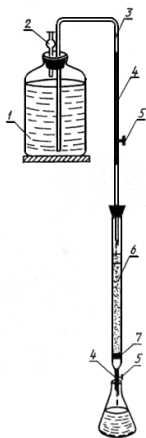


Рис. 3. Схема лабораторной установки: 1 – бутылка; 2 – хлоркальциевая трубка с поглотителем; 3 – стеклянная трубка; 4 – резиновый шланг; 5 – винтовой зажим; 6 – стеклянная колонка; 7 – фильтр



Первым этапом определяли динамическую обменную емкость ( $D$ ) в молях на кубический метр (ммоль/л) до момента появления ионов кальция (рабочего раствора) в фильтрате. Расчет проводился по формуле (1):

$$D = \frac{V_{\phi} \times c \times 1000}{V_{\pi}}$$

Процесс фильтрации рабочего раствора через слой адсорбента проводился до момента уравнивания концентраций кальция в рабочем растворе и в отбираемом фильтрате. Таким образом, была определена полная динамическая емкость ( $D_{\pi}$ ) в молях на кубический метр. Расчет показателя проводился по формуле (2):

$$D_{\pi} = \frac{(V_{\phi} \times c - \sum V_{\pi} \times c)}{V_{\pi}}$$

Результаты показывают, что углеродный адсорбента из осадка производственных сточных вод бумажной фабрики обладает ионообменными свойствами, динамическая обменная емкость составляет 195 ммоль/л, что значительно выше показателей для сульфогля выпускаемого по ТУ 2162-001-00279870-2006 и ТУ 2162-078-05015182-2001 (180 ммоль/л), а полная динамическая емкость равна 243,75 ммоль/л [6,7]. Следовательно, получаемый адсорбент, возможно использовать в технологиях очистки природных и сточных вод.

## Литература

1. *Дмитриева К. Г.* Исследование адсорбционной активности углеродного адсорбента для очистки воды, получаемого термохимической деструкцией осадка сточных вод бумажной фабрики // Вестник гражданских инженеров, 2022. № 4(93). С. 89–95.
2. *Дмитриева К. Г.* Определение оптимальных условий получения углеродного адсорбента для очистки воды термохимической деструкцией осадка сточных вод бумажной фабрики // Современные проблемы водоснабжения и водоотведения: Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции, 2022. С. 26–32.

3. *Дмитриева К.Г.* Получение углеродного адсорбента для очистки воды из углеродсодержащих отходов промышленных предприятий // Актуальные проблемы современного строительства: Материалы LXXIV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 2021. Ч. 2. С. 16–20.

4. ГОСТ 5696-74. Сульфуголь. Технические условия. Введ. 25.10.1974. М. : Изд-во стандартов, 1993. 7с.

5. ГОСТ 20255-2-89. Иониты. Методы определения динамической обменной емкости. Введ. 01.01.91. М. : Изд-во стандартов, 2002. 8с.

6. ТУ 2162-001-00279870-2006. Сульфуголь.

7. ТУ 2162-078-05015182-2001. Сульфуголь.

УДК 628.14

*Алина Игоревна Алиева,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: ms1998alinaalieva@mail.ru*

*Alina Igorevna Alieva,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: ms1998alinaalieva@mail.ru*

## **ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УЧАСТКА РЕКИ ВОЛГИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ САМАРСКОГО ГОРОДСКОГО ВОДОЗАБОРА**

### **HYDRAULIC MODELING OF THE VOLGA RIVER SECTION TO SOLVE THE OPTIMIZATION OF THE SAMARA CITY WATER INTAKE**

Основной целью данной работы является исследование процесса руслоформирования реки Волга на участке городского водозабора и поиск технических решений, обеспечивающих надежную эксплуатацию городского водозабора в долгосрочную перспективу. Поставленная цель может быть достигнута путем физического моделирования русловых процессов на пространственной гидравлической модели участка реки Волга. Это позволит установить причины занесения оголовка водозабора наносами и найти решения, предотвращающие поступление донных наносов по направлению к оголовку водозабора.

*Ключевые слова:* донные наносы, перекат, протока, оголовок водозабора, осередок.

The main purpose of this work is to study the process of riverbed formation of the Volga River at the site of urban water intake and search for technical solutions that ensure reliable operation of urban water intake in the long term. This goal can be achieved by physical modeling of riverbed processes on a spatial hydraulic model of the Volga River section. This will allow to establish the reasons for the introduction of the head of the water intake by sediments and to find solutions that prevent the flow of bottom sediments towards the head of the water intake.

*Keywords:* bottom sediments, rolling, channel, water intake head, seeding.

Рассматриваемый городской водозабор находится в среднем течении реки Волга в пределах Саратовского водохранилища. Согласно физико-географическому районированию левобережье

р. Волги на рассматриваемом участке относится к Сокскому возвышенно-равнинному лесостепному физико-географическому району с грядово-увалистым рельефом.

Водный режим р. Волги в настоящее время зарегулирован каскадом ГЭС. Территория рассматриваемого района представляет собой верхний участок Саратовского водохранилища, образованного плотиной Саратовской ГЭС в г. Балаково.

Следует отметить, что в условиях нижнего бьефа ГЭС нередко в течение суток случаются попуски, вызывающие резкие подъёмы уровня воды, а затем такой же резкий ее спад.

Кратковременные подъёмы уровня воды приводят к изменениям скоростей движения микроформ и их размеров. Вследствие полного перехвата водохранилищем донных наносов нарушается их баланс в нижнем бьефе, так как транспортирующая способность потока превышает расход наносов, поступающих из верхнего бьефа. Как следствие происходящие размывы оказываются некомпенсированными намывами, и процесс вертикальных русловых деформаций оказывается однонаправленным с преобладанием размывов [1].

Русловые процессы на данном участке реки выражаются преимущественно в транспорте донных наносов в грядовой форме. Опасность такого рода русловых процессов заключается в возможном негативном воздействии на расположенные в участке реки оголовки водозаборных сооружений.

Для первичного анализа русловых деформаций и движения русловых форм перед выполнением моделирования участка реки выполняется анализ спутниковых снимков. В результате анализа спутниковых снимков, представленных на рисунке, было установлено, что в настоящее время основной механизм поступления донных наносов на участок расположения оголовка водозабора заключается в косом смещении гребня песчаного переката из протоки 2 в сторону оголовка водозабора. Движение гребня переката будет ускоряться по мере формирования нового руслового острова на вершине современной ленточной гряды (осередка) в устье воложки Серной. В настоящее время влияние этого переката на оперативную работу оголовка водозабора незначительное, но в ближайшие 5–7 лет

гребень переката приблизится к водозабору и будет его заваливать песками поступающими из Серной воложки. Этот процесс смещения гребня переката к оголовку водозабора будет уже в ближайшей перспективе представлять реальную угрозу работе водозабора.



Грядовое движение донных наносов  
в протоке 2 и на поверхности осередка

В ходе анализа спутниковых снимков также было установлено, что пески, угрожающие оголовку водозабора, поступают на участок его расположения не из основного русла реки Волги, а из Серной воложки по протоке 2, огибающей формирующийся новый осередок.

Поскольку основным источником донных наносов, угрожающих оголовку водозабора, является не пески из основного русла реки Волги, а из Серной воложки по протоке 2, огибающей формирующийся новый осередок, косой пережат в протоке 2, смещающийся в сторону оголовка в результате движения и развития ленточной гряды в устье Серной воложки, то проблема защиты оголовка от занесения наносами должна решаться путем останова данного пережата, т.е. путем регулирования механизма развития и формирования ухвостья о. Птичьего и ленточной гряды в устье Серной воложки.

Именно это обстоятельство и определило необходимость проведения экспериментальных исследований на гидравлической модели для детального изучения механизма развития русловых деформаций и подбора геометрических параметров защитных сооружений на пространственной гидравлической модели участка реки Волги.

При лабораторном исследовании гидравлики открытых потоков используются водные, геометрически подобные модели. В этом случае для выражения общего закона, которому подчиняется движение реальной (вязкой) жидкости в натуре и на модели, используется уравнение Навье-Стокса, преобразовывая которое получают следующие критерии подобия при гидравлическом моделировании:

– критерий Фруда:

$$Fr = \frac{V^2}{gL} = idem \quad (1)$$

– критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{VL}{\eta} = idem \quad (2)$$

– критерий Эйлера:

$$Eu = \frac{P}{\rho V^2} = idem \quad (3)$$

В задачах движения реальной жидкости в открытых потоках разность давления между верхней точкой начального сечения и давлением к любой другой точке поверхности воды равно нулю, т. е.  $Eu = 0$  в натуре и на модели. В результате остаются два

критерия подобия  $Fr$  и  $Re$ , одновременное удовлетворение которых при моделировании невозможно необходимые условия подобия оказываются несовместимыми [2].

Единственным критерием подобия при гидравлическом моделировании потоков с открытой поверхностью является число Фруда, которое по своей структуре является соотношением кинетических сил в потоке и потенциальных (сила тяжести). Сохранение равенства этого соотношения на модели и в натуре обеспечивает подобие гидравлических процессов без замены жидкости. При этом требуется уменьшить только диаметр наносов в соответствии с вертикальным масштабом модели. Как известно, при моделировании на неискаженных гидравлических моделях речных русел, для обеспечения гидромеханического подобия, необходимо соблюдение трех видов подобия: геометрического, динамического и кинематического. Соблюдение геометрического и динамического подобия автоматически влечет за собой выполнение кинематического подобия [2].

В общем случае виды и инженерные методы регулирования процессов руслоформирования определяются только на основе знания общих закономерностей и механизма развития осередков на данном участке. Для детального изучения механизма развития русловых деформаций и подбора геометрических параметров защитных сооружений в целях предотвращения поступления донных наносов по направлению к оголовку водозабора требуется проведение экспериментальных исследований на гидравлической модели.

Инструментом для решения поставленных задач и изучения кинематической структуры потока как в естественных, так и в проектных условиях, может служить пространственная физическая модель участка реки Волга [3].

Перечисленные исследования и их результаты, проведенные в лабораториях Государственного гидрологического института на физической модели будут доложены на следующей конференции, позволят определить наиболее оптимальное положение и размеры оголовка водозабора, кроме того эксперименты позволят проанализировать движение речного потока с целью незаносимости дна в пределах оголовка.

## Литература

1. *Чалов Р. С.* Русловедение теория, география, практика // Межвуз. темат. сб. тр. : МГУ, Географический факультет, Антропогенные воздействия, опасные проявления и управление русловыми процессами. Том 3. 2019. С. 47–73.
2. *Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Сниценко Б. Ф.* Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л. : Гидрометеоиздат, 1982. 272 с.
3. *Гришанин К. В.* Теория руслового процесса. М. : Транспорт, 1972. 216 с.



УДК 519.876.5

*Дмитрий Геннадьевич Блинов,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: blinov.dg@mail.ru*

*Dmitry Gennadevich Blinov,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: blinov.dg@mail.ru*

## **ВЫБОР ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГИДРОДИНАМИКИ ЧИСЛЕННЫМИ МЕТОДАМИ**

### **SELECTION OF SOFTWARE FOR SOLVING HYDRODYNAMIC PROBLEMS BY NUMERICAL METHODS**

Работа посвящена исследованию возможностей программного обеспечения для математического моделирования систем водоснабжения и водоотведения. Данные системы представляют собой сложные системы, состоящие из разветвленных трубопроводных сетей, сооружений, установок и оборудования. При этом работа всех элементов должна быть увязана друг с другом. Сравнение было выполнено на основании оценок, даваемых пользователями программ, по открытым источникам.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, водоснабжение и водоотведение, моделирование инженерных систем, программное обеспечение.

The work is devoted to the study of the possibilities of software for mathematical modeling of water supply and sanitation systems. These systems are complex systems consisting of extensive pipeline networks, structures, installations and equipment. At the same time, the work of all elements should be linked to each other. The comparison was made on the basis of estimates given by users of the programs, according to open sources.

*Keywords:* mathematical modeling, water supply and sanitation, modeling of engineering systems, software.

Дисциплины, в которых изучаются системы водоснабжения и водоотведения (водозаборные сооружения, водопроводные и водоотводящие сети, очистка природных и сточных вод, очистка вод

промышленных предприятий) носят прикладной характер и базируются на знании фундаментальных наук: гидравлики, физики, математики, химии, микробиологии, геологии.

Решение гидравлических задач, выраженных в математических терминах (функции, производные, интегралы), нужно уметь привести к конечному числу, которое чаще всего и служит окончательным ответом.

Элементарная математика рассматривает только методы точного решения поставленных задач (уравнения, геометрические построения и т. п.), при этом сложные задачи бывают этими методами не разрешимы или имеют сложное решение [1].

В настоящее время существует библиотека прикладных программ для ЭВМ, дающая возможность использовать готовые программы, разработанные профессиональными математиками-программистами, для применения того или иного численного метода для решения технических задач.

За раздел механики сплошных сред, предназначенных для вычисления характеристик потоковых процессов, а также включающий совокупность физических, математических и численных методов, отвечает вычислительная гидродинамика (CFD от англ. computational fluid dynamics).

В последние годы достижения в использовании программного обеспечения вычислительной гидродинамики (CFD) значительно возросли из-за его большого потенциала для экономии времени в процессе исследований по сравнению с экспериментальным тестированием для сбора данных.

Кроме того, в реальных тестах ограниченное количество величин измеряется одновременно, в то время как в анализе CFD все желаемые величины могут быть измерены сразу и с высоким разрешением в пространстве и времени. Основные принципы вычислительной гидродинамики позволяют при помощи программного обеспечения как бы «моделировать» ситуацию на своеобразном полигоне испытаний внутри программы.

Понятие «моделирование» означает исследование объектов познания с помощью их моделей [2]:

- изучение и построение моделей явлений и предметов, реально существующих, среди которых неживые и живые системы, инженерные конструкции, разнообразные процессы (физические, химические, биологические, социальные);

- построение и изучение моделей конструируемых объектов.

Модель – это физический или информационный аналог объекта, функционирование которого по определенным параметрам подобно функционированию реального объекта [3].

На данный момент различают три вида моделирования.

Предметным называется моделирование, когда исследование проводится на модели, которая воспроизводит основные физические, геометрические, динамические и функциональные характеристики «оригинала».

Если модель и натура имеют одинаковую физическую природу, то это физическое моделирование.

Знаковое моделирование требует применения схем, графиков, чертежей, графов, формул, слов и предложений. К знаковому моделированию принадлежит математическое или логико-математическое моделирование, осуществляющееся средствами языка математики и логики [4].

Конечной целью моего исследования служит построение математической модели импульсной промывки руслового водозабора, проведение данных опытов натурно связано с большим количеством сложностей, а также требует очень много ресурсов. Сейчас существует большое многообразие программных продуктов, предоставляющих широкие расчетные возможности для моделирования гидродинамических процессов. Но несмотря на их разнообразие, важной ступенью исследования является грамотный подход к выбору программного пакета для расчета.

В данной статье будут рассмотрены наиболее популярные программные комплексы, а именно OpenFOAM, Ansys Fluent, Autodesk CFD.

Рассмотрим каждый из них.

Ansys Fluent предназначен для моделирования сложных течений жидкостей и газов с широким диапазоном изменения теплофизических свойств посредством обеспечения различных пара-

метров моделирования и использования многосеточных методов с улучшенной сходимостью. Изобилие физических моделей в пакете Fluent позволяет с хорошей точностью предсказывать ламинарные и турбулентные течения, различные режимы теплопереноса, химические реакции, многофазные потоки и другие явления на основе гибкого генератора сеток и их адаптации к получаемому решению. Он дает оптимальную эффективность и точность решения для широкого диапазона моделируемых скоростных режимов [5].

Главным преимуществом Ansys является удобство редактирования геометрии в сравнении с другими программными обеспечениями. Ansys Fluent решает задачи как внутренних потоков, так и внешних потоков, а также предоставляет множество возможностей для изменения входных параметров.

Недостатками программного обеспечения является требование достаточно больших ресурсов процессора. Хотя моделирование в Ansys является за счет хорошо продуманного интерфейса является интуитивно понятным, создание геометрически сложных тел средствами программы является трудоемким процессом. Тем не менее, Ansys предоставляет возможность импортировать сложные геометрические формы, разработанные в других пакетах моделирования.

OpenFOAM (Open Field Operation and Manipulation) – это прежде всего набор средств языка программирования C++ для настройки и расширения численных решателей для задач механики сплошной среды, включая вычислительную гидродинамику (CFD). Он поставляется с растущим набором написанных решателей, применимых к широкому кругу задач.

Основные исследуемые объекты в OpenFOAM: расчетная область, математические преобразования в тензорной и линейной алгебре, решатели, вычисления (дискретизация, дифференцирование, интегрирование, интерполяция). Классы позволяют вводить пользовательские типы: векторы, поля, матрицы, сетки, модели турбулентности и т. д.

Виртуальные функции используются, например, для задания различных граничных условий. Таким образом, есть возможность представления уравнений механики сплошной среды (МСС)

с помощью естественного языка программирования. В пакете можно строить свои решатели для задач МСС [6].

В качестве недостатка OpenFOAM, можно отметить отсутствие графического пользовательского интерфейса во время выполнения вычислений. Это очень затрудняет мониторинг желаемых параметров и геометрических входных данных задачи во время выполнения. Необходимы также базовые знания языка программирования C++ и логических операций, что может затруднить процессы моделирования и освоения программы.

Программное обеспечение Autodesk CFD предоставляет инструменты теплового моделирования и вычислительной гидродинамики, помогающие оптимизировать конструкции, прогнозировать характеристики продукта, и проверять поведение продукта перед его производством.

Система ориентирована на проектировщиков, специалистов по расчетам и технологов, занятых в областях машиностроения, приборостроения, электроники, нефтегазовой отрасли, архитектуры, строительстве и многих других [5].

В пакете присутствует полноценная система численного моделирования и анализа потоков жидкостей и газов, а также включены в состав процессы теплопередачи и теплообмена.

По мнению пользователей отличительным преимуществом является простота в использовании и интуитивный пользовательский интерфейс. Если необходимо получить результат быстро, то это программное обеспечение является идеальным решением.

Большим недостатком Autodesk CFD является неточность результатов и невозможность создавать достаточно сложные, многоуровневые условия для модели – у программы отсутствуют интегрированные пакеты математических расчетов, сравнительно небольшая экспериментальная корреляция, а также требуются большие мощности компьютера для построения сетки и обработки результатов особенно для моделей с большим количеством деталей, что характерно для исследований потоковых сред.

В таблице приведен сравнительный анализ, основанный на отзывах пользователей, функциональном наполнении, инструментарии и возможности программ, заявленных производителем [7].

## Сравнительный анализ программного обеспечения

Критерии	Программное обеспечение	Ansys Fluent	OpenFOAM	Autodesk CFD
<b>Рейтинги</b>				
Простота использования		7,8	6,9	7,8
Простота настройки		8,3	–	–
Качество поддержки		8,5	6,1	8,0
Направление продукта (% положительных)		8,2	5,8	8,5
<b>Функции</b>				
Инструменты 3D/твердотельного моделирования		8,1	6,2	Данные отсутствуют
Инструменты рисования		7,5	6,3	8,7
Инструменты редактирования		7,4	6,8	8,3
Инструменты рендеринга		7,7	7,2	8,7
<b>Инструменты для моделирования и программного обеспечения CAE</b>				
Анализ жидкости		9,0	8,9	9,7
Анализ методом конечных элементов		8,3	8,1	9,3
Многотельная динамика		8,0	6,9	8,7
<b>Работа с программным обеспечением для моделирования и автоматизированного проектирования</b>				
Дискретное моделирование событий		7,7	7,1	Данные отсутствуют
Непрерывное моделирование событий		8,4	7,3	8,7
Моделирование механических событий		8,0	7,6	9,3
Моделирование производственного процесса		7,6	6,9	Данные отсутствуют

Проанализировав таблицу и отзывы пользователей, можно сделать вывод, о том, что свое предпочтение большинство пользователей отдают Autodesk CFD, несмотря на отсутствие данных по некоторым параметрам. Связано это со скоростью получения итоговой модели.

Надо отметить, что до введения санкций Ansys Fluent и Autodesk CFD предоставляли бесплатный доступ студентам и преподавателям. Open Foam же остается бесплатным по сей день.

Резюмируя основные тезисы, можно предположить, что предпочтительнее для исследований магистерских работ в сфере водоснабжения и водоотведения будут следующие программы – Ansys Fluent и Open Foam, так как у них больше возможностей, они способны генерировать более сложные процессы и получать более точные результаты моделирования.

## Литература

1. Журавлева И. В. Расчёт систем водоснабжения и водоотведения на эвм : учеб. пособие. Воронеж : Воронежский ГАСУ, 2012. 130 с.
2. Панов М. Я., Левадный А. С., Щербаков В. И. [и др.]; под общ. ред. Панова М. Я. Моделирование, оптимизация и управление системами подачи и распределения воды: монография. Воронеж : Воронежский ГАСУ, 2005. 489 с.
3. Некрасов А. В. Компьютерное моделирование гидродинамических процессов систем водоснабжения: учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. 312 с.
4. Теплых С. Ю., Бочков Д. С., Веселова М. В. Математическое моделирование систем водоснабжения и водоотведения // Градостроительство и архитектура. 2020 Т. 10, № 2. С. 36–42.
5. Шустрова М. Л., Аминев И. М., Байтмиров А. Д. Средства численного моделирования гидродинамических параметров процессов // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 14. С. 221–224.
6. Интернет-центр системы образовательных ресурсов в области СКТ. URL: <http://hpc-education.ru> (дата обращения: 02.12.2022).
7. Обзоры программного обеспечения и услуг для бизнеса. URL: <http://www.g2.com> (дата обращения: 02.12.2022).

УДК 628.2

*Дмитрий Вячеславович Васильев,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: mkochka@mail.ru*

*Dmitry Vyacheslavovich Vasiliev,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: mkochka@mail.ru*

## **ПРОБЛЕМА АГРЕССИВНОСТИ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

### **THE PROBLEM OF WATER AGGRESSIVENESS IN CIRCULATING WATER SUPPLY SYSTEMS**

Актуальной проблемой является коррозия водопроводов оборотной системы водоснабжения из-за агрессивности воды, которая влечет за собой немало последствий. Зачастую система водоснабжения состоит из трубопроводов различных материалов, которые подвергаются коррозии, окислению, зарастанию и дальнейшему разрушению, для предотвращения которых вывели специальные вещества, которые могут замедлить или остановить процесс коррозии в оборотной системе водоснабжения, под названием ингибиторы. Ингибиторы имеют разные виды, свою классификацию по происхождению и классификацию по механизму действия. В зависимости от материала, типа и степени проблемы подбираются определенные виды ингибитора. В статье рассмотрены все существующие на сегодняшний день ингибиторы. Произведен анализ их характеристик и определена область применения. Разработано решение для систем собранных из различных видов материалов.

*Ключевые слова:* коррозия, агрессивность воды, оборотная система, ингибиторы.

An urgent problem is the corrosion of the water pipes of the circulating water supply system due to the aggressiveness of the water, which entails many consequences. Often, the water supply system consists of pipelines of various materials that are subject to corrosion, oxidation, overgrowth and further destruction, to prevent which special substances have been removed that can slow down or stop the corrosion process in the circulating water supply system, called inhibitors. Inhibitors have different types, their classification by origin and classification by mechanism of action. Depending on the material, type and degree of the problem, certain types of inhibitor are selected. The article considers all currently existing inhibitors. The analysis



of their characteristics is made and the scope of application is determined. A solution has been developed for systems assembled from various types of materials.

*Keywords:* corrosion, water aggressiveness, recycling system, inhibitors.

До сих пор в Российской Федерации актуальна такая проблема как коррозия трубопроводов. И на сегодняшний день не найдено лучшего и универсального метода для решения данной проблемы.

Оборотное водоснабжение-это система обеспечения водой нужд производственного предприятия, при которой использованная вода, после нескольких этапов подготовки, подаётся повторно, тем самым образуя цикл. Оборотное водоснабжение или водооборотный цикл, своего рода, представляется как замкнутая система, состоящая из различного технологического оборудования, соединённого трубопроводами.

Оборотная система водоснабжения, собственно, как и любая другая система водоснабжения, имеет свои как положительные, так и отрицательные стороны. Из отрицательных можно отметить высокие расходы на покупку и монтаж оборудования для оборотного водоснабжения, но эти проблемы никак не остановят внедрение современных технологий на предприятиях. Наиболее важной проблемой данной системы является агрессивность воды и последствия, которые она за собой несет. Агрессивность воды – это свойство воды, которое подразумевает собой содержание в ней химических элементов или примесей [1]. Это же свойство вызывает коррозию, разрушение и зарастание материалов. В данном случае агрессивность вызывает коррозию водопроводов оборотной системы водоснабжения.

Для решения такой важной проблемы, на промышленных предприятиях с оборотной системой стали внедрять специально подобранные вещества под названием ингибиторы [2]. Именно они могут предотвратить или замедлить нежелательные процессы такие как: коррозия, старение и окисление материалов. В двух словах ингибиторы снижают скорость реакции, либо их еще называют «отрицательный катализатор» [3]. Ингибиторы так же имеют свою классификацию в зависимости от происхождения, механики действия, и свойств борьбы с коррозией [4]. В случае с оборот-

ной системой подойдут такие ингибиторы, которые представлены в таблице.

### Ингибиторы для оборотной системы

Ингибиторы для оборотной системы	
СП-В-Н1С	Защита от шлама и солей
СП-ОМ-33К	Предотвращение коррозии, солеотложений
СП-В-10-0	От коррозии и предотвращения накипи, универсальный

Но эффективность ингибиторов, помимо индивидуального подбора класса и типа для определенной проблемы, можно оценить по показателям степени защиты и коэффициенту торможения коррозии [5].

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что эксплуатация систем оборотного водоснабжения требует индивидуального подхода и решения проблем коррозии трубопроводов и оборудования, образования накипей и отложений, загрязнения оборотной воды углеводородами и продуктами коррозии, устранения биологического обрастания.

### Литература

1. *Боев В. Ф.* К вопросу о коррозионной агрессивности водопроводной воды Санкт-Петербурга, используемой в оборотной системе мойки автотранспорта. 1999. № 1. С.29–32.
2. *Ким Е., Калинин В., Шевченко Р., Якубовский Я.* О защите промышленных трубопроводов от коррозии. 2015. № 11 (108). С. 446–448.
3. *Бекренев А. В., Кинебас А. К., Портнова Т. М., Веремей Т. А.* Результаты проведения процесса нейтрализации коррозионной агрессивности воды на протворцовокой водопроводной станции. 2012. № 11(59). С. 58–65.
4. *Майны Ш. Б.* Защита коммунальных сетей водоснабжения от внутренней коррозии // Вестник Тувинского государственного университета 2021. С. 44–47.
5. *Фаястова Ю. А., Красная Е. Г.* Анализ технологии подготовки воды с ингибитором коррозии. 2020. № 3. С. 124–127.

УДК 628.2

*Майя Олеговна Васильева,*  
аспирант  
*Михаил Валентинович Васильев,*  
аспирант  
(Новосибирский государственный  
архитектурно-строительный университет  
(Сибстрин))  
*E-mail: maiyainjener@gmail.com*

*Maiya Olegovna Vasilyeva,*  
postgraduate student  
*Mikhail Valentinovich Vasilyev,*  
postgraduate student  
(Novosibirsk State University  
of Architecture and Civil Engineering  
(Sibstrin))  
*E-mail: maiyainjener@gmail.com*

## **КОМПАКТНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛИЗАЦИИ ГОРОДА НЮРБА РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)**

### **COMPACT SEWAGE TREATMENT PLANTS P. NYURBA REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)**

Рассматриваются компактные очистные сооружения города Нюрба, расположенного на вечной мерзлоте. Ассенизационными машинами происходит сброс стоков из выгребных ям на рельеф. Искусственно созданный непроточный водоём, заполненный сточной жидкостью, является реальной угрозой разрушения федеральной автотрассы «Виллой». Рассматривается проект системы водоотведения города с сетями, насосными станциями и очистными сооружениями канализации. Строительство будет осуществляться в три этапа с постепенным наращиванием мощностей водоотводящих сетей и комплекса по очистке стоков. Для очистки сточной жидкости принята современная технология, предусматривающая очистку стоков по четырем показателям: взвешенным веществам, БПКпол, азоту и фосфору.

*Ключевые слова:* система водоотведения, выгребные ямы, высококонцентрированная жидкость, водоотводящие сети, насосная станция, показатели стоков, биологическая очистка, удаление азота и фосфора, доочистка стоков.

In some settlements of the Republic of Sakha (Yakutia) there is an unsanitary condition caused by pollution of the air basin with carcinogenic gases that are released from the surface of the waste liquid discharged onto the terrain. An artificially created stagnant reservoir filled with sewage is a real threat to the destruction of the Vilyui federal highway. The project of the city's sewerage system with networks, pumping stations and sewage treatment plants is being considered. The construction will be carried out in three stages with a gradual increase in the capacity of the drainage networks and the wastewater treatment complex. For the treatment of waste liquid, modern technology has been adopted, which provides for the treat-

ment of wastewater according to four indicators: suspended solids, BOD<sub>pol</sub>, nitrogen and phosphorus.

*Keywords:* sewage liquid, package unit, wastewater treatment, wastewater indicators, permafrost.

Город Нюрба является административным и культурным центром Нюрбинского улуса (рис. 1).

В городе Нюрба водоотводящие сети имеют небольшую протяженность. Очистные сооружения канализации (ОСК) отсутствуют. Все стоки от жилой застройки и общественных зданий сбрасываются в выгребные ямы с последующим их вывозом ассенизационными машинами на полигон жидких и твердых отходов, в результате чего со временем образовался искусственный водоём (рис. 2). Искусственный водоём находится в непосредственной близости от города Нюрба и села Антоновка. В теплый период года стоки загнивают и выделяют в атмосферу неприятно пахнущие и канцерогенные газы (сероводород, аммиак, индол и меркаптаны). Кроме этого, искусственно созданный непроточный водоём находится вдоль федеральной дороги «Виллой», поэтому имеется реальная угроза размыва дороги.



Рис. 1. На карте Республики Саха (Якутии) красным цветом выделен Нюрбинский улус



Рис. 2. Искусственный водоем,  
образованный стоками города Нюрба

В 2019 году был разработан проект системы водоотведения города Нюрба, включающий проектирование и поэтапное строительство сетей, насосных станций и очистных сооружений канализации на пропуск стоков в количестве 1000 м<sup>3</sup>/сут. К сожалению, при расчёте комплекса по очистке сточной жидкости были приняты не фактические, а усредненные показатели сточной жидкости (табл. 1).

Для определения фактических показателей сточной жидкости в июле 2022 года нами были взяты пять проб из пяти существующих выгребных ям города Нюрба, результаты анализов приведены в таблице 2.

*Примечание.* Значения температуры сточной жидкости в теплый и холодный периоды года, указанные в таблице, согласованы с ЖКХ «Альтернатива», которое является Заказчиком строительства данного объекта.

Таблица 1

**Показатели сточной жидкости, использованные при проектировании  
очистных сооружений канализации города Нюрба**

Параметры	Ед. изм.	Расчётные показатели исходной сточной жидкости
Взвешенные вещества	мг/л	310
БПК <sub>полн</sub>	—«—	322
БПК <sub>5</sub>	—«—	242
ХПК		600
Аммоний-ион	—«—	22,4
Фосфат-ион (по Р)	—«—	3,1
рН	—	7,7
Температура	°С	
зимой	—«—	Данные отсутствуют
летом	—«—	—«—

Таблица 2

**Фактические показатели сточной жидкости из выгребных ям города Нюрба**

Показатель	Единица измерения	Результат
Взвешенные вещества	мг/л	719
БПК <sub>полн</sub>	—«—	Данные отсутствуют
БПК <sub>5</sub>	—«—	237
ХПК	—«—	520
Аммоний-ион	—«—	105
Фосфат-ионы	—«—	23
рН	—	7,9
Температура	°С	
зимой	—«—	15
летом	—«—	20

Повышенные значения азота аммонийного и фосфора можно объяснить глубокой аммонификацией сточной жидкости, протекающей в выгребных ямах особенно в теплый период года. А высокая концентрация взвешенных веществ обусловлена потерей воды из выгребных ям из-за наличия в этих ямах отверстий.

Исходя из суточного расхода и показателей сточной жидкости, проектировщики предлагают современную технологию очистки стоков и обработки осадков, представленную на рис. 3 [1, 2].

Хозяйственно-бытовые сточные воды, завозимые автотранспортом, подаются в приемный лоток, расположенный в здании сливной станции. Привозные стоки разбавляются очищенными стоками в соотношении 1:1, и далее подаются на решетки и в песколовки. Пройдя предварительную очистку, стоки поступают в промежуточную емкость, а оттуда они направляется в резервуары-усреднители. Насосы, откачивающие сточную жидкость из резервуаров-усреднителей на три технологические линии, установлены в здании сливной станции.

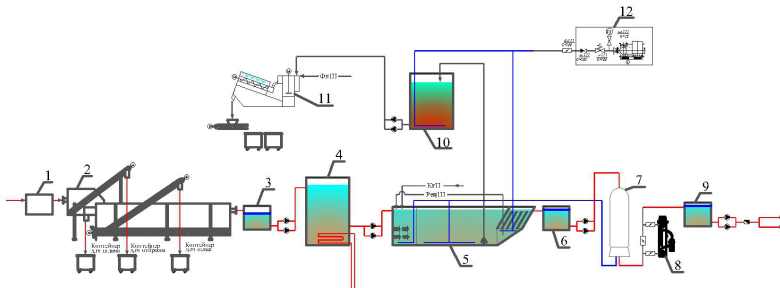


Рис. 3. Технология очистки стоков и обработки осадков:

- 1 – приемный лоток с ручной решеткой; 2 – установка механической очистки; 3 – промежуточная емкость; 4 – усреднитель;
- 5 – денитрификатор-нитрификатор, вторичный отстойник;
- 6 – промежуточная емкость; 7 – песчаный фильтр; 8 – установка УФ-обеззараживания; 9 – резервуар чистой воды; 10 – емкость-илонакопитель; 11 – установка обезвоживания осадка; 12 – воздуходувка

Узел биологической очистки представлен зонами денитрификации и нитрификации, а также вторичными отстойниками с тон-

костройными модулями. Зона денитрификации предназначена для восстановления окисленных форм азота (нитритов и нитратов) до газообразных форм ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ) в условиях острого дефицита кислорода в этой зоне. Иловая смесь в зоне денитрификации поддерживается во взвешенном состоянии погружными мешалками. Зона нитрификации служит для окисления азота аммонийного и органического до нитритов и нитратов. Разделение нитрифицированной иловой смеси осуществляется во вторичных отстойниках, осевший ил возвращается в зону денитрификации по внешнему контуру эрлифтами, а по внутреннему контуру циркуляция производится погружными насосами, установленными в конце зон нитрификации. Каждая зона нитрификации оборудована системой аэрации. После вторичных отстойников биологически очищенная сточная жидкость подвергается доочистке на напорных зернистых фильтрах с последующим обеззараживанием методом ультрафиолетового облучения. Из резервуара чистой воды доочищенная и обеззараженная сточная жидкость откачивается насосами и сбрасывается в реку Виллой.

На ОСК образуется три вида осадков: отбросы с решёток, минеральный осадок из песколовки и органический осадок из узла биологической очистки. Органический осадок представлен только избыточным активным илом, который направляется в резервуар-накопитель, где он находится 2–2,5 суток. Во избежание загнивания органического осадка предусмотрена его периодическая аэрация. Осадок из резервуара-накопителя направляется в дегидраторы для снижения влажности до 80 %.

После глубокого изучения технологической части проекта и выполнения поверочного расчёта были выявлены проектные недоработки и упущения, которые приведены ниже.

1. Некорректно выбрано места размещения очистных сооружений канализации, поскольку расстояние от проектируемого объекта до жилой застройки всего лишь 50 метров. Разместив объект рядом с жилой застройкой, можно сэкономить затраты на перевозку стоков ассенизационными машинами, однако на этом объекте имеется более серьезная проблема, а именно слишком большое расстояние (12 км) от ОСК до места выпуска стоков в реку Виллой. Напорный участок



откачки очищенных стоков в зимнее время работать нормально не сможет без подогрева. Поэтому на этом участке придется предусмотреть подогрев и несколько канализационных станций. А это не только увеличение капитальных и эксплуатационных затрат, но и создание невыносимых условий для жителей, которые будут проживать рядом с проектируемым объектом.

2. Не предусмотрен резервуар для приема высококонцентрированных стоков, завозимых ассенизационными машинами. В проекте указывается, что для разбавления этих стоков будут использоваться стоки от КНС «Энергетик» и КНС «Комсомольская», которые решено сбрасывать в лоток, куда выгружаются стоки от ассенизационных машин. Это требует обязательного совпадения графиков выгрузки стоков из ассенизационных машин и поступления стоков от одной из канализационных насосных станций, что в производственных условиях достичь практически невозможно.

3. Точка ввода реагента для осаждения фосфора принята на стадии денитрификации. Ни в коем случае нельзя дозировать коагулянт в узел биологической очистки сточной жидкости, так как это вызовет ряд негативных последствий. Во-первых, образуется огромная масса химического осадка в виде избыточного активного ила, содержащего кристаллы  $AlPO_4$  или  $FePO_4$ , который потребуется утилизировать на специализированных полигонах с высокой оплатой за размещение (более 70 тыс. руб./т). Во-вторых, активный ил, утяжеленный кристаллами ортофосфорной кислоты, потребует увеличения рабочей интенсивности аэрации в 1,5–2,5 раза, что приведет к неоправданному росту эксплуатационных затрат на дополнительную подачу воздуха. В-третьих, образующиеся на стадии биологической очистки кристаллы ускорят процесс засорения аэраторов. В-четвертых, снижая на стадии биологической очистки фосфор до 0,2 мг/л, в аэротенке будет спровоцирован процесс «вспухания» активного ила, вызванный острым дефицитом в иловой смеси одного из основных биогенных элементов (фосфора). В-пятых, для удаления всех образующихся кристаллов  $AlPO_4$  или  $FePO_4$  их концентрацию потребуется поддерживать на очень высоком уровне, а это в производственных условиях является архисложной задачей.

4. Регенерация тонкослойных модулей вторичных отстойников производится воздухом, который подается от общей воздуходувки. Это приведет к быстрому выходу из строя воздуходувок, которые периодически будут работать в помпажном режиме, сопровождающемся перегревом подшипников. Помпаж будет создаваться резким увеличением расхода воздуха и резким снижением давления.

5. Перекачка циркулирующего нитрифицированного активного ила эрлифтами по внешнему контуру нежелательна ещё и потому, что иловая смесь обогащается дополнительно кислородом, что нежелательно для процесса денитрификации. Из-за высокой концентрации кислорода (более 0,1–0,5 мг/л) нарушается процесс восстановления нитритов и нитратов до газообразных форм азота. К сожалению, в зону денитрификации кислород поступает ещё из зоны нитрификации по внутреннему контуру. При высокой степени циркуляции активного ила по внутреннему контуру (около 10), а такая степень требуется при концентрации азота аммонийного в исходной сточной жидкости на уровне 105 мг/л, приходится устраивать даже промежуточные емкости, рассчитанные на 15–20 минутное пребывание иловой смеси, обеспечивающие снижения концентрации растворенного кислорода до нуля.

6. Перед зернистыми фильтрами не предусмотрены барабанные сетки или микрофильтры, которые служат для улавливания крупных включений, образующихся в аэротенках в основном из эмульгированного жира и нефтепродуктов.

7. Для настоящего объекта не предусмотрена стабилизация осадка аэробная или анаэробная. Нестабилизованный осадок, выделяющий в атмосферу неприятно пахнущие и агрессивные газы (сероводород, аммиак, индол и меркаптаны), будет создавать антисанитарные условия в производственных помещениях и приводить к быстрому износу железобетонных конструкций, а также к интенсивной коррозии металлических элементов, но самое главное к быстрому выводу из строя системы КИПиА.

8. Для обезвоживания осадка принято самое неэффективное оборудование (дегидратор), которое может снижать влажность только до 80 %.

На основании выполненной работы разработаны рекомендации на устранение проектных недоработок и упущений, благодаря этому возведенный объект может обеспечить требуемую степень очистки стоков. Рекомендации выданы Заказчику (ООО «Альтернатива») и проектировщикам.

### **Литература**

1. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения: взамен СНиП 2.04.03-85. Москва : ФГУП Стандартинформ, 2019. 70 с.
2. *Амбросова Г. Т., Кругликова А. В., Колодезникова А. П., Семенова А. П.* Анализ технических решений компактных установок для очистки сточной жидкости // Вода и экология: проблемы и решения. № 3(87). 2021. С. 3–15.

УДК 628.211

*Наталья Николаевна Глазкова,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: nnglazman@yandex.ru*

*Natalia Nikolaevna Glazkova,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: nnglazman@yandex.ru*

## **ИННОВАЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ, ВОЗВОДИМЫХ В РАМКАХ АДРЕСНОЙ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРОГРАММЫ**

### **INNOVATIONS IN THE CONSTRUCTION OF WATER SUPPLY AND SANITATION SYSTEMS AT FACILITIES BEING BUILT AS PART OF THE TARGETED INVESTMENT PROGRAM**

Данная статья отражает инновационные материалы и конструкции в сфере водоснабжения и водоотведения, обзор их особенностей и преимуществ, успешно применяемых практически во всех отраслях строительства на объектах, возводимых в рамках Адресной инвестиционной программы (за счет бюджета города Санкт-Петербурга).

*Ключевые слова:* водоснабжение, водоотведение, инновационные материалы, трубы, колодцы.

This article reflects innovative materials and structures in the field of water supply and sanitation, an overview of their features and advantages in application, successfully used in almost all branches of construction at facilities erected under the Targeted Investment Program (at the expense of the budget of the city of St. Petersburg).

*Keywords:* water supply, sanitation, innovative technologies, innovative materials, pipes, wells.

I. Трубы РОСТерм PPRT FRP (SDR 6; SDR 7,4; SDR 9). За последние годы современные технологии в сфере трубной промышленности совершили большой прорыв. Направленность развития нашего рынка инженерных систем говорит о колоссальном вытеснении стальных трубопроводов в пользу пластиковых,

в том числе на объектах, финансируемых за счет бюджета города Санкт-Петербурга[1]. На российском рынке для системы водоснабжения лидерство принадлежит трубам из полимерных материалов (рис. 1).



Рис. 1. Труба PPRT FRP РОСТерм SDR 9

Трубы PPRT FRP РОСТерм из термостабилизированного полипропилена, армированы стекловолокном, предназначены для холодного, горячего хозяйственно-питьевого водоснабжения и отопления [2], изготовлены в соответствии с ГОСТ 32415-2013 [3] и ГОСТ Р 53630-2015.

Они изготавливаются из полипропилена нового поколения – PPRT, получаемого путем нуклеаризации производного материала, в результате чего в молекулярной структуре образуются кристаллы меньшие по величине и в большем количестве, в сравнении с традиционно используемым материалом PP-R (полипропилен рандом сополимер). Трубы из PPRT выдерживают более высокое давление при повышенной температуре, что позволяет сделать стенки труб более тонкими и таким образом увеличивают пропускную способность труб. Применение труб РОСТерм FRP позволяет ещё на стадии проектирования учесть их особенность и снизить затраты за счет возможного использования труб меньшего диаметра, нежели уже представленные на российском рынке аналоги. На сегодняшний день компания «РОСТерм» является единственным производителем и поставщиком на территории России труб из термостабилизированного полипропилена.

Основные преимущества труб РОСТерм PPRT FRP (SDR 6; SDR 7,4; SDR 9):

- увеличенное проходное отверстие по сравнению с неармированными трубами;
- отсутствие деформации стенок труб;
- отсутствие отложений на внутренних стенках труб;
- небольшое линейное расширение;
- малая шероховатость;
- небольшой вес;
- быстрый и простой монтаж.

В нынешнем году компании «РОСТерм» исполнилось 17 лет.

Свою деятельность она начала с продвижения материалов и решений в области внутренних инженерных систем. На сегодня компания является крупнейшим в Северо-Западном округе России производителем труб из полимерных материалов.

За годы своей деятельности компания «РОСТерм» стала одним из основных лидеров на российском рынке инженерного обеспечения объектов государственного и коммерческого строительства. Основные производственные мощности предприятия расположены в Петербурге, на территории завода находится собственная сертифицированная испытательная лаборатория, оснащенная оборудованием SCITEQ, для контроля исходного сырья и проведения гидравлических испытаний труб.

Перечень объектов, возведенных в рамках Адресной инвестиционной программы, на которых, согласно проектной и рабочей документации, применены трубы PPRT FRP РОСТерм SDR 6; SDR 7,4; SDR 9:

- Санкт-Петербург, Красное Село, переулок Щуппа, участок 1, строительство здания поликлиники;
- Санкт-Петербург, Красное Село, улица Восстановления, участок 1, строительство здания детской поликлиники;
- Санкт-Петербург, Красное Село, Кингисеппское шоссе, участок 1, строительство дома культуры;
- Санкт-Петербург, Ленинский проспект, участок 11, строительство общеобразовательной школы;
- Санкт-Петербург, Комендантский проспект, участок 2 (юго-восточнее пересечения с рекой Каменкой), строительство объекта начального и среднего общего образования;

- Санкт-Петербург, г. Пушкин, Промышленная улица, участок 6, (северо-восточнее дома № 17, литера А по Промышленной улице), строительство здания общеобразовательной школы;
- Санкт-Петербург, северо-приморская часть, квартал 56а, корп. 43, строительство дошкольного образовательного учреждения, совмещенного с начальной школой;
- Санкт-Петербург, 25-я линия В.О., участок 4 (западнее дома 6, корпус 1, литера Б), строительство дошкольного образовательного учреждения.

Стоит отметить неслучайность выбора труб РОСТерм PPRT FRP для использования на объектах, возводимых в рамках Адресной инвестиционной программы. Это обусловлено, прежде всего, их малым весом по сравнению со стальными трубами, что особенно актуально при производстве работ в стесненных условиях, а также позволяет снизить затраты при транспортировке и их перемещении на стройплощадке; отсутствием коррозии, в результате чего проходное сечение остается исходным в процессе всего срока использования труб; значительно меньшей толщиной стенки по сравнению с чаще используемыми трубами PP-R; сравнительно невысокой стоимостью в своем сегменте, а также отсутствием в своем составе токсичных элементов, что чрезвычайно важно при использовании труб в системах водоснабжения объектов.

## II. Бетонные колодцы Конкрит от компании «Гидробетон»

Колодцы нового поколения Конкрит – это надежность, простота монтажа на долгий срок эксплуатации. Инновации компании «Гидробетон» заключаются в легкости решения ключевых задач. Компания существует и активно лидирует на рынке инженерных сетей более шести лет. Цель деятельности компании – продвижение на рынок уникальных разработок в области инженерных сооружений для сетей водоснабжения и водоотведения. Для устройства канализационных систем необходимо использование прочного материала, который в состоянии выдержать повышенные нагрузки. В странах Европы применяются железобетонные колодцы, производимые по стандартам DIN 4034.1, СТБ EN 1917. Эти колодцы обладают большой устойчивостью к повреждениям в процессе эксплуатации, негативному воздействию почвы и грунтовых

вод. Надежность же данного типа бетонных колодцев обеспечивает долгий срок службы всей системы [4]. Колодцы Конкрит, производство которых находится в Санкт-Петербурге, соответствуют европейским стандартам DIN 4034.1, СТБ EN 1917, которые превосходят нормы ГОСТ 8020-2016 [5].

Готовые элементы Конкрит рассчитаны для колодцев с заглублением от уровня планировочной отметки грунта не менее 0,6 метра и поверхности лотка не более 10 метров, в четком соответствии с пунктом 4.3.16 DIN V 4034-1. Эти бетонные изделия разработаны как элементы подземных сооружений, для эксплуатации при большом уровне грунтовых вод, с сезонным подъемом грунтовых вод в неагрессивных или слабоагрессивных средах со стороны окружающего грунта, а также в пластичных и подвижных грунтах. Колодец Конкрит на предприятии-изготовителе комплектуется из уже готовых элементов, соединяемых с помощью стыкового соединения с резиновым уплотнительным кольцом «паз-гребень» и резинового кольца для равномерного распределения нагрузки (рис. 2, 3).

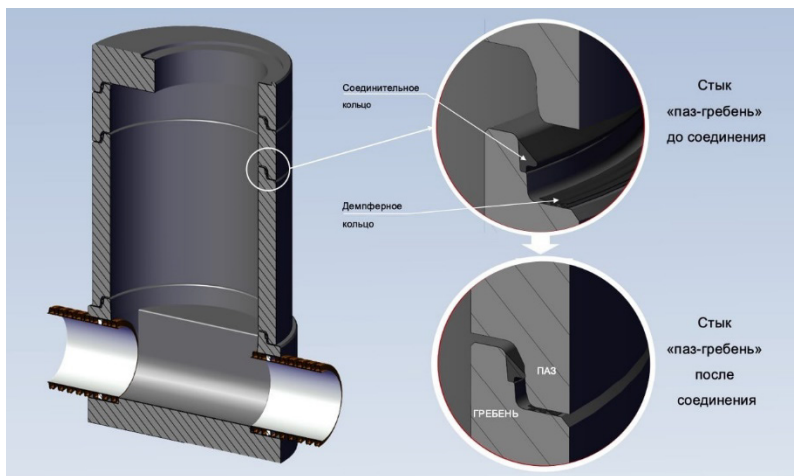


Рис. 2. Соединение комплектующих методом «паз-гребень»

Область применения колодцев Конкрит:

- питьевое водоснабжение;



- напорная канализация;
- противопожарное водоснабжение;
- промышленное применение.



Рис. 3. Состав колодцев Конкрит в комплексе

Основными отличиями колодцев Конкрит являются:

1. Метод изготовления элементов колодца. В настоящее время все производители железобетонных колодцев используют метод вибропрессования. Изготовление отдельных элементов Конкрит проводится посредством литьевого способа и главное отличие заключается в том, что все компоненты колодца набирают свою прочность в самой форме, а не вне ее. Более того, данная технология обеспечивает чёткую размерность и параллельность каждой конструкции [6].

2. Длительный срок эксплуатации. Использование последних технологий при производстве увеличивает срок гарантированно-го использования колодца до 50 лет.

3. Надежность. Толщина стенки в 2 раза больше по сравнению с колодцами, выполненными по ГОСТ 8020-2016.

4. Простота монтажа. Использование резиновых уплотнительных колец обеспечивает герметичность изделия на весь срок службы, а также весомо сокращает время монтажа.

5. Соединение «паз-гребень». Такой вид соединения защищает элементы колодца от смещения во всех типах почвы.

6. Уникальность. Исключительность колодцев Конкрит заключается в их прочности, долгом сроке службы, а также в малых расходах на обслуживание в дальнейшем. Конструкция Конкрит полностью сертифицирована для использования на сетях водоснабжения и водоотведения, а также имеет согласования ГУП «Водоканал» Санкт-Петербурга.

Проектные институты и организации, а также подрядные организации без труда используют разработанную компанией «Гидробетон» документацию, успешно прошедшую процедуру согласования и утверждения в передовых проектных институтах города Москвы и Санкт-Петербурга [7].

Перечень некоторых объектов, возведенных в рамках Адресной инвестиционной программы, на которых, согласно проектной и рабочей документации, применены колодцы Конкрит:

- Санкт-Петербург, пос. Стрельна, улица Львовская, участок 1, строительство нового здания ГБУЗ «Городская поликлиника № 64»;

- Санкт-Петербург, Российский бульвар (Володарский), д. 4/2, лит. А, реконструкция здания государственного бюджетного общеобразовательного учреждения средней общеобразовательной школы № 414;

- Санкт-Петербург, Южное шоссе, участок 9, строительство общеобразовательной школы;

- Санкт-Петербург, Петергофское шоссе, участок 108 (севернее пересечения с улицей Пограничника Гарькавого, квартал 38–6) строительство отдела охраны общественного порядка (отдел полиции УМВД);

- Санкт-Петербург, большой Сампсониевский пр., д. 37, приспособление для современного использования здания СПб ГУ «Дом молодежи Выборгского района «Форпост»;

- Санкт-Петербург, ул. Крыленко, участок 1 (северо-восточнее дома 45, корп. 1, литера А по ул. Крыленко), строительство

здания отделения скорой медицинской помощи на 20 бригад для СПб ГБУЗ «Городская поликлиника № 8»;

- Санкт-Петербург, пр. Солидарности, д. 4, литера А, проектирование и строительство здания многопрофильного лечебно-диагностического корпуса СПб ГБУЗ «Городская Александровская больница»;

- Санкт-Петербург, г. Пушкин, Павловское шоссе, д. 67, реконструкция здания литера А СПб ГБУСО «Психоневрологический интернат № 4»;

- Санкт-Петербург, Будапештская ул., д. 3/5, строительство здания государственного бюджетного учреждения «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И. И. Джанелидзе».

Стоит отметить неслучайность выбора именно колодцев Конкрит для использования на объектах, возводимых в рамках Адресной инвестиционной программы. Это обусловлено прежде всего их прочностью; возможностью применять такие колодцы практически во всех типах почвы; достаточно лёгкой очисткой (не требуется применение специального оборудования); длительностью срока эксплуатации; простотой монтажа [8]; сравнительно невысокой стоимостью в своем сегменте, и экологичностью, т.к. бетон не выделяет токсинов и, соответственно, не загрязняет окружающую среду [9].

## Литература

1. Постановление Правительства Санкт-Петербурга «О Комитете по строительству» от 28.04.2004 № 650 (с изменениями на 14 декабря 2021 года), с. 14.
2. РОСТЕРМ российский производитель полипропиленовых пластиковых и РЕХ труб URL: [www.gidro-beton.ru](http://www.gidro-beton.ru) (дата обращения: 29.11.2022).
3. ГОСТ 32415-2013 межгосударственный стандарт «Трубы напорные из термопластов для систем водоснабжения и отопления». Технические условия, дата введения 01.01.2015, с. 8.
4. Железобетонные колодцы нового поколения конкрит URL: [www.gidro-beton.ru](http://www.gidro-beton.ru) (дата обращения: 29.11.2022).
5. ГОСТ 8020-2016 межгосударственный стандарт «Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных и газопроводных сетей», Технические условия, дата введения 01.07.2017, с. 4, 8.

6. *Гришина Я. С.* Современные инновации в сфере водоснабжения в городах-миллионерах Российской Федерации // Молодой ученый, 2017. № 3(137). С. 319–322.

7. *Кузнецов Ю. В.* Организация контроля качества строительства сетей водоснабжения и канализации // Молодой ученый, 2021. № 43 (385). С. 31–35.

8. Департамент информации и общественных связей ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга». Водоканал активно внедряет в производственные процессы инновационные технические решения, 2022 URL: <http://www.vodokanal.spb.ru/> (дата обращения: 29.11.2022).

9. Российская ассоциация водоснабжения и водоотведения URL: <https://raww.ru/> (дата обращения: 30.11.2022).

УДК 543.3

*Евгения Викторовна Горячёва,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: goryacheva.eugine1999@gmail.com*

*Euginia Victorovna Goryacheva,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: goryacheva.eugine1999@gmail.com*

## **КАЧЕСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В РЕГИОНЕ**

### **QUALITY OF DRINKING WATER FROM CENTRALIZED WATER SUPPLY SOURCES IN THE REGION**

Одним из важнейших параметров качества жизни населения в крупных городах и сельских поселениях является доступ к качественной питьевой воде. Вода должна отвечать ряду параметров и соответствовать определенным требованиям, которые предъявляются к воде как в ее естественном состоянии, так и после прохождения водоподготовки. В Санкт-Петербурге ввиду ряда факторов, обусловленных различными формами влияния деятельности человека на природу, уровень загрязнения воды достаточно высок. В связи с этим обеспечение чистой водой жителей города является первоочередной проблемой органов государственной исполнительной власти.

Для того, чтобы оценивать качество питьевой воды и делать это максимально точно и полно проводятся регулярные лабораторные исследования в рамках социально-гигиенического мониторинга (СГМ) и производственного контроля, обязанность проведения которого возложена на организации, осуществляющие водоснабжение.

*Ключевые слова:* проба, контроль качества, питьевая вода, мониторинг.

One of the most important parameters of the quality of life of the population in large cities and rural settlements is access to high-quality drinking water. Water must meet a number of parameters and meet certain requirements that apply to water both in its natural state and after water treatment. In St. Petersburg, due to a number of factors caused by various forms of human impact on nature, the level of water pollution is quite high. In this regard, providing clean water to residents of the city is a priority problem for state executive authorities.

In order to assess the quality of drinking water and do it as accurately and fully as possible, regular laboratory studies are carried out as part of social and hygienic

monitoring (SHM) and production control, the responsibility of which is assigned to water supply organizations.

*Keywords:* sample, quality control, drinking water, monitoring.

При организации мониторинга за качеством питьевой воды важно определить численность и плотность населения, а также насколько активностью хозяйственной деятельности людей влияет на состояние источников водоснабжения, и как следствие, на состояние здоровья населения. Важно правильно определить необходимое количество точек для отбора проб воды, места отбора проб воды и перечень показателей согласно требованиям, СанПиН, предъявляющего гигиенические требования к качеству воды [1]. При этом необходимо учитывать природные параметры содержания органических и неорганических веществ в воде, степень изначального загрязнения источника.

При исследовании качества питьевой воды нужно принимать во внимание, какие из параметров могут оказать воздействие на здоровье при кратковременном попадании в организм, а какие имеют свойство накапливаться и давать негативный результат для здоровья в будущем. Помимо этого, необходимо оценивать совокупное влияние питьевой воды, поскольку данные факторы могут оказывать комплексное воздействие и усиливать реакцию организма, а следовательно, представляют наибольшую угрозу для здоровья человека.

Еще одним важным критерием является количество и регулярность взятия проб. В зависимости от специфики субъекта Российской Федерации программы мониторинга качества питьевой воды существенно отличаются по видам измеряемых и контролируемых показателей, по количеству точек контроля и месту их расположения [2].

На первом этапе формируют цель мониторинга, с определением его направления. К примеру, основными направлениями можно назвать источники водоснабжения (это может быть исходная вода на насосной станции первого подъема (в том числе скважинном водозаборе), вода после насосной станции второго подъема перед поступлением в распределительную сеть, а также непосредственно перед поступлением к конечному потребителю).

Важным моментом при мониторинге качества воды является единый подход, который применяется на разных этапах и направлениях контроля.

Во-первых, нужно использовать единообразные обязательные методики.

Во-вторых, осуществлять мониторинг с учетом регулирования нормативными документами, в которых содержатся обязательные для применения методы и способы оценки параметров воды.

В-третьих, немаловажным является объединение полученных результатов для систематизации полученных данных.

Если подробнее остановиться на выборе показателей качества питьевой воды, которые в значительной степени определяют эффективность всего контроля, то питьевая вода должна соответствовать требованиям санитарных нормативов по показателям радиационной безопасности, отражать безопасность в эпидемическом отношении, безвредность ее химического состава, а также быть приемлемой по органолептическим свойствам [3].

Существует минимальный обязательный перечень контролируемых показателей в зависимости от типа водоисточников. Помимо этого, в воде, которая уже должна поступить к конечному потребителю следует проводить дополнительные исследования, с целью определения параметров, с учетом условий транспортировки воды к населению, и применяемых при транспортировке реагентов [4].

При всем этом постоянно разрабатываются новые методы оценки качества питьевой воды, а также становятся более информативными и отвечающими современным реалиям технологические процессы водоочистки.

Из изложенного краткого обзора проблемы оценки качества питьевой воды можно сделать вывод, что оптимальным будет создание единого информационного продукта, для чего необходима стандартизация форматов представления результатов лабораторных исследований. Получение единообразной и системной информации о качестве питьевой воды в разных регионах страны, позволит проводить сравнительный анализ, и разработать программные решения, направленные на повышение качества питье-

вой воды, и, как следствие, снижение негативного воздействия на здоровье населения.

## Литература

1. Новикова Ю. А., Мясников И. О., Ковшов А. А., Тихонова Н. А., Башкетова Н. С. Методические подходы к организации программ мониторинга качества питьевой воды. Здоровье населения и среда обитания // ЗНиСО, 2020. № 10. С. 4–8.

2. Федоров В. Н., Зарицкая Е. В., Новикова Ю. А., Сладкова Ю. Н., Метелица Н. Д. Обоснование выбора методик исследований питьевой воды для целей и задач санитарно-эпидемиологических экспертиз и оценки риска здоровью населения. Здоровье населения и среда обитания // ЗНиСО, 2020. № 10. С. 15–21.

3. СП 1.1.1058-01 «Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий».

4. Мясников И. О., Новикова Ю. А., Алентьева О. С., Еремин Г. Б., Ганичев П. А. Производственный контроль как составная часть мониторинга качества питьевой воды. Здоровье населения и среда обитания // ЗНиСО, 2020. № 10. С. 9–14.



УДК 614.841

*Антон Анатольевич Жуков,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: tony.jukoff2011@yandex.ru*

*Anton Anatolevich Zhukov,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: tony.jukoff2011@yandex.ru*

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «СУХОЙ ВОДЫ» ПРИ ПОЖАРОТУШЕНИИ

### USE OF “DRY WATER” FOR FIREFIGHTING

Было создано и внедрено в международную практику универсальное газовое огнетушащее вещество, под названием «сухая вода», которое сочетает в себе параметры эффективности пожаротушения и безопасности для людей, техники, документов и окружающей среды. В данной статье приведены особенности применения сухой воды, как современного средства пожаротушения, а также сравнительный анализ целесообразности применения «сухой воды», как огнетушащего вещества, для решения проблемы безопасного и эффективного пожаротушения на объектах IT-сектора, архивов, музеев, электростанций, а также снижения материального ущерба от последствий пожара, по сравнению с другими средствами пожаротушения.

*Ключевые слова:* сухая вода, средства пожаротушения, сравнительный анализ, пожарная безопасность, газовое пожаротушение, новек 1230.

A universal gas extinguishing agent called “dry water” was created and introduced into international practice, which combines the parameters of fire extinguishing efficiency and safety for people, equipment, documents and the environment. This article presents the features of the use of dry water as a modern fire extinguishing agent, as well as a comparative analysis of the feasibility of using “dry water” as a fire extinguishing agent to solve the problem of safe and effective fire extinguishing at IT sector facilities, archives, museums, power plants, as well as reducing material damage from the consequences of a fire, compared with by other means of fire extinguishing.

*Keywords:* dry water, fire extinguishing agent, comparative analysis, fire safety, gaseous fire-extinguishing systems, novек 1230.

Выбранная тема является особенно актуальной сегодня, когда использование тушения при помощи газа в сооружениях хранения уникальных архивов книг, источников на целлюлозных носителях,

объектов исторического значения позволяет снизить колоссальные последствия. Фонды библиотек исчисляются сотнями тысяч экземпляров изданий, которые были уничтожены при пожарах.

Тушение при помощи газа не является единственным методом ликвидации пожара для зданий хранения культурного достояния, серверных или мест с массовым скоплением людей, так как величина эффективности срабатывания Автоматической Установки Газового Пожаротушения (АУГПТ) = 100 % на этапе тления, порядка нескольких минут, которые, бывают затрачены на спасения людей из комнат с наличием первых Опасных Факторов Пожара (ОФП). Следовательно, одна из проблем пожаротушения на вышеперечисленных объектах сосредоточена на скорости срабатывания АУГПТ.

*Novex*<sup>TM</sup> 1230 (Фторкетон ФК-5-1-12) – это вещество не обладает запахом и вкусом. В обычной воде роль окислителя играет кислород. В сухой воде им является фтор. У *Novex* 1230 температура кипения составляет 49 °С, а замерзания – 180 °С. Даже кипящая сухая вода не оставляет на теле человека ожогов. Данное вещество отличается высокой плотностью. Под действием ультрафиолетовых лучей сухая вода распадается. Абсолютно не проводит электричество. Его диэлектрическая проницаемость – 2,3 (за единицу в качестве эталона принят осушенный азот) [1].

Отличительные свойства этого огнетушащего вещества объясняются строением его шестиугольной молекулы, имеющей слабые молекулярные связи. Они позволяют ей почти мгновенно переходить из жидкого в газообразное состояние и активно поглощать тепловую энергию пламени. Ликвидация пожара происходит по принципу эффекта охлаждения (70 %). Вместе с тем проходит химическая реакция ингибирования пламени (30 %). При этом не понижается концентрация кислорода в помещении (что важно для увеличения времени эвакуации людей из помещения). Стоит обратить внимание, что вещество химически инертно и в соответствии с пройденными исследованиями не взаимодействует с основными конструкционными металлами и сплавами, пластиками и уплотнительными материалами, бумагой, тканью и другими материалами. Из-за малой рабочей концентрации установки требуют меньшего числа баллонов в сравнении со сжатыми газами и хладонами

и минимальную площадь установки. Баллон нужен для содержания огнетушащего состава под давлением 25 бар или 34,5 бар при температуре 21,1 °С. Использование баллонов для хранения разрешается при температуре от -17,8 °С до 54,4 °С.

На баллоне установлен клапан избыточного давления, созданный для защиты от скорого повышения давления в баллоне. Клапан срабатывает при резком скачке давления в диапазонах от 59,5 бар до 65,5 бар при температуре 21,1 °С.

Баллоны для хранения производятся в следующей линейке размеров: 15 л, 29 л, 62 л, 122 л, 227 л, 368 л [3].

После применения вещества на защищаемом от пожара помещении (музейных экспонатах, архивных бумагах, серверах) не остается следов и налетов, ФК-5-12 не провоцирует коррозию, испаряется с любых поверхностей, в 50 раз быстрее воды, не вызывая их повреждений.

Проведем сравнение хладагентов, перечисленных в таблице 8.1 [1] ГОТВ и *Novac*<sup>TM</sup> 1230 («сухая вода») (рис. 1).

<i>Название</i>	<i>Показатель потенциала глобального потепления (GWP)</i>	<i>Озоноразрушающий потенциал</i>	<i>Время жизни в атмосфере, лет</i>	<i>Рейтинг по критерию</i>
Хладон 23	14790	0	270,0	5
Хладон 318Ц	9100	0	35,0	4
<b>Novac 1230 («сухая вода»)</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,014</b>	<b>1</b>
Хладон 227ea	2900	0	36,5	3
Хладон 125	3400	0	32,6	2

Рис. 1. Характеристика воздействия хладонов на окружающую среду

Первым критерием для сравнения ГОТВ является безопасность для людей. Основные параметры для каждого ГОТВ приведены на рисунке 2.

Второй критерий – воздействие на окружающую среду. Чтобы оценить влияние хладонов на окружающую среду можно сравнить величину показателя потенциала глобального потепления, озоноразрушающего потенциала и времени их жизни в атмосфере [4, 5].

<i>Название</i>	<i>Нормативная объемная огнетушащая концентрация, %</i>	<i>Предельно до- пустимая кон- центрация, %</i>	<i>Запас без- опасности для человека, %</i>	<i>Рейтинг по крите- рию</i>
Хладон 23	14,6	≥ 50,0	≥ 35,4	1
Хладон 318Ц	7,8	30,0	22,2	2
<b>Noves 1230 («сухая» вода)</b>	<b>4,2</b>	<b>10,0</b>	<b>5,8</b>	<b>3</b>
Хладон 227еа	7,2	10,5	3,3	4
Хладон 125	9,8	10,0	0,2	5

Рис. 2. Характеристика газовых огнетушащих веществ (ГОТВ) по критерию безопасности для человека

Из собранных выше данных следует вывод, что инновационная «сухая вода» не достаточно безопасна для организма человека, так как отсутствуют данные о долгосрочном влиянии на организм человека. Это опровергает необоснованные сообщения о абсолютно безвредном ГОТВ. Но тем не менее, Noves™ 1230 оказывает минимальное негативное влияние на окружающую природу и содержит в себе наибольшую огнетушащую способность из рассмотренных хладагентов.

## Литература

1. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования : утв. Приказом МЧС России от 25.03.2009 № 175 (ред. от 01.06.2011).
2. Технический бюллетень ГОТВ 3М™ Noves™ 1230. Информация о продукте Noves 1230.
3. Установки газового пожаротушения с применением ГОТВ: Каталог оборудования российского производителя АУППТ Холдинг ОСК групп. М., 2017. С. 4–10.
4. SO 14520-1:2015. Системы газового пожаротушения. Физические свойства и проектирование. Часть 1. Общие требования.
5. Федоров В. С., Левитский В. Е., Молчадский И. С., Александров А. В. Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций. М. : АСВ, 2009. 408 с.

**УДК 628.1**

*Елена Александровна Корнеева,*  
аспирант  
*Алексей Петрович Авсюкевич,*  
канд. техн. наук, старший преподаватель  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: linka360639020@yandex.ru,*  
*aap.spbgasu@yandex.ru*

*Elena Aleksandrovna Korneeva,*  
postgraduate student  
*Alexey Peyrovich Avsyukevich,*  
PhD in Sci. Tech., Senior Lecturer  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: linka360639020@yandex.ru,*  
*aap.spbgasu@yandex.ru*

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
ХАРАКТЕРИСТИК ФИЛЬТРОВ  
РАЗЛИЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**COMPARATIVE ANALYSIS  
OF THE CHARACTERISTICS  
OF FILTERS OF VARIOUS DESIGNS**

Целью настоящей статьи является сравнительный анализ различных конструкций фильтров, а также материалов подходящих для очистки нефтесодержащих вод. Фильтры проанализированы по нескольким показателям, таким как габаритность конструкции, производительность и эффективность их использования. Результатом анализа является обоснование рационального использования определенных конструкций и материалов фильтров для очистки нефтесодержащих сточных вод.

*Ключевые слова:* фильтры, нефтесодержащие сточные воды, сравнительный анализ, очистка, фильтрация.

The purpose of this article is a comparative analysis of various filter designs, as well as materials suitable for the purification of oily waters. Filters are analyzed by several indicators, such as overall design, performance and efficiency of their use. The result of the analysis is the rationale for the rational use of certain filter designs and materials for the purification of oily wastewater.

*Keywords:* filters, oily wastewater, comparative analysis, purification, filtration.

Метод фильтрации чаще всего используется во многих технологических схемах очистки сточных вод для снижения со-

держания взвешенных частиц и извлечения ряда загрязняющих веществ, его эффективность зависит от типа фильтра и фильтрующего материала [1-3]. Все используемые фильтры должны соответствовать следующим требованиям: обладать высокой производительностью, достигать требуемых остаточных концентраций, обладать хорошими адгезионными свойствами по отношению к удаляемым загрязнителям [4-6]. Кроме того, регенерация или очистка фильтров должна легко выполняться, а фильтр иметь относительно малые габариты.

На современных очистных сооружениях осуществляются последовательные многоступенчатые технологические процессы удаления загрязняющих веществ из сточных вод. Очистка сточных вод может осуществляться в три этапа: механическая очистка, биологическая очистка, доочистка и обеззараживание. Результатом механической очистки является освобождение сточных вод от отходов, крупных примесей, песка и взвешенных веществ [7-8].

Для сравнения качества механической очистки сточных вод нами были проведен сравнительный анализ фильтров различной конструкций и материалов.

Авторами был произведен сравнительный анализ различных фильтров, используемых при очистке нефтесодержащих вод (см. таблицу). Рассматривались такие фильтры как: фильтр с зернистой загрузкой, фильтр с эластичной загрузкой (полимерные материалы), фильтр по Демкову А. И., коалесцентный фильтр, фильтр из полимерных материалов.

Каждый фильтр имеет свои особенности конструкции, различные условия регенерации, а также производительность и эффективность. В результате сравнительного анализа было определено, что фильтр из полимерного материала обладает наилучшими характеристиками по нескольким показателям. Данный фильтр требует детального изучения, и в случае положительных результатов может быть рекомендован к использованию при очистке нефтесодержащих сточных вод.

### Сравнительный анализ характеристик фильтров различной конструкции

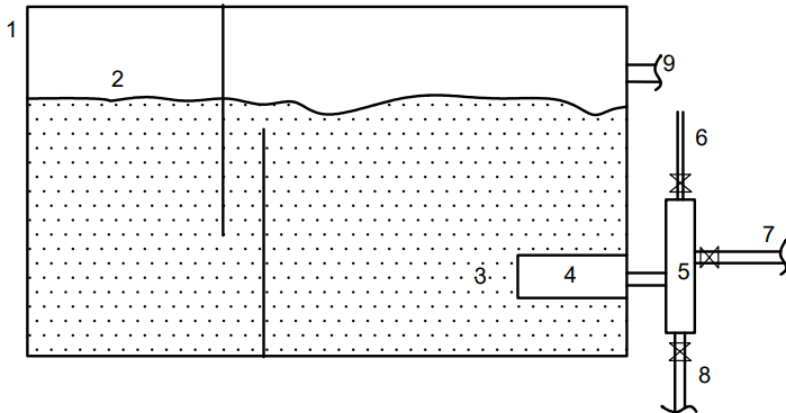
Тип фильтра	Характеристики	Достоинства	Недостатки
Фильтры с зернистой загрузкой	<p>Регенерация загрузки осуществляется горячей водой.</p> <p>Продолжительность водовоздушной промывки – 10–12 мин, после чего в течение 3–4 мин фильтр промывается только чистой водой.</p> <p>При эксплуатации фильтра образуется 2–20 % эмульгированной промывной воды.</p> <p>Остаточная концентрация нефтепродуктов составляет 10–20 мг/дм<sup>3</sup></p>	<p>Изменение типа загрузочного материала – использование в качестве загрузочного материала керамзита или вспененного полистирола</p>	<p>Сложность регенерации.</p> <p>Относительно малая удельная грязеемкость, нефтеемкость основного фильтрующего материала.</p> <p>Фильтр не рассчитан на перегрузку из-за ухудшения эффективности очистки</p>
Фильтры с эластичной загрузкой	<p>Фильтрующая установка состоит из двух последовательных фильтров 1 и 2 ступени.</p> <p>Скорость фильтрования принимается до 10 м/ч.</p> <p>В качестве фильтрующего материала принимается пенополиуретан.</p> <p>Регенерация первого фильтра осуществляется путем</p>	<p>Эффективность очистки выше в сравнении с зернистым фильтром</p>	<p>С увеличением скорости фильтрации происходит процесс выноса эмульгированного нефтепродукта из фильтра</p>

Тип фильтра	Характеристики	Достоинства	Недостатки
	(ручного или пневматического) механического отжатия загрузки, второго – путем водовоздушной промывки. Производительность около 10 м <sup>3</sup> /ч, остаточное содержание нефтепродукта в фильтрате 10 мг/дм <sup>3</sup>		Низкая производительность. Сложность регенерации
Фильтры А. И. Демкова	Можно задать любой слой фильтрующего материала – от 1 см и более. По мере насыщения фильтрующего материала уловленными примесями происходит увеличение гидравлического сопротивления фильтра	Многослойность	Занимает значительную площадь. Степень очистки не указывается
Установка с пластинами-коалесцен-торами	Размер по длине определяется количеством блоков пластин в установке (от 1 до 3). Чем меньше исходная концентрация нефтепродуктов в воде и чем выше требуемая степень разделения. Могут использоваться в открытых и закрытых резервуарах. Остаточная концентрация нефтепродуктов в воде составляет до 10 мг/дм <sup>3</sup>	Могут использоваться в открытых и закрытых резервуарах	Значительные габариты
Фильтры из полимерного материала	Фильтр состоит из каркасного материала (полиэтилена) и внутреннего материала – полипропилена. Производится любых размеров в зависимости от назначения	Обладает низким гидравлическим сопротивлением	Новый материал, требующий более тщательного изучения



Тип фильтра	Характеристики	Достоинства	Недостатки
Фильтры из полимерного материала	Производительность порядка 25 000 м <sup>3</sup> /сут. Очистка фильтра производится сжатым воздухом посредством 5-секундной продувки. Остаточные концентрации по нефтепродуктам составляют менее 5 мг/дм <sup>3</sup>	Имеет высокую производительность и эффективность. Простота регенерации. Малые габариты	

Так как лидирующий фильтр недостаточно изучен, авторами было принято решение испытать его. Для подтверждения результатов проведенного сравнительного анализа полипропиленовый фильтр был исследован на модельной установке (см. рисунок).



Модельная установка: 1 – нефтеловушка; 2 – место подачи модельного раствора; 3 – место отбора проб (до фильтра); 4 – полипропиленовый фильтр; 5 – тройник; 6 – воздушная трубка; 7 – трубка, соединяющая баллон со сжатым воздухом; 8 – водоотводящая трубка (ведет к месту отбора проб после фильтра); 9 – перелив

В результате лабораторных исследований определены остаточные концентрации нефтепродукта после фильтрации нефтесодержащих вод. По результатам лабораторных исследований были получены остаточные концентрации в пределах 5 мг/дм<sup>3</sup>. Фильтр показал достаточно высокую производительность и эффективность, имеет малые габариты, низкое гидравлическое сопротивление.

Таким образом был проведен сравнительный анализ фильтров различных конструкций по нескольким показателям, в результате которого определен наилучший фильтр – фильтр из полимерных материалов.

Эффективность работы фильтра значительно превышает фильтры, рассмотренные в сравнительном анализе (зернистый фильтр, фильтр с эластичной загрузкой, фильтр по Демкову, коалесцентный фильтр и т. д.). Также малые габариты фильтра позволяют разместить его в нефтеловушке (отстойнике). Промывная вода отсутствует, так как очистка фильтра осуществляется продувкой сжатым воздухом.

Данный фильтр может быть рекомендован к использованию на уровне с коалесцентным фильтром для очистки нефтесодержащих сточных вод.

## Литература

1. *Золотов А. В.* Обзор методов и устройств очистки нефтесодержащих стоков // Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. № 9. С. 42–47.
2. *Radaev A., Korneeva E.* Method for forecasting pollution of urban areas // E3S Web of Conferences: International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering. 2019. Vol. 140. P. 1–8.
3. *Корнеева Е. А., Авсюкевич А. П., Кудрявцев А. В.* Изыскания и ликвидация загрязнений грунтовых вод. // Промышленное и гражданское строительство. 2022. № 5. С. 31–37.
4. *Урмитова Н. С., Абитов Р. Н., Низамова А. Х.* Коалесцирующие материалы, применяемые в насадках установок очистки нефтесодержащих сточных вод // Сб. трудов XII Международной научно-технической конференции памяти академика РАН С. В. Яковлева «Яковлевские чтения». 2017. С. 912.
5. *Кузнецова В. М., Овсянкина А. В.* Современный взгляд на методы очистки сточных вод на нефтеперерабатывающих заводах и предприятиях // Молодой ученый. 2017. № 32(166). С. 4–9.

6. Методы очистки сточных вод от нефтепродуктов. URL: <https://masters.donntu.ru/2012/feht/shirokorodova/library/article9.htm> (дата обращения: 11.11.2022).
7. Урмитова Н. С., Набитов Р. Н., Назимова А. Х., Шагиева Л. Д. Исследование процессов фильтрации и коалесценции нефтяной эмульсии в лабораторных условиях // Известия КГАСУ. 2018. № 4 (46). С. 256–263.
8. Веприкова Е. В., Терещенко Е. А., Чесноков Н. В., Щипко М. Л., Кузнецов Б. Н. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей // Журнал СФУ. Химия. 2010. № 3. С. 285–304.

УДК 69.059

*Марина Борисовна Кочкарева,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: mkochka@mail.ru*

*Marina Borisovna Kochkareva,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: mkochka@mail.ru*

## **ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО САНАЦИИ (КАПИТАЛЬНОМУ РЕМОНТУ) СМОТРОВЫХ КОЛОДЦЕВ ПОЛИМЕРНЫМ ЛИСТОМ**

### **PROBLEMATIK ISSUES DURING THE REHABILITATION (OVERHAUL) OF MANHOLES WITH A POLEMER SHEET**

Одним наиболее результативным методом санации смотровых колодцев выступает футерование стенок колодца полимерным листом из полиэтилена высокой плотности низкого давления с дискретными анкерующими элементами. Изделия, футерованные полимерным листом, сочетают в себе преимущества железобетона – высокую прочность и жёсткость, со свойствами полиэтилена – устойчивостью к агрессивным средам.

*Ключевые слова:* смотровой колодец, санация, полимерный лист, футерование, инженерные сети.

One of the most effective methods of sanitation of manholes is lining the walls of the manhole with a polymer sheet made of high-density low-pressure polyethylene with discrete anchoring elements. Products lined with a polymer sheet, combine the advantages of reinforced concrete - high strength and rigidity, with the properties of polyethylene - resistance to aggressive environments.

*Keywords:* manhole, rehabilitation, polymer sheet, lining, external utilities.

В современных реалиях изменения требований экономики повлияли и на направленность жилищного строительства. Высокими темпами идёт освоение, развитие и сельских, и городских территорий. При этом наблюдаются тенденции на наполнение плотности застройки, в том числе и в исторически сложившихся районах. При этом ужесточение требований к безопасности (в том

числе и пожарной) и повышение уровня благоустройства ведут к увеличению количества инженерных коммуникаций, в частности водоснабжения и водоотведения. Увеличиваются требования к их пропускной способности. От качества и безотказности работы трубопроводов зависит комфортный уровень жизни населения, работа предприятий, социальных учреждений. При этом техногенная структура территорий должна остаться неизменной. Аварии, ненадёжная работа сетей водоснабжения и водоотведения, мало того, что сопровождаются большими потерями воды, ещё и ведут к затоплению подвальных помещений, что создает угрозу повреждения близлежащих сооружений.

В последние годы всё чаще строительство, реконструкция и реновация инженерных сетей проводятся в условиях уже сложившейся городской застройки, а значит стеснённых условиях. Это и интенсивное движение городского транспорта и пешеходов в непосредственной близости от места проведения работ, близость фундаментов зданий, некоторые работы ведутся по территории действующих предприятий.

Открытым способом осуществить работы очень сложно, а иногда и невозможно, т.к. это связано с перекрытием транспортных потоков, вскрытием и дальнейшим восстановлением асфальтобетонных покрытий, нарушением зеленых насаждений и т.д. В данном случае на помощь приходят технологии бестраншейной прокладки инженерных сетей. И если методы бестраншейного ремонта [1], позволяющие производить строительство и восстановление трубопроводов через смотровые колодцы без нарушения городского ландшафта, широко рассмотрены и проанализированы, то в данной работе хотелось бы остановиться на организации производства работ и ведение документации при санации самих смотровых колодцев.

Одним наиболее результативным методом санации смотровых колодцев выступает футерование стенок колодца полимерным листом из полиэтилена высокой плотности низкого давления с дискретными анкерующими элементами [2]. Футерованный полимерным листом железобетон – композиционный материал, сочетающий в себе прочностные свойства железобетона и водо-

непроницаемость пластика. Смотровые колодцы, обработанные таким листом, отвечают всем современным методам экологии.

Производство работ по санации и восстановлению смотровых колодцев полимерным листом, ведение документации должно проводиться в следующей последовательности:

- заказчик (владелец сетей) составляет Заявку на обследование смотровых колодцев и проводится обследование на предмет выявления дефектов.

- после проведения обследования и выявления дефектов, составляется дефектная ведомость. На основании дефектной ведомости составляется Техническое задание (ТЗ).

- проектная организация, получив дефектную ведомость и ТЗ разрабатывает проектную документацию на санацию. После выбора подрядчика и начинаются работы по проведению и ремонт смотровых колодцев.

- затем Заказчиком проводится тендер на санацию.

После проведения данных мероприятий дальнейшие работы проводятся в следующем порядке:

1. Отвод воды при наличии постоянных и временных (периодических) водотоков.

После проведения этого этапа составляется акт выполненных работ на необходимые работы по откачке воды и/или установке пневмозаглушки.

2. Расчистка стенок и дна колодца вручную от грязи, наносов, заиливания и вывалов грунта.

3. После проведения этого этапа работ проводится комиссионное обследование корпуса колодца и его дефектов. В комиссии должны присутствовать представители:

- заказчика (владелец сетей);
- производителя работ;
- проектной организации, разработавшей документацию.

Данное мероприятие проводится в связи с тем, что с момента обследования колодца, которое и явилось основанием для разработки проектных решений по капитальному ремонту/санации, до реализации проекта может пройти достаточно большое количество времени (1–3 года). За такое время дефекты могут получить

достаточное развитие, создав ситуацию, в которой принятые проектные решения по ремонту объекта не смогут обеспечить необходимые показатели, предъявляемые нормативными документами к безопасности, долговечности и несущей способности, и потребуются корректировка документации и, как следствие, увеличение объёмов работ и повышение сметной стоимости строительно-монтажных работ по объекту.

Результатом комиссионного обследования является акт об обследовании, в котором указаны причины проведения обследования, его результат и решения, принятые по результатам обследования. Если дефекты получили своё развитие, то необходимо увеличение объёмов и типов работ:

- увеличение параметров трещин и их количества (ведёт к увеличению объёмов ремонтных составов);
- увеличение смещения (сдвига) между секциями (ведёт к увеличению арматурного каркаса, увеличению объёма инъекционной смеси);
- появление новых ранее не обнаруженных дефектов (ведёт к увеличению объёмов ремонтных составов и т. д.);
- прочее.

В решениях комиссии должно быть указано об организации технического совета с участием всех заинтересованных сторон для утверждения внесения изменений в проектно-сметную документацию и увеличения сметной стоимости строительно-монтажных работ.

К акту комиссионного обследования должны прилагаться следующие документы:

- дефектная ведомость из состава проектной документации;
- дефектная ведомость по результатам обследования;
- исполнительная геодезическая схема положения смотрового колодца, как в профиле, так и в плане (при необходимости).

Сам акт и все приложения к нему должны быть подписаны ответственными лицами, проводившими обследование, и всеми участниками комиссии.

#### 4. Ликвидация дефектов корпусов смотрового колодца:

- разделка трещин в штрабы;

- заделка штроб ремонтными составами (при необходимости);
- удаление слабого бетона;
- очистка оголённой арматуры от ржавчины;
- ремонт сколов, выбоин и разрушенных участков ремонтными составами (при необходимости);
  - ремонт межсекционных швов быстротвердеющими смесями (при необходимости);
  - в случае наличия активных течей устранить напор воды сверхбыстротвердеющим материалом (например, водяная пробка «Ультра» Лахта или аналоги).

После проведения этого этапа составляется акт освидетельствования скрытых работ, к данному акту должна прилагаться исполнительная схема на произведённые работы, паспорта и сертификаты на использованные материалы.

#### 5. Монтаж арматурного каркаса усиления

После проведения этого этапа составляется акт освидетельствования скрытых работ, к данному акту должна прилагаться исполнительная схема расположения арматурного каркаса в корпусе смотрового колодца, участки и схема устройства и расположения стыков арматуры, схема зазоров между арматурными элементами и существующими стенками колодца, паспорта и сертификаты на использованные материалы.

#### 6. Монтаж бетонозащитных анкерных полимерных листов.

Проваркой внутренних полиэтиленовых панелей посредством ручной экструзии (сварка) достигается герметичность.

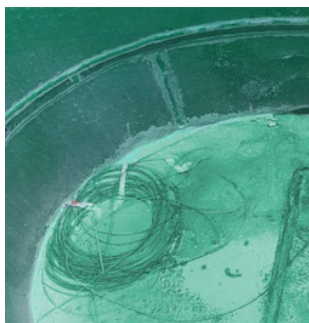


Рис. 1. Выполненные экструзионные швы



После проведения данного этапа осуществляется визуальный контроль и составляется акт выполненных работ. К этому акту прилагается схема зазоров между арматурными элементами и полимерным листом, паспорта и сертификаты на использованные материалы.

#### 7. Заполнение инъекционным раствором.

После проведения этого этапа составляется акт освидетельствования скрытых работ, к данному акту должна прилагаться исполнительная схема этапов заполнения инъекционным раствором, паспорта и сертификаты на использованные материалы (для инъекционной смеси предоставляются паспорта на каждую партию)

#### 8. Приёмка выполненных работ.

При приёме выполненных работ, заполняется Акт приёмки выполненных работ по объекту. К акту прилагается комплект рабочих чертежей с надписями о соответствии выполненных в натуре работ по этим чертежам, сделанным лицами, ответственными за производство строительно-монтажных работ на основании распорядительного документа (приказа), подтверждающего полномочия лица.

В результате, сложности устранения пропускаемости стенок смотровых колодцев устраняются посредством абсолютно герметичной оболочки с использованием анкерного листа. Стыки листов провариваются с помощью экструзионной сварки, в результате получается полностью герметичная ёмкость. Получаем водонепроницаемые стенки без протечек [3]. Обработка стенок колодцев полимерным листом является одним из самых экономичных и быстрых решений для создания абсолютной гидроизоляции.

Основной принцип применения полимерных панелей с анкерными элементами V-Lock заключается в способности панелей эффективно закрепляться в слое бетона (рис. 2, 3). При этом обеспечивается прочность на отрыв согласно испытаний равная  $20 \text{ тс/м}^2$ , что позволяет смотровым колодцам противостоять высокому давлению грунтовых вод [2].

Сравнительный анализ железобетонного колодца и колодца футерованного полимерным листом [2] приведён в таблице.

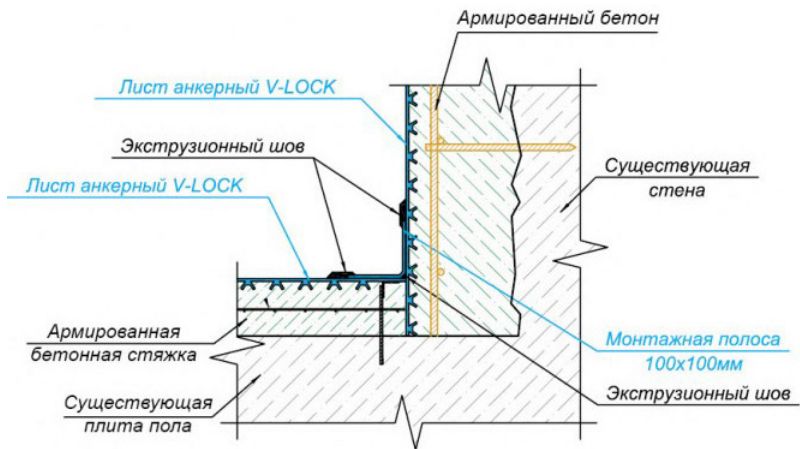


Рис. 2. Санация смотрового колодца полимерным листом с бетонированием



Рис. 3. Вид смотрового колодца, футерованного полимерным листом

**Сравнительный анализ железобетонного колодца  
и колодца, футерованного полимерным листом**

Железобетонный колодец	Железобетонный колодец, футерованный полимерным листом	Преимущества железобетонного колодца, футерованного полимерным листом
<b>Материал колодца</b>		
Железобетон	Полимербетонная конструкция	Соединение двух типов материалов во время санации (ремонта) сочетает в себе все преимущества железобетона и полимера
<b>Нормативный срок эксплуатации</b>		
Зависит от местных геологических условий, транспортных нагрузок и агрессивности сточных вод	При неагрессивности грунтов к бетону сопоставим со сроком службы полимерной футеровки, не менее 50 лет. Лист из ПЭ-100, высокого/низкого давления	Имеет более долгий срок службы, не требующий ремонта колодца на протяжении всего срока эксплуатации
<b>Стойкость к агрессивным средам</b>		
Низкая	Высокая	Ж/б с футеровкой можно применять в районах, где существует вероятность присутствия в грунтах химически агрессивных сред и отходов

Железобетонный колодец	Железобетонный колодец, футерованный полимерным листом	Преимущества железобетонного колодца, футерованного полимерным листом
<b>Герметичность</b>		
<p>Плохая, необходимо применять дополнительные мероприятия для герметизации: заделка стыков между ж/б элементами; обработка битумными мастиками наружных поверхностей</p>	<p>Герметичность достигается проваркой внутренних полиэтиленовых панелей посредством ручной экструзии (сварка) и за счет установки закладных элементов Т-образного профиля, не допускающих расслоения конструкции</p>	<p>Обеспечивается полная герметичность по всей высоте колодца</p>
<b>Эксплуатация и устранение дефектов</b>		
<p>В период эксплуатации теряет свою герметичность. Это приводит к дополнительному притоку грунтовых вод, тем самым повышая нагрузку на очистные сооружения, происходит вымывание песка, что влияет на просадку дорожного полотна. При просадке грунта вместе с колодцем требуется регулировка колодца по высоте</p>	<p>При просадке грунта вместе с колодцем требуется регулировка колодца по высоте. Герметичность в таком случае не нарушается, так как внутренняя полиэтиленовая футеровка обладает пластичностью и может упруго деформироваться при смещениях</p>	<p>Ж/б колодцы, футерованные полимерным листом, не требуют организации мероприятий по профилактическому ремонту колодцев. В связи с этим эксплуатационные издержки значительно уменьшаются</p>

Железобетонный колодец	Железобетонный колодец, футерованный полимерным листом	Преимущества железобетонного колодца, футерованного полимерным листом
<b>Особенности ремонта</b>		
Требует герметизации внутреннего слоя ЦПС, а также наружного слоя битумными мастиками	Требует проварки шва ручным экструдером	Процесс санации колодца полимерными листами отличается от ремонта ж/б колодца ГОСТ 8020–90 только лишь необходимостью проварки внутренних швов колодца ручным экструдером
<b>Типовые решения соединения с пластиковыми трубами</b>		
Для присоединения к железобетонному колодцу требуются дополнительные специальные муфты. По месту необходимо вырезать отверстия с последующей цементацией места установки муфты в стенку колодца	Полностью совместимы с трубами из полимерных материалов. Для присоединения необходимо: вырезать отверстия фрезой, установить муфту для прохода через стенку ж/б колодца, зацементировать места установки муфты в стенку колодца. Проварить ручным экструдером внутренние соединения между муфтой и полиэтиленовым листом	Так как в настоящее время при строительстве канализационных сетей используются пластиковые материалы, применение колодцев с полимерной футеровкой делает систему единой по материалу, что дает гарантию долговременной эксплуатации без нарушения герметичности

Основной целью применения полимерных листов для санации колодцев является снижение издержек (затрат, расходов) при ремонте, а также увеличение срока службы смотровых колодцев без текущих и капитальных ремонтов [3].

К недостаткам применения полимерных листов можно отнести проведение экструзионной сварки специальным инструментом (экструдером) в местах стыков заменяемых элементов или местах локального восстановления механических повреждений.

В данной работе была подведена и упорядочена последовательность работ при проведении санации смотрового колодца полимерным листом, от возникновения проблемы и постановки задачи, до ее выполнения. Определена последовательность ведения документации и перечислены необходимые акты, паспорта и сертификаты. Также был проведен сравнительный анализ и показаны преимущества санации смотровых колодцев полимерным листом.

Востребованность данной технологии обусловлена тем, что в результате проведения работ будет обеспечена не только экологическая безопасность при эксплуатации смотровых колодцев и снижены затраты на ремонт, но и увеличена продолжительность срока службы (более 50 лет).

## Литература

1. Юдина А. Ф., Кобелев Е. А. Инновационные технологии бестраншейной прокладки новых и ремонта старых инженерных сетей // Научно-строительный журнал «Вестник гражданских инженеров». 2017. № 3. С. 101–108.
2. Гидроизоляционные инженерные сооружения URL: [http:// gisspb.ru](http://gisspb.ru) (дата обращения 25.11. 2022 г.).
3. Современные геосинтетические материалы URL: [http:// texpolimer.ru](http://texpolimer.ru) (дата обращения 27.11.2022 г.).

УДК 628.2

*Анастасия Маратовна Крюкова,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
E-mail: milakum99@yandex.ru

*Anastasia Maratovna Kriukova,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
E-mail: milakum99@yandex.ru

## **ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКИХ ОБЪЕМОВ СТОЧНЫХ ВОД, СБРАСЫВАЕМЫХ ЧЕРЕЗ ЛИВНЕСПУСКИ**

### **PROBLEMS OF DETERMINING THE ACTUAL VOLUME OF WASTEWATER DISCHARGED THROUGH STORM OUTLETS**

В соответствии с действующим законодательством Российской Федерации за сбросы сточных вод через ливнеспуски необходимо вносить плату в зависимости от объемов сточных вод и концентраций загрязнений в них. Сбросы осуществляются в окружающую среду (водные объекты) и централизованную систему водоотведения (регулирующие резервуары на той же сети или в сеть, принадлежащую другому бассейну канализования). При этом допускается определение фактических объемов расчетным методом. В то же время существующие методики расчетов ливнеспусков не могут быть применены для решения данной задачи. Поскольку они разработаны для оценки максимальных расходов и средних годовых сбросов при условии, что климатические параметры и коэффициенты покрова с момента проектирования не менялись. Т. е. фактическая оценка объемов сбросов через эксплуатируемые ливнеспуски на постоянно развивающихся урбанизированных территориях за периоды меньше одного года с их применением невозможна. Поэтому обоснован вариант решения данной задачи с применением гидравлических моделей, в которых в качестве исходных данных применяются профили фактических дождей (изменение интенсивности во времени), а в качестве решения – профили расходов сточных вод через ливнеспуски.

*Ключевые слова:* расчетный расход дождевых вод, ливнепуск, поверхностные сточные воды, объем сточных вод, охрана окружающей среды, изменение климата.

According to Russian laws, wastewater discharges through storm outlets must be paid depending on the volume of wastewater and the pollution concentrations

in it. Discharges are made into the environment (water bodies), a centralized water disposal system (regulating reservoirs on the same network or into a network owned by another canalization basin). It is allowed to determine actual volumes by calculation method. At the same time, the existing methods of calculating storm outlets cannot be applied to this task. The reason for this is they are designed to estimate maximum flows and average annual discharges, provided that climatic parameters and cover ratios have not changed since design. It is not possible to estimate the actual discharges through exploitable storm outlets in continuously developing urbanized areas for periods of less than one year with their application. Therefore, the article justifies a variant of solution of this problem with the use of hydraulic models, in which profiles of actual rainfall (change of intensity in time) are used as input data, and profiles of wastewater discharge through storm outlets are used as output data.

*Keywords:* estimated rainwater flow, storm outlet, surface wastewater, volume of wastewater, environmental protection, climate change.

С целью благоустройства и охраны окружающей среды необходимо отведение сточных вод, образующихся на территориях жилых, производственных и иных зон. Для этого проектируются и строятся системы водоотведения, включающие отведение поверхностных сточных вод. Поверхностный сток включает в себя атмосферные осадки в виде дождя. При проектировании данной системы выполняется гидравлический расчет, который учитывает расходы дождевых вод по формуле Ж.1 [3].

$$Q_r = \frac{Z_{mid} A^{1,2} F_r}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (1)$$

где  $A$  и  $n$  – параметры, характеризующие расчетную интенсивность дождя для конкретной местности (определяются в соответствии с формулой Ж.2 [3]);  $Z_{mid}$  – среднее значение коэффициента покрова, характеризующего поверхность бассейна стока, определяемое как средневзвешенное значение в зависимости от значений коэффициентов  $Z_i$  для различных видов поверхности водосбора, по таблицам Ж.6 и Ж.7 [3];  $F_r$  – расчетная площадь стока, га, с ограничением не более 150 га;  $t_r$  – расчетная продолжительность дождя, равная продолжительности протекания дождевых вод по поверхности и трубам до расчетного участка (определяется в соответствии с Ж.5 [3]).



$$A = q_{20} 20^n \left( 1 + \frac{\lg P}{\lg m_r} \right)^\gamma, \quad (2)$$

где  $q_{20}$  – интенсивность дождя для данной местности продолжительностью 20 мин при  $P = 1$  год (определяют по рисунку Ж.1 [3]);  $P$  – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя, годы;  $m_r$  – среднее количество дождей за год, по таблице Ж.1 [3];  $n$  – показатель степени, определяемый по таблице Ж.1 [3];  $\gamma$  – показатель степени, принимаемый по таблице Ж.1 [3].

Из формулы следует, что расчетный расход дождевого стока зависит от коэффициентов покрова, площади водосборной поверхности, продолжительности дождя и от климатических параметров, характеризующих расчетный дождь для конкретной местности.

В последние годы во время интенсивных дождей на урбанизированных территориях происходит подтопление. Так, на примере Санкт-Петербурга, с 2016 года по 2022 выпадали дожди с интенсивностью, превышающей расчетную более чем в 2,5 раза [4–6]. Подобное явление говорит об изменении расчетных параметров:

- коэффициенты покрова увеличиваются в связи с плотной застройкой;
- параметры, характеризующие интенсивность дождя, – ввиду изменения климата [7–9].

В сложившейся ситуации одной из эффективных мер является применение ливнеспусков – сооружений на сети водоотведения, служащих для сброса избытков части сточных вод, образующейся из-за увеличения поверхностного стока [10].

Расчетный расход сброса сточных вод через ливнепуск для комбинированной системы водоотведения находят по формуле:

$$Q_{сб} = Q_{дожд} - n_0 Q_{хоз}, \quad (3)$$

где:  $Q_{дожд}$  – суммарный расчетный расход дождевых вод, определяемый по формуле (1);  $n_0$  – коэффициент разбавления;  $Q_{хоз}$  – суммарный расчетный расход хозяйственно-бытовых сточных вод.

Один из самых простых типов – это ливнепуск с прямолинейным боковым водосливом (рис. 1, 2). Геометрические параме-

тры (длина гребня водослива, ширина распределительной камеры) данного ливнеспуска находят на основе формулы (3).

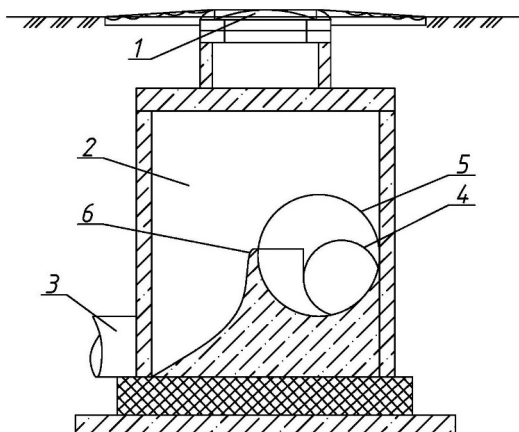


Рис. 1. Разрез 1-1 ливнеспуска с прямолинейным боковым водосливом:  
1 – люк; 2 – корпус; 3 – ливнеотвод (сбросной трубопровод); 4 – отводящий трубопровод; 5 – подводящий трубопровод; 6 – гребень водослива

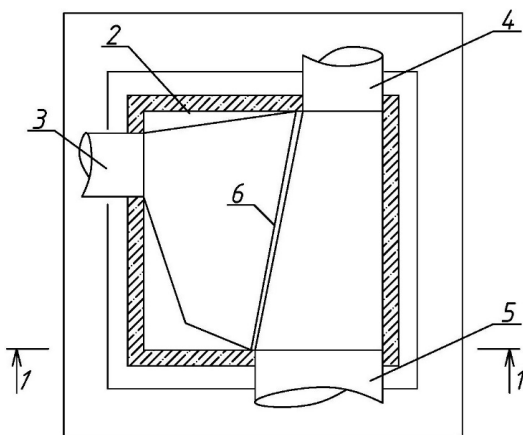


Рис. 2. План ливнеспуска с прямолинейным боковым водосливом:  
2 – корпус; 3 – ливнеотвод (сбросной трубопровод); 4 – отводящий трубопровод; 5 – подводящий трубопровод; 6 – гребень водослива

Принцип его работы: во время дождя в ливнеспуск по подводящему трубопроводу приходит смесь поверхностных и хозяйственно-бытовых сточных вод; гребень водослива с определенной высотой вдоль лотка направляет часть смеси сточных вод дальше по канализационной сети; часть от расчетного расхода дождевого стока переливается через гребень в сбрасываемый трубопровод. Затем сточные воды могут быть направлены в регулирующий резервуар на той же сети или в другой бассейн канализования. Существуют по сей день и ливнеспуски, сбрасывающие загрязнённые воды в водный объект.

В соответствии со статьей 16 Федерального закона «Об охране окружающей среды» [1] за сброс загрязняющих веществ в водные объекты необходимо вносить плату, как за негативное воздействие на окружающую среду. А статья 16.2 того же закона [1] гласит о том, что платежная база для исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду является объём или масса сбросов загрязняющих веществ. Плата при сбросе в централизованную систему водоотведения тоже зависит от объемов сбросов. Согласно постановлению Правительства [2] объемы сбросов должны определяться показаниями прибора учета сточных вод (расходомерами) или расчетным способом. Поскольку установка расходомеров на ливнеспусках экономически не целесообразна (сложный и дорогостоящий процесс), то разработка методик оценки объемов сбросов через них является актуальной. Обзор имеющихся методик расчетов ливнеспусков [11–13] показывает, что все они создавались для определения расчетного расхода через них, но не объемов.

Основы расчета параметров и работа ливнеспусков для общесплавной (комбинированной) сети заложены в 1954 году в монографии М. В. Молокова и Г. Г. Шигорина [14]. Ключевым моментом в теории является максимальная пропускная способность ливнеспуска для общесплавных систем водоотведения равная:

$$(n_0 + 1)Q_{\text{хоз}} - Q_{\text{хоз}} = n_0 Q_{\text{хоз}}. \quad (4)$$

Также получено определение среднего годового объема сброса сточных вод через ливнеспуск, путем умножения среднего сброса

на частоту периодов работы. После соответствующих математических преобразований, пренебрегая ничтожно малыми членами, авторы [14] приводят формулу:

$$W_{\text{год}} = 0,06 \cdot n_0 Q_{\text{хоз}} t_0 m_0 (1,91 \cdot K_1 - 2\sqrt{K_1}) = n_0 Q_{\text{хоз}} t_0 K'', \quad (5)$$

где  $Q_{\text{хоз}}$  – максимальный расход хозяйственно-фекальных и производственных вод в л/с;  $t_0$  – расчетное время добегаания до ливнеспуска, мин;  $n_0$  – коэффициент разбавления;  $m_0$  – частота работы ливнеспуска в году;  $K_1$  – функция от  $m_0$ , характеризует продолжительность среднего сброса ливнеспуском;  $K''$  – функция от  $m_0$ , определяется:

$$K'' = 0,06 m_0 (1,91 \cdot K_1 - 2\sqrt{K_1}). \quad (6)$$

Однако данная теория учитывает сведения об атмосферных осадках, полученных более половины века назад. Расчеты показателей работы ливнеспуска ведутся на средние и средние годовые значения. Кроме того, область ее применения ограничена классическими конструкциями ливнеспусков.

В настоящем времени требуются более точные результаты за меньший период (квартал), учитывающие новые данные об изменении климата и водосборных поверхностей. То есть методика расчета ливнеспусков, которая позволяла бы определять объемы сбросов сточных вод в зависимости от двух параметров: продолжительности и средней интенсивности дождя.

Наиболее приемлемым способом решения этой задачи являются гидравлические модели, в которых в качестве исходных данных вводятся профили фактических дождей, зафиксированные осадкомерами. В результате моделирования определяют графики расхода воды через ливнеспуск (рис. 3). Интеграл этого графика и даст объем сброса сточных вод (рис. 4). Но для практического применения модели не доступны. Поэтому на основании гидравлических расчетов для каждого ливнеспуска необходимо составлять номограмму расчета объема в зависимости от средней интенсивности и продолжительности дождя.

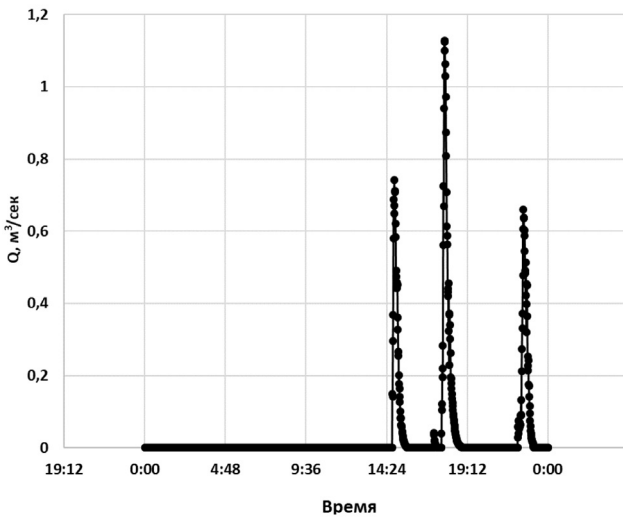


Рис. 3. Динамика изменения расхода сточных вод через ливнепуск

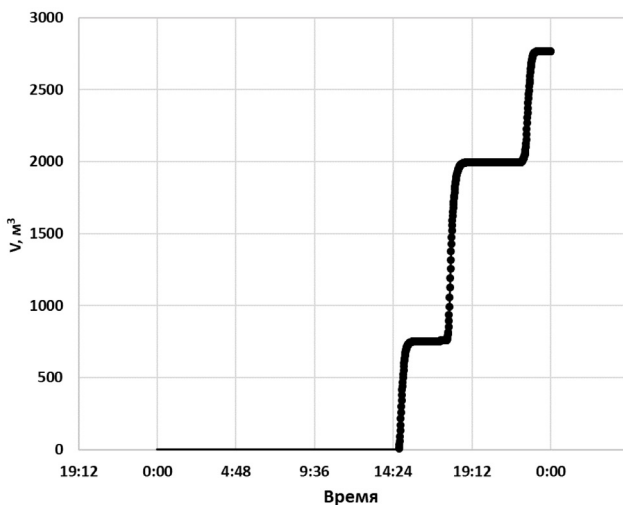


Рис. 4. Динамика изменения объема сточных вод, сбрасываемого через ливнепуск

## Литература

1. Об охране окружающей среды : федер. закон РФ от 10.01.2002 № 7-ФЗ : принят Гос. Думой 20 декабря 2001 г. : одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 г. // Собрание законодательства РФ. – 1994.
2. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 30.11.2021) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
3. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85. М.: Минстрой России, 2019. – 238 с.
4. Водоканал завершил работы по реконструкции ливневой канализации на Рыбинской улице URL: <https://www.gov.spb.ru/press/governor/194554/> (дата обращения 16.11.2022).
5. Водоканал Петербурга назвал районы-рекордсмены по выпавшим в субботу осадкам URL: [https://www.dp.ru/a/2022/11/30/Prospekt\\_tronulsja](https://www.dp.ru/a/2022/11/30/Prospekt_tronulsja) (дата обращения 16.11.2022).
6. Годовой отчет ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» URL: [https://www.vodokanal.spb.ru/presscentr/godovoj\\_otchet/](https://www.vodokanal.spb.ru/presscentr/godovoj_otchet/) (дата обращения 16.11.2022).
7. *Pulhin J. M., Inoue M., Shaw R., Pangilinan M. J. Q., Catudio M.L.R.O.* Climate Change and Disaster Risks in an Unsecured World // In Climate Change, Disaster Risks, and Human Security Springer: Singapore, 2021. Pp. 1–19.
8. *Серебрицкий И. А.* Опыт Санкт-Петербурга в вопросах управления адаптацией к изменениям климата и смягчения антропогенного воздействия на климатическую систему // URL: <http://www.infoeco.ru/index.php?id=8780> (дата обращения 16.11.2022).
9. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. – СПб. : Научно-технологии, 2022. – 124 с.
10. ГОСТ 25150-82 Канализация. Термины и определения. М. : Госстрой СССР, 1982.
11. СНиП II-32-74 Канализация. Наружные сети и сооружения. М. : Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства, 1975. – 95 с.
12. СНиП II-Г.6-62 Канализация. Нормы проектирования. М. : Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства, 1962. – 79 с.
13. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. М. : Госстрой СССР, 1986. – 87 с.
14. *Молоков М. В., Шигорин Г. Г.* Дождевая и общесплавная канализация. М. : Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР. 1954. 241 с.

УДК 628.2

Лю Хао,

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: 304329703@qq.com

Liu Hao,

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: 304329703@qq.com

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ ПЕРЕПАДНЫХ ШАХТ

### NUMERICAL MODELING OF MULTISTAGE OVERFLOW MINES

Для сопряжения канализационных коллекторов, как правило, устраиваются перепадные шахты. Высота перепада может достигать 60 м и более. В результате падения жидкости в нижнем бьефе происходит разрушение водобойного колодца. Одним из вариантов снижения разрушительной способности потока является применение многоступенчатого перепада. В данной работе для моделирования и анализа работы перепадной шахты многоступенчатого типа будет использоваться программа ANSYS FLUENT. Моделируется изменение энергии при падении воды в шахте с различной скоростью. Результаты показывают, что многоступенчатая перепадная шахта рассеивания энергии может эффективно снижать энергию, вырабатываемую падающим потоком при различных скоростях.

*Ключевые слова:* многоступенчатая перепадная шахта, численное моделирование, ANSYS FLUENT, многоступенчатые перепадные шахты.

To connect the sewers, as a rule, arrange drop shafts. The height of the drop can be up to 60 m and more. As a result of the fall of the liquid in the lower reaches, there is a destruction of the water well. One of the options to reduce the destructive capacity of the flow is the use of multistage drop. In this paper, the ANSYS FLUENT program will be used to model and analyze the operation of a multistage drop well. The energy change as the water falls in the mine at different velocities is simulated. The results show that a multistage drop shaft of energy dissipation can effectively reduce the energy produced by the falling flow at different velocities.

*Keywords:* multistage drop shaft, numerical simulation, ANSYS FLUENT, multistage drop shafts.

В канализационных системах для транспортировки стока из районных коллекторов в глубоко заложенные магистральные тоннели

нели используются перепадные шахты различных конструкций. Встречаются конструкции со спиралеобразным лотком по контуру шахты, шахты, оснащенные трубчатым вертикальным стояком, а также многоступенчатые перепады [1]. В данной статье более подробно рассматривается гидравлический режим работы многоступенчатой шахты. За счет падения со ступени на ступень поток создает меньшее разрушающее воздействие на конструкцию сооружения. За счет простоты устройства и эффективной работы подобные сооружения достаточно часто используются в Китае и за рубежом.

На основе предыдущих исследований моделей газожидкостных двухфазных потоков, многоступенчатая перепадная шахта будет смоделирована с использованием двухжидкостной модели, со стандартным уравнением  $k-\epsilon$  для турбулентности жидкой фазы [2-3]. Рассмотрим модель многоступенчатой перепадной шахты, уменьшенную до масштаба 1:30, с исходным диаметром шахты 10 м и высотой 60 м (рис. 1). В ходе моделирования задавались различные скорости потока: 0,4 м/с, 0,6 м/с, 0,8 м/с. Шаг по времени принимался  $\Delta t = 0,1$ , а общее время расчета составило 150 с.

单击设置辅助选择，用于其他工具中

ANSYS  
2021 R2

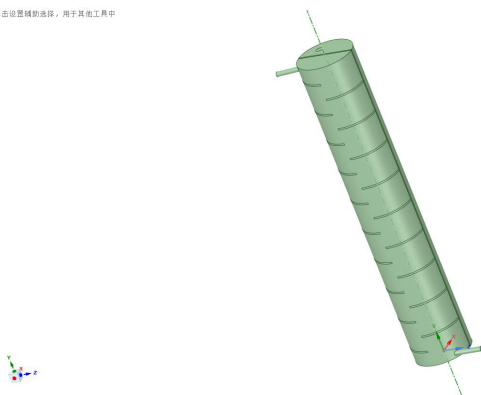


Рис. 1. Моделирование масштабной модели многоступенчатых перепадных шахт

По результатам моделирования было получено падение жидкости по уступам ступенчатого перепада.



Когда скорость потока изменяется это приводит к различным картинам течения в шахте, представленные на рисунке (рис. 2) [4].

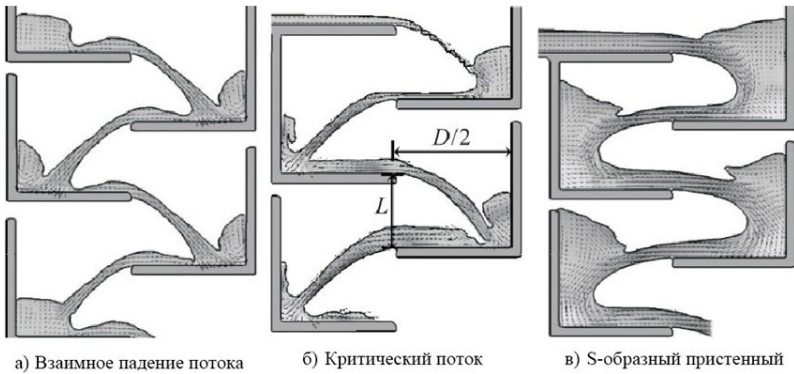


Рис. 2. Три режима течения в шахте

Смоделированный поток качественно соответствует ожиданиям (рис. 3).

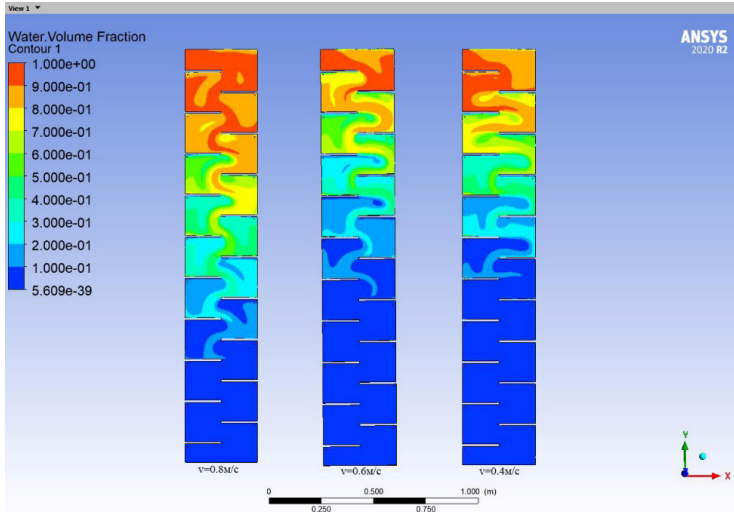


Рис. 3. Характер течения в шахтах при различных скоростях

Турбулентная кинетическая энергия – это физическая величина, которая характеризует интенсивность турбулентности в потоке воды, а ее величина определяет способность турбулентности развиваться или снижаться. Чем выше турбулентная кинетическая энергия, тем более турбулентным является поток в шахте, тем выше степень смешивания и столкновения между отдельными потоками жидкости, и тем эффективнее шахта рассеивает энергию, и наоборот. Распределение турбулентной кинетической энергии для при различных скоростях потока показано на рисунке (рис. 4).

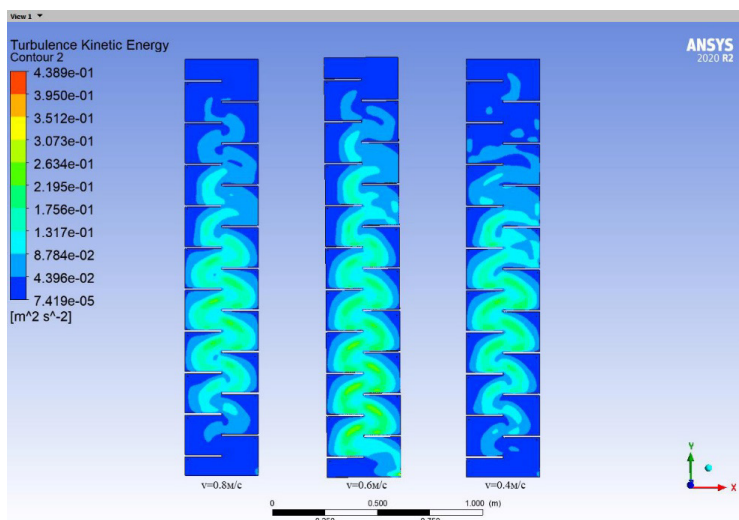


Рис. 4. Турбулентное распределение кинетической энергии в шахтах с различными скоростями

Результаты моделирования аналогичны экспериментальным и могут быть использованы для дальнейшего исследования. [5]

## Литература

1. Niu Zhengming, Hong Di, Xie Xiaoping, et al. Research and Practice of Reconstructing Diversion Tunnels into Swirling Internal Energy Dissipation Flood

Tunnels Taking Gongboxia Hydropower Station as an Example[J] // Advances in Water Conservancy and Hydropower Science and Technology, 2007. № (1). C. 36–41.

2. *Nan J. H., Niu Z. M., Zhang D.* et al. Numerical simulation of cavity gyrating flow in gyrating discharge tunnel[J] // Journal of Sichuan University ( Engineering Science Edition), 2015. № 47( 1) C. 76–83.

3. *He Miao, Liu Gonghui, Li Jun* et al. Solution and analysis of fully transient temperature and pressure coupling model for multiphase flow [J] // Petroleum Drilling Techniques, 2015. № 43(2) C. 25–32.

4. *Wang Zhigang, Zhang Dong, Zhang Hongwei* et al. Functional analysis of folded plates in energy dissipation shafts with folded plates[J] // Journal of Chinese Academy of Water Resources and Hydropower Research, 2015. № 13(4). C. 270–276.

5. *Yang Qian, Yang Qinghua.* Analysis on turbulent dissipation and energy dissipation mechanism of baffle-drop shaft [J] // JOURNAL OF SOUTHEAST UNIVERSITY ( Natural Science Edition), 2020. № 50(3). C. 471–481.

УДК 628.543

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

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

## ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОГО ТИПА ТОНКОСЛОЙНОГО МОДУЛЯ

### EVALUATION OF HYDRAULIC PROPERTIES OF AN IMPROVED TYPE OF LAMELLA MODULE

В статье рассматривается оценка гидравлических свойств нового тонкослойного модуля. Представлен метод определения максимальной скорости жидкости в канале данного модуля. Проведено изучение о влиянии на эффективность осаждения твердых частиц при повышении расстояния между пластинами модуля.

*Ключевые слова:* тонкослойный модуль, отстойник, гидравлические свойства, эффективность осаждения.

The article deals with the evaluation of hydraulic properties of a new lamella module. The method of determining the maximum fluid velocity in the channel of this module is presented. A study on the effect on the efficiency of solid particles deposition when the distance between the plates of the module is increased has been carried out.

*Keywords:* lamella module, settler, hydraulic properties, sedimentation efficiency.

В качестве одного из вариантов решения проблем засорения была предложена идея усовершенствованной конструкции тонкослойного модуля. Конструкция пластины оснащается сборными полками, позволяющими создать локальную область осаждения и удаления осадка.

Полки на пластине представляют собой П-образные выступы, которые расположены под углом от 55° до 60° [1], в виде каналов поперек пластины. Данный тонкослойный модуль располагается и крепится в объеме сооружения. Сбоку модуля устраивается

дополнительный канал, который отделяется от тонкослойного модуля перфорированной пластиной. Перфорация выполняется таким образом, чтобы отверстия совпадали с концами сборных полок. Таким образом взвешенные вещества, накапливающиеся на поверхности полки и двигаясь за счет уклона, через отверстия в стенке будут поступать в общий сборный канал. На рис. 1 представлена усовершенствованная конструкция тонкослойного модуля. Технические характеристики представлены в таблице.

Ламинарный режим движения жидкости в тонкослойном отстойнике характеризуется критерием Рейнольдса, где в качестве характерного размера используется расстояние между пластинами [2, 3]  $Re = v_{cp} H / \nu_{жс} < 500$ , где  $\nu_{жс}$  – коэффициент кинематической вязкости жидкости,  $m^2/c$ ,  $v_{cp}$  – средняя скорость жидкости,  $m/c$ ,  $H$  – характерный размер тонкослойного модуля (в данном случае  $H =$  высота по вертикале  $= b \sin(\alpha)$ ).

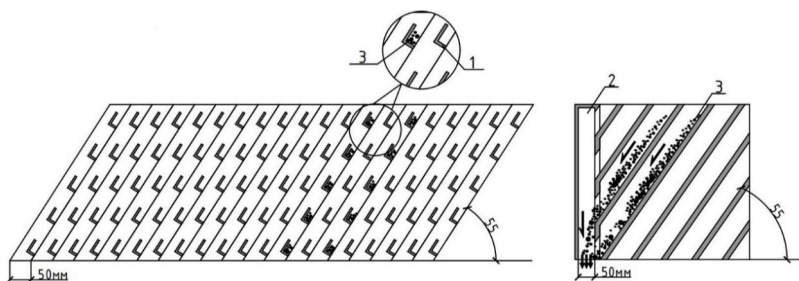


Рис. 1. Усовершенствованная конструкция тонкослойного модуля:  
 1 – полки, отводящие взвесь; 2 – канал для отведения взвеси с полок;  
 3 – взвесь, попадающая на полку

#### Технические характеристики усовершенствованной конструкции тонкослойного модуля

Параметр	Значение
Материал изготовления	ПВХ
Толщина профиля, мм	1,5
Угол наклона листов $\alpha$ , град.	55±60

Параметр	Значение
Шаг между пластинами $b$ , мм	50÷150
Горизонтальная высота модуля, мм	1000/1500
Длина, мм	До 2000 (рекомендация 1000)
Ширина полки	$b\sin(\alpha)/2$

Из уравнения по условию обеспечения ламинарного режима течения жидкости максимально допустимая скорость движения воды:

$$v_{\max} = \frac{Re \cdot v_{\text{жс}}}{H} \cdot 1000 = \frac{500 \cdot 0,000000903}{0,041} \cdot 1000 = 11,01 \text{ мм/с}, \quad (1)$$

где  $Re$  – число Ренольдса, для определения максимальной скорости поток в модуля,  $Re = 500$ ,  $v_{\text{жс}}$  – согласно [4] при  $t = 25^\circ\text{C}$ ,  $v_{\text{жс}} = 0,000000903 \text{ м}^2/\text{с}$ ,  $H$  – характерный размер тонкослойного модуля, в данном случае  $H = 0,05\sin(55^\circ) = 0,041 \text{ м}$ .

При стабилизированном ламинарном режиме движения средняя по сечению скорость составляет половину максимальной [5]:

$$v_{\text{ср}} = \frac{v_{\max}}{2} = \frac{11,01}{2} = 5,51 \text{ мм/с}, \quad (2)$$

На частицу, окруженную жидкостью (например, твердая частица, или капелька жира в воде, или капля воды в масле) действуют три силы (рис. 2):

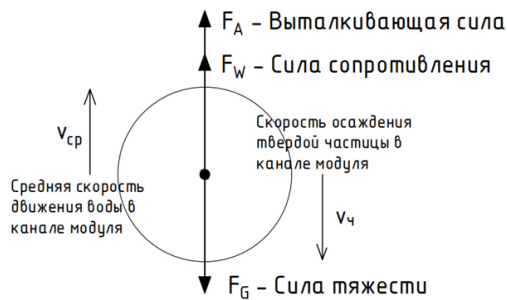


Рис. 2. Силовой анализ твердых частиц в жидкости

Силе тяжести  $F_G$  противостоят выталкивающая сила  $F_A$  и сила сопротивления  $F_W$ . В зависимости от того, выше или ниже значения плотности частицы, чем жидкость, образуется постоянная скорость выталкивания или осаждения  $v_q$  частицы.

Скорость осаждения можно определить с помощью закона Стокса на основании баланса сил, если упрощенно допустить ламинарное обтекание:

$$v_q = \frac{d^2 \cdot (\Delta\rho) \cdot g}{18 \cdot \eta} \cdot 1000 = \frac{0,00008^2 \cdot (1500 - 997,1) \cdot 9,81}{18 \cdot 0,00089} \cdot 1000 = 1,197 \quad (3)$$

Из силового анализа частицы видно что, только компонент скорости частицы по оси  $Y$  больше, чем компонент скорости жидкости по оси  $Y$ , когда частица может завершить осаждение, т.е. означает, что предпосылкой для осаждения частицы является  $v_q > v_{cp}$ . Зависимость отображена на рис. 3.



Рис. 3. График зависимости скорости осаждения от расстояния между пластинами модуля

Видно, что когда расстояние между пластинами от 50 мм до 80мм, частицы не осаждаются в данном тонкослойном модуле, так как скорость движения потока в канале модуля выше чем скорость осаждения частиц, у которых диаметр от 0,1 мм до 0,15 мм, а при диаметре частиц от 0,15 мм до 0,2 мм или больше, частицы в модуле уже осаждаются. По данному результату можно подобрать наиболее эффективное расстояние между пластинами усовершенствованного типа тонкослойного модуля.

## Литература

1. *Maria L.* A study of the lamella settlers at Ringsjö water treatment plant. Sweden : Magnus Larson, 2019. 62 p.
2. *Демура М. В.* Проектирование тонкослойных отстойников. Киев : Будивельник, 1981. 220 с.
3. *Проскураков В. А., Шмидт Л. И.* Очистка сточных вод в химической промышленности. Л. : Химия, Ленингр. отд, 1977. 282 с.
4. *Лифанов Д. О., Корнеева Н. Н.* Применение тонкослойного отстаивания в технике очистки воды // Сб. науч. тр. 8-й Междунар. науч.практич. конф. молодых ученых и студентов «Опыт прошлого – взгляд в будущее». 2018. С. 331–334.
5. *Лантева Н. Е.* Ламинарный и турбулентный режим движения жидкости. Екатеринбург : Учебное электронное текстовое издание, 2011. 15 с.
6. Плотность воды, теплопроводность и физические свойства H<sub>2</sub>O. URL: <http://thermalinfo.ru/svoystva-zhidkostej/voda-i-rastvory/teploprovodnost-i-plotnost-vody-teplofizicheskie-svoystva-vody-h2o#plotnost-vody> (дата обращения: 19.11.2022).
7. Динамический коэффициент вязкости воды. URL: <http://www.fptl.ru/spravo4nik/vyazkost-vodi.html> (дата обращения: 19.11.2022).



УДК 332.87:346.9

*Олег Геннадьевич Мамошин,*  
юрист  
(ООО «ЮИТ Сервис»)  
E-mail: oleg-mamoshin@mail.ru

*Oleg Gennadyevich Mamoshin,*  
legal adviser  
(“YIT Service” LLC)  
E-mail: oleg-mamoshin@mail.ru

## **ПРОБЛЕМЫ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ. ПОЗИЦИИ СУДОВ**

### **PROBLEMS DEMARCATION OF EXPLOITATIVE LIABILITY OF UTILITY NETWORKS WATER SUPPLY AND SANITATION NETWORKS OF APARTMENT HOUSES. COURTS' OPINIONS**

Проблема разграничения эксплуатационной ответственности сетей водоснабжения и водоотведения многоквартирных домов остро стоит во взаимоотношениях между организациями, осуществляющими эксплуатацию жилого фонда с одной стороны и организациями водопроводно-канализационного хозяйства – с другой. Позиции естественных монополистов и управляющих организаций, несмотря на наличие четких критериев разграничения ответственности являются противоположными. Не смотря на сложившуюся судебную практику, договоры водоснабжения и водоотведения, заключаемые между сторонами, противоречат требованиям закона.

*Ключевые слова:* водоснабжение, водоотведение, общее имущество, многоквартирный дом, монополия, судебная практика.

Problems demarcation of exploitative liability of utility networks water supply and sanitation network of apartment houses is acute in the relationship between housing organizations, on the one hand, and water supply and sanitations organizations, on the other hand. The positions of natural monopolists and housing organizations, despite the existence of clear criteria for the division of responsibility, are opposite. Despite the prevailing judicial practice, water supply and sanitation agreements concluded between the parties contradict the requirements of the law.

*Keywords:* water supply, sewerage, common property, apartment building, monopoly, judicial practice.

Заключение договора управления многоквартирным домом (далее – МКД), и, как следствие этого, внесение изменений в реестре лицензий субъекта Российской Федерации в отношении данного МКД, в силу требований ст. 162 ЖК РФ [1] влечет необходимость для управляющей организации заключение договоров ресурсоснабжения потребителей (собственников и пользователей помещений, расположенных в МКД), а также в договоров с ресурсоснабжающими организациями (далее – РСО) в целях приобретения коммунальных ресурсов, потребляемых при использовании и содержании общего имущества в многоквартирном доме [2], в т. ч. холодной и горячей воды, а также услуг по водоотведению (далее – договоры РСО).

Организациям, осуществляющим эксплуатацию жилого фонда, следует также обратить на то, что ч. 1 ст. 426 ГК РФ [6], ч. 3 ст. 13 Федерального закона от 07.12.2011 № 416-ФЗ [7] (далее – Закон «О водоснабжении и водоотведении») и п. 18 Постановления-644 установлено, что договор холодного водоснабжения и единый договор холодного водоснабжения и водоотведения являются публичными договорами, из этого следует, то что его условия должны быть одинаковыми для всех абонентов, в т.ч. для управляющих организаций, при этом, как правило, редакции указанных договоров не могут быть разными для различных клиентов, за исключением особо оговоренных случаев, связанных со спецификой деятельности конкретного абонента. При этом, подразумевается обязанность его заключения со стороны РСО при наличии обращения абонента.

По договору водоотведения организация, осуществляющая водоотведение, обязуется осуществлять приём сточных вод абонента в централизованную систему водоотведения и обеспечивать их транспортировку и сброс в водный объект, а абонент обязуется соблюдать требования к составу и свойствам отводимых сточных вод, установленные законодательством, производить организации, осуществляющей водоотведение, оплату водоотведения (ч. 1 ст. 14 Закона «О водоснабжении и водоотведении»), при этом местом исполнения обязательств организацией, осуществляющей водоотведение, является точка на границе эксплуатационной ответственности абонента и этой организации по канализационным сетям, если иное не предусмотрено договором (ч. 7 ст. 14).

Подпунктом «в» п. 34 Постановлением-644, на организацию ВКХ возлагается обязанность обеспечивать эксплуатацию принадлежащих ей, на праве собственности или ином законном основании и (или) находящихся в границах эксплуатационной ответственности такой организации в соответствии с требованиями нормативно-технических документов водопроводных и канализационных сетей.

Таким образом, границей эксплуатационной ответственности будет являться место исполнения обязательств Организации ВКХ (п. 7 ст. 13, 14 Закона о водоснабжении и водоотведении), а местом исполнения её обязательств будет являться точка на границе эксплуатационной ответственности абонента и этой организации по водопроводным и канализационным сетям, если иное не предусмотрено договором водоснабжения и водоотведения (п. 7 ст. 13 и п. 7 ст. 14 Закона «О водоснабжении и водоотведении»).

Из вышесказанного следует то, что обязанность по надлежащей транспортировке питьевой воды до границы эксплуатационной ответственности и сточных вод от границы эксплуатационной ответственности сторон возлагается в силу закона на Организацию ВКХ, которая несет перед управляющими организациями (потребителями коммунальных услуг) обязательства, связанные с обеспечением транспортировке надлежащей питьевой воды до границы эксплуатационной ответственности и транспортировки стоков и надлежащим обслуживанием соответствующих канализационных сетей. По смыслу указанных норм подразумевается, что Организация ВКХ, также ответственна за качество поставляемого ресурса, в т. ч. питьевой воды до абонента, а также отведению сточных вод на границе исполнения обязательств.

Границы эксплуатационной ответственности по водопроводным сетям абонента и организации, осуществляющей ХВС (водоотведение) (далее – ХВС (ВО)), определенные по признаку ответственности за эксплуатацию этих сетей, согласно п. 5 ст. 13, 14 Закона о водоснабжении и водоотведении и Постановления-644 отнесены к существенным условиям договора ХВС.

Вместе с тем, практическая реализация указанного требования имеет сложности в связи с регулярными спорами, возникающими

между управляющими организациями и организациями, осуществляющими водоснабжение и водоотведение (далее – Организации ВКХ), относительно предмета разграничения балансовой принадлежности сетей водоснабжения и водоотведения и эксплуатационной ответственности сторон, в результате чего процесс заключения договоров с РСО может превысить установленный лицензионными требованиями 30-дневный срок, который образуется из-за необходимости составления протоколов разногласий к договорам и их согласования, что в итоге может привести к неисполнению обязанности управляющей организации по начислению платы собственникам МКД за потребление коммунального ресурса в целях содержания общего имущества МКД, что автоматически возлагает такую обязанность на организацию ВКХ до момента заключения такого договора. Несмотря на то, что при данной ситуации событие административного правонарушения, предусмотренного ч. 3 ст. 14.1.3 КоАП РФ, не наступает ввиду добросовестного поведения управляющей организации, тем не менее, повлечет сложности во взаимоотношении между потребителями (собственниками), управляющей организации и РСО в связи с необходимостью синхронизации показаний индивидуальных приборов учета холодной и горячей воды, особенно остро данная проблема стоит в случае смены способа управления МКД или смены управляющей организации, осуществляющей управление МКД.

Указанная проблема может быть решена строгим соблюдением требований п. 8 правил содержания общего имущества в многоквартирном доме [3] (далее – Постановление-491). согласно которому: «Внешней границей сетей электро-, тепло-, водоснабжения и водоотведения, информационно-телекоммуникационных сетей (в том числе сетей проводного радиовещания, кабельного телевидения, оптоволоконной сети, линий телефонной связи и других подобных сетей), входящих в состав общего имущества, если иное не установлено законодательством, является внешняя граница стены многоквартирного дома, а границей эксплуатационной ответственности при наличии коллективного (общедомового) прибора учета соответствующего коммунального ресурса, если иное не установлено соглашением собственников помещений с исполнителем

коммунальных услуг или ресурсоснабжающей организацией, является место соединения коллективного (общедомового) прибора учета с соответствующей инженерной сетью, входящей в многоквартирный дом».

Однако, не смотря на наличие императивного требования, при заключении договоров поставки коммунальных ресурсов для ОДН, организации ВКХ в нарушении него систематически направляют в адрес управляющих организаций проектов договоров, прямо не соответствующих указанным требованиям.

Так, в договорах повсеместно выявляются приложения «Границы балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности Сторон», согласно которым таковые, как правило, устанавливаются не по внешней граница стены многоквартирного дома (в случае отсутствия общедомового прибора учёта соответствующего коммунального ресурса), а элемент коммунальной инфраструктуры, выходящий за её пределы.

В частности, согласно направляемым в адрес управляющих организаций проектов договоров РСО, таковыми устанавливаются: канализационные и водопроводные колодцы, узлы присоединения и запорная арматура в колодцах. При этом, расстояние от внешней границы стены, до колодцев могло достигать нескольких десятков метров.

Пункт 2 Правил холодного водоснабжения и водоотведения [4] (далее – Постановление-644) раскрывает понятия границы балансовой принадлежности, как линию раздела объектов централизованных систем ХВС (ВО) между владельцами по признаку собственности или владения на ином законном основании и эксплуатационной ответственности, которыми является линия раздела объектов централизованных систем ХВС (ВО), по признаку обязанностей (ответственности) по обеспечению эксплуатации этих систем или сетей, устанавливаемая в договоре.

Из этого следует, что, направляя в адрес управляющих организаций проекты договоров РСО, организации ВКХ фактически пытаются возложить на первых бремя обязанностей (ответственности) по эксплуатации (обеспечению эксплуатации) этих систем или сетей. Косвенно указанными договорами со стороны РСО на

абонента возлагалась ответственность за качество поставляемого ресурса (в т. ч. его соответствие санитарно-гигиеническим требованиям), а также риски его содержания, связанные с ремонтом и заменой повреждённых участков сетей, а также необходимость восстановления элементов благоустройства придомовой территории, возникшая в следствие повреждения дорожного полотна, детских площадок и т. п.

По мнению автора, причиной указанной ситуации является несовершенство правового механизма разграничения зон ответственности, в результате которых, на первых взгляд, может возникнуть двоякое толкование норм, ситуации создающих злоупотребление правом организациями ВКХ.

Так, согласно п. 31 (2) Постановления-644, указываемая в акте разграничения балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности граница эксплуатационной ответственности абонента и гарантирующей организации по канализационным сетям устанавливается по границе балансовой принадлежности таких объектов, если абонент владеет объектами централизованной системы водоотведения, а в остальных случаях – по первому смотровому колодцу.

Несмотря на наличие указанной нормы, при заключении договора сторонами игнорируется положение ч. 8 ст. 5 ЖК РФ, согласно которому при несоответствии норм права требованиям жилищного законодательства, применяются положения Жилищного кодекса, т. е. действует принцип приоритета отраслевого законодательства, т.е. положения Постановления-491 будут находится в приоритете над требованиями Постановления-644 в силу следующего.

Согласно п. 1 ч. 1 ст. 36 ЖК РФ собственникам помещений в многоквартирном доме принадлежат на праве общей долевой собственности помещения в данном доме инженерные коммуникации и иное обслуживающее более одного помещения в данном доме оборудование.

В соответствии с п.п. 5, 6 Постановления-491 Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме, в состав общего имущества многоквартирного жилого дома входят: внутридомовые инженерные системы холодного и горячего водоснабжения

и газоснабжения, состоящие из стояков, ответвлений от стояков до первого отключающего устройства, расположенного на ответвлениях от стояков, указанных отключающих устройств, коллективных (общедомовых) приборов учета холодной и горячей воды, первых запорно-регулирующих кранов на отводах внутриквартирной разводки от стояков, а также механического, электрического, санитарно-технического и иного оборудования, расположенного на этих сетях, внутридомовая инженерная система водоотведения, состоящая из канализационных выпусков, фасонных частей (в том числе отводов, переходов, патрубков, ревизий, крестовин, тройников), стояков, заглушек, вытяжных труб, водосточных воронок, прочисток, ответвлений от стояков до первых стыковых соединений, а также другого оборудования, расположенного в этой системе, а также внутридомовая система отопления, состоящая из стояков, обогревающих элементов, регулирующей и запорной арматуры, коллективных (общедомовых) приборов учета тепловой энергии, а также другого оборудования, расположенного на этих сетях.

С учетом ранее указанных положений п. 8 Постановления-491 следует то, что состав общего имущества многоквартирного дома в части инженерных коммуникаций водоснабжения и водоотведения является закрытым. Следовательно, исходя из системного толкования названных правовых норм, трубопроводы, находящиеся за внешними стенами дома не могут включаться в состав общего имущества МКД третьими лицами, вопреки волеизъявлению собственников.

Согласно разъяснениям, данным в абз. 3 п. 36 Постановления Пленума Верховного Суда РФ и Пленума Высшего Арбитражного Суда РФ от 29.04.2010 №10/22 [5] «О некоторых вопросах, возникающих в судебной практике при разрешении споров, связанных с защитой права собственности и других вещных прав» доказательством права собственности на недвижимое имущество является выписка из Единого государственного реестра прав на недвижимое имущество и сделок с ним. При отсутствии государственной регистрации право собственности доказывается с помощью любых предусмотренных процессуальным законодательством доказательств, подтверждающих возникновение этого права у лица.

В соответствии с ч. 5 ст. 8 Федерального закона от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» в случае выявления бесхозяйных объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе водопроводных и канализационных сетей, путем эксплуатации которых обеспечиваются водоснабжение и (или) водоотведение, эксплуатация таких объектов осуществляется гарантирующей организацией либо организацией, которая осуществляет горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение и водопроводные и (или) канализационные сети, которой непосредственно присоединены к указанным бесхозяйным объектам, при ч. 6 ст. 8 указанного Закона установлено, что расходы организации, осуществляющей горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение, на эксплуатацию бесхозяйных объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, учитываются органами регулирования тарифов при установлении тарифов.

Таким образом, независимо от того, передан ли спорный участок трубопроводов во владение Организациям ВКХ или является бесхозяйным, эксплуатация данного объекта должна осуществляться данными Организациями, фактически использующим его для оказания услуг населению.

В связи с тем, что участки сетей от водопроводного и /или канализационного колодца до внешней границы стены МКД не входят в состав общего имущества МКД, управляющие организации вправе не осуществлять расходование денежных средств на их содержание, поскольку указанное обстоятельство будет являться финансированием деятельности сторонней коммерческой организации, т.е. Организации ВКХ, т.к в соответствии с ч. 5 ст. 8 Закона «О водоснабжении и водоотведении» в случае выявления бесхозяйных объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе водопроводных и канализационных сетей, путем эксплуатации которых обеспечиваются водоснабжение и (или) водоотведение, эксплуатация таких объектов осуществляется гарантирующей организацией либо организацией, которая осуществляет



горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение, при этом расходы организации, осуществляющей горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение, на эксплуатацию бесхозных объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, учитываются органами регулирования тарифов при установлении тарифов в порядке, установленном основами ценообразования в сфере водоснабжения и водоотведения, утверждёнными Правительством РФ.

Кроме того, согласно правовой позиции Верховного Суда РФ, изложенной в определениях от 22.07.2015 № 305-ЭС15-513 [8], от 21.12.2015 № 305-ЭС15-11564 [9], от 03.10.2016 № 308-ЭС16-7310 [10], от 26.12.2016 № 308-ЭС16-7314 [11], точка поставки коммунальных услуг в многоквартирный дом, по общему правилу, должна находиться на внешней стене дома в месте соединения внутридомовой сети с внешними сетями. Иное возможно при подтверждении прав собственников помещений в многоквартирном доме на сети, находящиеся за пределами внешней стены этого дома. Вынесение точки поставки за пределы внешней стены без волеизъявления собственников означает незаконное возложение бремени содержания имущества на лиц, которым это имущество не принадлежит.

Согласно правовой позиции, изложенной в п. 8 обзора судебной практики Верховного Суда РФ № 4(2016) [15], утвержденной Президиумом Верховного Суда РФ, вынесение инженерных сетей за пределы внешней стены без волеизъявления собственников означает незаконное возложение бремени содержания имущества на лиц, которым и это имущество не принадлежит, равным образом, данную позицию можно применить и как отсутствие обязанности управляющей организации по содержанию внешних инженерных сетей ХВС (ВО).

Исключение возможны только при обстоятельствах, указанных в пп. «а» п. 1 пп. «ж» п. 2 Постановления-491 – т. е. при включении в состав общего имущества МКД иных объектов, предназначенных для обслуживания, эксплуатации и его благоустройства, включая трансформаторные подстанции, тепловые пункты, пред-

назначенные для обслуживания одного многоквартирного дома, коллективные автостоянки, гаражи, детские и спортивные площадки при условии расположения таковых в границах земельного участка, на котором расположен МКД.

Не смотря на то, что основная часть судебной практики относится к рассмотрению споров о разграничении эксплуатационной ответственности в отношении сетей теплоснабжения, а также вопросов оплаты потреблённой тепловой энергии, проходящей по спорным участкам сетей, указанные позиции судов, применимы к правоотношениями, возникающим при разрешении споров о разграничении балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности сетей водоснабжения и водоотведения.

Нередко Организации ВКХ, при заключении договоров с управляющими организациями, впервые принявшими объект от застройщика, отказывая в согласовании протоколов урегулировании разногласий по указанному вопросу ссылаются на ранее заключенные ими договоры с застройщиком, в т.ч. на положения ч. 1 ст. 18 Федерального закона от 30.12.2004 № 214-ФЗ [12], согласно которому денежные средства застройщика могут использоваться в целях строительства, реконструкции в границах земельного участка, правообладателем которого является застройщик, сетей инженерно-технического обеспечения, необходимых для технологического присоединения МКД и (или) иных объектов недвижимости к сетям инженерно-технического обеспечения, если это предусмотрено проектной документацией (п. 4), а также для внесения платы за технологическое присоединение МКД и (или) иных объектов недвижимости к указанным сетям (п. 5).

Вместе с тем, позиция Верховного суда РФ [8] прямо указывает на то, что согласование точки поставки в договоре, заключенном между застройщиком и РСО, не имеет значения для разрешения спора, поскольку управляющая организация стороной договора с застройщиком не являлась и договор, заключаемый РСО и УО, не зависит от прежних правоотношений. Так, по мнению суда, если факт передачи застройщиком сетей управляющей компании не установлен, указанное обстоятельство исключает признание управляющей организации их законным владельцем, а принятие

ею мер по передаче спорного участка сетей на баланс РСО не подтверждает факт законного владения управляющей организацией этим объектом и не обязывает его содержать. Указанный спор был рассмотрен судом в отношении тепловых сетей. Однако, применяя принцип аналогии права, можно сделать вывод о том, что не передача сетей водоснабжения и водоотведения исключает признание собственников помещений в МКД, а равно управляющих организаций их законными владельцами, а непринятие ими мер по передаче спорных сетей на баланс РСО не подтверждает факт законного владения этими объектами и не обязывает управляющие организации и собственников МКД их содержать.

Кроме того, факт подписания договора РСО, в редакции, согласно которой спорные участки сетей передаются в ведении управляющей организации, по мнению высшей судебной инстанции, не может быть принят во внимание, и не порождает обязательств собственников и управляющих организаций МКД в части их обслуживания, поскольку: «По смыслу приведенных правовых норм правомочия управляющей компании в отношении тепловых сетей как составной части общего имущества многоквартирного дома производны от прав собственников помещений в этом доме. Ни управляющая компания, ни ресурсоснабжающая организация не вправе по собственному усмотрению устанавливать состав общедомового имущества» [13]. Этим же определением установлено и то, что точка поставки тепловой энергии в МКД по общему правилу должна находиться на внешней границе стены МКД в месте соединения внутридомовой системы отопления с внешними тепловыми сетями. Иное возможно при подтверждении прав собственников помещений на сети, находящиеся за пределами внешней границы стены дома, поскольку в противном случае, указанное действие без волеизъявления собственников будет являться возложением бремени содержания имущества на лиц, которым это имущество не принадлежит.

Из этого следует, что без волеизъявления собственников, в соответствии с которым, в порядке установленном ст. ст. 36, 44–48 ЖК РФ, ими принимается решение о включение тех или иных объектов (в т. ч. внешних сетей холодного и горячего водоснабжения и во-

доотведения) в состав общего имущества МКД, согласование существенных условий договора холодного водоснабжения и водоотведения, в части границ эксплуатационной ответственности по водопроводным сетям управляющей организации и организации ВКХ будет являться ничтожным и не подлежащим исполнению со стороны управляющей организации, как фактического представителя собственников МКД, что подтверждается позицией Верховного суда РФ о том, что: «...сам по себе факт установления границ балансовой принадлежности сетей и эксплуатационной ответственности не свидетельствует ни о соблюдении сторонами требований законодательства, ни о наличии законных оснований для отнесения теплопровода к общему имуществу и возложения бремени несения затрат на его содержание на собственников помещений многоквартирного дома» [14].

С учетом изложенных позиций, так же можно сделать вывод о том, что и ответственность за возмещение вреда, причиненного собственникам и пользователям помещений МКД, общему имуществу МКД, в т. ч. в связи с необходимостью проведения ремонтных работ участков сетей водоснабжения и водоотведения, как правило возлагается на РСО [15], однако, есть примеры возложения обязанности по возмещению вреда с управляющих организаций. Так, 13 арбитражным апелляционным судом при рассмотрении спора о возмещении ущерба, причиненного в следствии залива помещения по причине прорыва магистральной трубы, находящейся в зоне ответственности организации ВКХ, установлено, что согласно акту разграничения ответственности между организацией ВКХ и управляющей компаний по сетям канализации границей балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности по сетям канализации от жилого здания по указанному адресу являются колодцы, расположенные за пределами здания. Учтя изложенное, суд пришел к выводу о том, что залив помещений произошел в зоне ответственности управляющей организации, следовательно, организация ВКХ не является лицом, ответственным за возникновение убытков у истца [17]. Указанное решение было оставлено кассационной инстанцией без изменения. Однако несмотря на то, что данная практика

является скорее исключением, тем не менее она обозначает риски возникновения убытков у организаций, осуществляющих управление МКД, а также увеличение сроков на урегулирование споров о возмещении вреда, причиненного некачественным оказанием услуг ХВС и водоотведения.

Таким образом можно сделать вывод о том, что споры о разграничении зон балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности по сетям холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе водопроводных и (или) канализационных сетей являются массовыми. Как правило, управляющие организации, нечасто оспаривают действия организаций ВКХ, являющихся субъектами естественных монополий, в результате чего возлагают на себя риски несения ущерба, связанные в т.ч. недостаточной квалификацией сотрудников инженерно-технического персонала и юридической службы, ввиду специфики правового регулирования отрасли ЖКХ, имеющей не смотря на близость к отрасли строительства, существенные отличия. Указанное обстоятельство делает необходимым проведение мероприятий по повышению квалификации сотрудников указанных служб управляющих организаций, что при сравнительно невысоких затратах может коренным образом разрешить указанную проблему путём выявления нарушений в договорах с РСО, составлению корректных протоколов разногласий и выстраивания позиции в судах.

В целях создания правовой определённости и снижения спорных ситуаций, связанных с разграничением балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности по сетям холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе водопроводных и (или) канализационных сетей, а также конкретизации и персонализации ответственности в т.ч. за возмещение вреда, причиненного в следствие нарушения требований к их эксплуатации, следует усовершенствовать Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 путём внесения дополнения в пп. «б» п. 31(2) в следующей редакции:

б) в остальных случаях – по первому смотровому колодцу, за исключением случаев предусмотренных пунктом 8 Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме, утвержден-

ных Постановление Правительства РФ от 13.08.2006 № 491» что на уровне акта Правительства РФ, имеющего прямое действие «закроет окно» злоупотреблений со стороны РСО и устранил указанную категорию споров до введения в действие новых требований.

## Литература

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 188-ФЗ // СЗ РФ, 03.01.2005, № 1 (часть 1), ст. 14.
2. Постановление Правительства РФ от 28.10.2014 № 1110 «О лицензировании предпринимательской деятельности по управлению многоквартирными домами» // СЗ РФ, 03.11.2014, № 44, ст. 6074.
3. Постановление Правительства РФ от 13.08.2006 № 491 «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность // СЗ РФ, 21.08.2006, № 34, ст. 3680.
4. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации // СЗ РФ, 12.08.2013, № 32, ст. 4306.
5. Постановление Пленума Верховного Суда Российской Федерации и Пленума Высшего Арбитражного Суда Российской Федерации от 29.04.2010 № 10/22 «О некоторых вопросах, возникающих в судебной практике при разрешении споров, связанных с защитой права собственности и других вещных прав» / Российская газета, № 109, 21.05.2010.
6. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30.11.1994 № 51-ФЗ // СЗ РФ, 05.12.1994, № 32, ст. 3301.
7. Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» // СЗ РФ, 12.12.2011, № 50, ст. 7358.
8. Определение Судебной коллегии по экономическим спорам Верховного Суда РФ от 22.07.2015 № 305-ЭС15-513 по делу № А40-141381/2013 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.
9. Определение Судебной коллегии по экономическим спорам Верховного Суда РФ от 21.12.2015 по делу № 305-ЭС15-11564, А41-22117/2014 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.
10. Определение Судебной коллегии по экономическим спорам Верховного Суда РФ от 03.10.2016 № 308-ЭС16-7310 по делу № А53-7640/2014 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.

11. Определение Судебной коллегии по экономическим спорам Верховного Суда РФ от 26.12.2016 № 308-ЭС16-7314 по делу № А53-8395/2015 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.

12. Федеральный закон от 30.12.2004 № 214-ФЗ (ред. от 14.03.2022) «Об участии в долевом строительстве многоквартирных домов и иных объектов недвижимости и о внесении изменений в некоторые законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.

13. Определение Судебной коллегии по экономическим спорам Верховного Суда РФ от 26.12.2016 № 308-ЭС16-7314 по делу № А53-8395/2015 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.

14. Определение Верховного Суда РФ от 28.11.2016 № 308-ЭС16-7314 по делу № А53-8395/2015 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.

15. Обзор судебной практики Верховного Суда Российской Федерации № 4(2016), утв. Президиумом Верховного Суда РФ 20.12.2016 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: справ. правовая система. Версия Проф. М., 2022.

16. Постановление Восемнадцатого арбитражного апелляционного суда от 26.04.2022 № 18АП-4073/2022 по делу № А76-44979/2020.

17. Постановление Тринадцатого арбитражного апелляционного суда от 08.06.2022 № 13АП-8586/2022 по делу № А56-73052/2021.

**УДК 628.381.1**

*Евгений Николаевич Матюшенко,*

канд. техн. наук, доцент

*Кристина Борисовна Борисова,*

студент

*Сергей Александрович Ребитва,*

студент

(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., Associate Professor

*Kristina Borisovna Borisova,*

student

*Sergey Aleksandrovich Rebitva,*

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*

## **ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

### **DEWATERING OF SEWAGE SLUDGE AT LOW-CAPACITY WASTEWATER TREATMENT PLANTS**

В статье представлены результаты исследования влияния ввода катионных флокулянтов Ультрафлок К370 и Ультрафлок К390 на эффективность обезвоживания аэробно стабилизированного избыточного активного ила на локальных очистных сооружениях с различными дозами и концентрациями реагента в шнековом дегидраторе. В производственных условиях исследования отечественные флокулянты катионного типа разной концентрации раствора Ультрафлок К370 и Ультрафлок К390, применяемые для сгущения и обезвоживания осадков сточных вод соответственно. Установлено, что наиболее оптимальным для обезвоживания осадка в дегидраторе является флокулянт Ультрафлок К390 с 0,1% концентрацией раствора и дозой флокулянта 3,8–4,4 кг/т сухого вещества, который позволяет добиться снижения влажности осадка до 81,4–81,7%. Использование флокулянта Ультрафлок К370 позволяет достичь влажности осадка 83–84% при 0,2% концентрации раствора и дозе флокулянта 3,2–3,7 кг/т сухого вещества. Определены технико-экономические показатели при использовании флокулянтов, а также изучено влияние флокулянта на патогенность обезвоженного осадка.

*Ключевые слова:* обезвоживание, осадок, флокулянт, очистные сооружения канализации, шнековый дегидратор.



The article is devoted to our study results of the introduction of cationic flocculants Ultraflok K370 and Ultraflok K390 effect on the efficiency of dehydration of aerobically stabilized excess activated sludge at local treatment facilities with different doses and reagent concentrations in a screw dehydrator. Domestic cationic flocculants of different concentrations of Ultraflok K370 and Ultraflok K390 solutions used for thickening and dewatering sewage sludge, respectively, were studied in production conditions. It was found that the flocculant Ultraflok K390 with 0.1% solution concentration and a dose of flocculant 3.8–4.4 kg/t with dry matter is the most optimal for dewatering the sediment in the dehydrator, which allows one reducing the moisture content of the sediment to 81.4–81.7 %. The use of Ultraflok K370 flocculant makes it possible to achieve a sediment moisture content of 83–84 % at 0.2 % solution concentration and a flocculant dose of 3.2–3.7 kg/t of dry matter. Technical and economic indicators were determined, using flocculants, and the effect of flocculant on the pathogenicity of dehydrated sediment was studied.

*Keywords:* dewatering of sewage sludge, flocculant, wastewater treatment plants, screw dehydrator.

При эксплуатации любых без исключений канализационных очистных сооружений (КОС) насущной проблемой является обработка и утилизация образующихся осадков сточных вод. Как правило на КОС задерживаются крупные отбросы и песок в песколовках разной конструкции, а также в большем объеме может образовываться сырой осадок и избыточный неуплотненный активный ил, или только избыточный ил.

Согласно [1] осадки должны подвергаться обработке для обезвоживания, стабилизации, снижения запаха, обеззараживания, улучшения физико-механических свойств, обеспечивающих возможность их экологически безопасной утилизации или размещения в окружающей среде. При обосновании на сверхмалых или малых КОС допускается перевозка осадков автотранспортом осадков для обработки на других очистных сооружениях большей производительности.

Для малых и небольших по мощности канализационных очистных сооружений наиболее часто используется два варианта обработки образующегося избыточного активного ила (или смеси активного ила и сырого осадка, если в проекте предусмотрены первичные отстойники): уплотнение в илоуплотнителях или илонакопителях с последующим обезвоживанием на дегидраторах

(шнековых обезвоживателях), стабилизация осадка и обезвоживание на ленточных фильтр-прессах с последующим вывозом на полигоны твердых бытовых отходов (ТБО) [2–4].

Первоначально на объекте, на котором авторы данной статьи осуществляют реконструкцию и наладку сооружений в виду большого количества проектных и эксплуатационных ошибок [5], предусматривалось уплотнение избыточного активного ила в вертикальных илоуплотнителях с его последующим обезвоживанием в шнековом дегидрататоре и вывоз обезвоженного осадка (кека) на полигон ТБО. Но выяснилось, что ни один полигон в Новосибирской области не принимает такие виды осадков, так как осадок не относится к разрешенным для размещения на площадках отходам несмотря на то, что данный осадок по физико-химическим показателям можно отнести к малоопасным [6].

Основной проблемой схемы с уплотнителями является то, что осадок, погруженный в анаэробные условия, будет иметь запах, а также при обезвоживании такого осадка ухудшаются его технологические свойства, поэтому было предложено простое, на взгляд авторов, решение – оборудовать иловые площадки вблизи КОС с искусственным основанием, на которые выгружать или уже обезвоженный осадок, или производить его обезвоживание на площадке. В качестве альтернативного варианта на сегодня прорабатывается вопрос механического обезвоживания стабилизированного осадка в дегидрататоре с вводом флокулянта и его компостирование для получения органоминерального удобрения, а также вариант с разработкой установок по естественному обезвоживанию и сушке осадка.

По причине невозможности подачи в нормальном режиме аэробно стабилизированного активного ила в дегидрататор, которые вызваны рядом конструкторских недоработок (неверно подобраны диаметры подающих трубопроводов, сложности приготовления реагентов и т. д.) на КОС был смонтирован бак объемом 200 л с подачей ила самотеком шлангом. Сам дегидрататор (см. рисунок) представляет собой компактное устройство, принцип работы которого основан на отжиме осадка при помощи шнека с постепенно уменьшающимся шагом винта, через сжатые между собой

кольца. Постоянное движение колец обеспечивает самоочистку фильтрующей поверхности, выдавливая осадок наружу, смываемого водой. Осадок подается в емкость флокуляции, где специальным миксером смешивается с реагентом, подаваемым дозирующим насосом, до образования флокул. Далее связанный реагентом осадок попадает в обезвоживающий барабан, включающий зоны сгущения и обезвоживания, и обезвоживается до влажности 80 % и менее. Однако как показывает опыт эксплуатации и проведенные исследования влажность осадка в среднем составляет 83–85 % при правильно подобранной дозе и типе флокулянта.



Внешний вид шнекового дегидратора  
во время проведения эксперимента

На объекте были проведены производственные испытания с флокулянтами катионного типа отечественного производства: Ультрафлок К370 и К390, применяемые для сгущения активного ила и обезвоживания соответственно, с концентрацией растворов

0,5 %, 0,2 % и 0,1 %. Исследуемые флокулянты представляют собой сыпучий гранулированный белый порошок, с насыпной плотностью 0,55–0,85 г/см<sup>3</sup>. Производительность установки по осадку составила 5 л/мин.

Контроль влажности исходного аэробностабилизированного и обезвоженного осадка осуществлялся по методике, изложенной в [7].

В рамках проведения экспериментального исследования также осуществлялся контроль объема флокулянта, подаваемого в дегидратор и ударов перистальтического насоса установки приготовления флокулянта.

Результаты экспериментальной работы с рассматриваемыми флокулянтами представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Результаты экспериментальных исследований  
с флокулянтом Ультрафлок К370**

Влажность исходного осадка, %	Влажность обезвоженного осадка, %	Концентрация раствора флокулянта, %	Расход раствора флокулянта, л/ч	Доза флокулянта, кг/т
99,4	89,83	0,5	1,2	3,4
	90,18		1,68	4,8
	90,16		2,4	6,8
	90,03		3	8,5
	90,04		3,6	10,2
	90,98		5,28	15,0
	86,26		5,64	16,0
98,77	92,32	0,2	2,04	1,1
	91,18		3,72	2,0
	90,28		4,8	2,5
	83,38		5,64	3,0

Окончание табл. 1

Влажность исходного осадка, %	Влажность обезвоженного осадка, %	Концентрация раствора флокулянта, %	Расход раствора флокулянта, л/ч	Доза флокулянта, кг/т
98,77	83,92	0,2	6,48	3,4
	84,73		7,56	4,0
	90,83		8,16	4,3
98,1	86,31	0,1	3,96	2,3
	84,82		5,64	3,2
	84,52		6,48	3,7
	87,51		9,36	5,3
	87,72		11,28	6,4
	87,51		12	6,8
	87,20		12,72	7,2

Таблица 2

**Результаты экспериментальных исследований с флокулянтом Ультрафлок К390**

Влажность исходного осадка, %	Влажность обезвоженного осадка, %	Концентрация раствора флокулянта, %	Расход раствора флокулянта, л/ч	Доза флокулянта, кг/т
98,64	90,06	0,5	5,4	6,6
	81,08		7,56	9,3
	84,14		9,72	11,9
	89,2		10,8	13,2
	89,06		14,52	17,8

Влажность исходного осадка, %	Влажность обезвоженного осадка, %	Концентрация раствора флокулянта, %	Расход раствора флокулянта, л/ч	Доза флокулянта, кг/т
98,73	92,79	0,2	3,24	1,7
	89,66		4,92	2,6
	89,97		6,72	3,5
	90,43		7,8	4,1
	86,26		8,88	4,7
	86,31		11,76	6,2
	89,79		14,16	7,4
99	87,37	0,1	5,04	2,9
	81,40		6,6	3,8
	81,72		7,68	4,4
	82,10		8,76	5,0
	82,72		9,48	5,4
	81,07		9,96	5,7
	84,43		10,2	5,8

Как видно из таблиц, наиболее оптимальным является флокулянт, используемый для обезвоживания осадка Ультрафлок К390. Среди приготовленных растворов при прочих равных условиях подходящей является 0,1 % концентрация раствора и доза 3,8–4,4 кг/т сухого вещества, которая позволяет добиться снижения влажности осадка до 81,4–81,7 %. Увеличение или уменьшение дозы и концентрации растворов не позволяет достичь

меньшей влажности и приводит к обратному эффекту – увеличению влажности до 90 % и более. Часть такого осадка, представляющего собой жидкую пастообразную субстанцию, будет теряться в процессе перемещения от очистных до места складирования.

Достичь влажности осадка около 83–84 % флокулянт Ультрафлок К370 возможно только 0,2 % концентрации раствора. При этом доза реагента снижается примерно на 10–30 %, а также уменьшается в два раза объем фильтрата, сбрасываемого в внутриплощадочную канализацию. Концентрация взвешенных веществ в фильтрате варьируется в широком диапазоне и составляет 200–500 мг/дм<sup>3</sup>.

Главной проблемой является невозможность использования данного осадка в качестве удобрения из-за наличия в нем патогенных микроорганизмов и яиц гельминтов, гибель которых возможна в ходе компостирования, в результате погибают личинки и куколки насекомых, нематоды, яйца гельминтов и болезнетворные неспорообразующие микроорганизмы, а также происходит уменьшением объема и влажности осадка [8–10]. Для обезвоженного осадка в аккредитованной лаборатории были определены паразитологические показатели, рН и концентрация фосфора. Полученный осадок по паразитологическим свойствам можно отнести к опасным. Было выявлено наличие яиц гельминтов и патогенных бактерий, в том числе сальмонелл, что недопустимо для использования осадка в качестве удобрения.

Проведенные испытания по подбору доз флокулянтов являются началом большой и продолжительной работы по выбору технологии утилизации избыточного ила, образующегося на малых КОС с дальнейшим применением осадка, прошедшего компостирование в качестве органического удобрения для выращивания плодово-овощных, плодово-ягодных или цветочных культур.

## Литература

1. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85. М. : Минстрой России, 2021. 188 с.

2. *Амбросова Г. Т., Тихонова Д. В., Яковлева Е. И.* Технологические схемы для очистки сточной жидкости в городе Болотное // Водоподготовка. Водоснабжение. 2019. № 7(139). С. 62–66.
3. *Козлов П. Е., Латыш Е. Е.* Обследование технического состояния функционирующих очистных сооружений канализации в городе Губкинский // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). 2019. Т. 22. № 3(73). С. 26–33.
4. *Сальников Е. Е., Колесникова А. А., Амбросова Г. Т.* Обследование очистных сооружений канализации рабочего поселка // Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин). 2021. Т. 24. № 3/4(81/82). С. 59–72.
5. *Матюшенко Е. Н., Ребтвта С. А., Борисова К. Б.* Очистка сточных вод коттеджного поселка. Проектные и эксплуатационные ошибки // Водоснабжение и санитарная техника. 2022. № 5. С. 47–56.
6. *Кузнецов А. Е., Градова Н. Б., Лушиников С. В., Энгельхард М., Вайссер Т., Чеботова М. В.* Прикладная экобиотехнология : учебное пособие в 2 т. Т. 1. М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2019. 629 с.
7. Количественный химический анализ почв. Методика выполнений измерений. ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.27-02. Содержания влаги в твердых и жидких отходах производства и потребления, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях гравиметрическим методом. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293797/4293797522.pdf> (дата обращения 27.11.2022).
8. *Долбин Д. А., Хайруллин Р. З.* Устойчивость яиц гельминтов к неблагоприятным физическим, химическим и биологическим факторам окружающей среды (обзор литературы) // Российский паразитологический журнал. 2017. № 1. С. 14–19.
9. *Пахненко Е. П.* Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: учебное пособие. М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2013. 311 с.
10. *Чижилова Е. К., Амбросова Г. Т.* Получение органоминерального удобрения из осадков сточных вод // Современные проблемы водоснабжения и водоотведения: сборник материалов межвузовский научно-практической конференции. СПбГАСУ. 2022. С. 144–150.



УДК 629.561.5:681.121.8

*Даниил Владимирович Николаенко,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: danya.nikolayenko.97@inbox.ru*

*Daniil Vladimirovich Nikolaenko,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: danya.nikolayenko.97@inbox.ru*

## **ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРЕСНОЙ ВОДОЙ НА АТОМНОМ ЛЕДОКОЛЕ**

### **FEATURES OF THE CENTRAL COOLING SYSTEM FOR AUXILIARY MECHANISMS WITH FRESH WATER ON A NUCLEAR ICEBREAKER**

Система центрального охлаждения вспомогательных механизмов пресной водой (далее СЦО-ВМПВ) предназначена для отвода тепла от вспомогательного оборудования и передачи его через теплообменники системы конечному поглотителю – забортной воде. В состав системы входят две автономных системы: 1) система центрального охлаждения вспомогательных механизмов пресной водой, расположенная в отделениях вспомогательной энергетической установки (далее – СЦО ОВЭУ); 2) система центрального охлаждения вспомогательных механизмов пресной водой, расположенная в отделении главных турбогенераторов (далее СЦО ОГТГ).

*Ключевые слова:* расходомеры, охлаждение, оборудование, пресная вода, теплообменники.

Central Cooling Systems for Auxiliary Mechanisms with Fresh Water (hereinafter STsO-VMPV) is designed to remove heat from auxiliary equipment and transfer it through the system heat exchangers to the ultimate sink - outboard water. The system consists of two autonomous systems: 1) system of central cooling of auxiliary mechanisms with fresh water, located in the branches of the auxiliary power plant (hereinafter referred to as the ACS OVEU); 2) system of central cooling of auxiliary mechanisms with fresh water, located in the section of the main turbogenerators (hereinafter referred to as the OGTG STsO).

*Keywords:* corrosion, water aggressiveness, recycling system, inhibitors.

Система центрального охлаждения вспомогательных механизмов представляет собой замкнутый контур, включающий в себя два центральных охладителя пластинчатого типа, теплообменные аппараты для отвода тепла от вспомогательных механизмов и оборудования, циркуляционные насосы, расширительные цистерны, трубопроводы и арматуру. Электронасос НЗВ-1 или НЗВ-2 принимает заборную воду из перетока ледовых ящиков (второй насос является резервным) и подает на центральный охладитель пресной воды № 1 или № 2 (второй охладитель является резервным). Заборная вода, прошедшая через центральные охладители пресной воды, поступает в систему охлаждения заборной водой через клапана. Трубопроводы контура циркуляции пресной воды включают в себя коллекторы охлажденной и нагретой воды, присоединенные к соответствующим патрубкам центральных охладителей. К коллекторам подключены циркуляционные трубопроводы с циркуляционными насосами. Циркуляционные насосы принимают воду из коллектора охлажденной воды, и прокачивают ее через теплообменники охлаждаемого оборудования. После прохождения через теплообменник вода сбрасывается в коллектор нагретой воды, далее поступает в центральный охладитель, охлаждается и подается в коллектор охлажденной воды [1].

Для заполнения и подпитки контура охлаждения пресной водой предусмотрены две расширительные цистерны, расположенные по-бортно. Также через РЦ осуществляется ввод присадок в контур циркуляции пресной воды.

Вспомогательные механизмы разбиты на несколько групп по их функциональному назначению. Для каждой группы предусмотрено по два циркуляционных насоса, один из которых является резервным.

Контроль температуры заборной воды, прокачиваемой через центральные охладители, осуществляется с помощью термометров, установленных на входе и выходе из каждого охладителя.

Перед каждым потребителем пресной воды установлен расходомер и регулировочный клапан, настраиваемый на необходимый расход и обеспечивающий его в период эксплуатации [2].

Для исключения попадания в систему механических частиц на всасывающих трубопроводах предусмотрены фильтры. Допустимый перепад давления на фильтре составляет 0,05 Мпа, при достижении данной величины перепада необходимо произвести очистку фильтра. Для дистанционного контроля величины перепада давления на фильтрах, в системе предусмотрены датчики перепада давления, местный контроль производится по показаниям мановакуумметров, установленных до и после фильтров заборной воды [3].

Для защиты трубопроводов заборной воды от коррозии в составе системы предусмотрены электроизолирующие соединения [4].

В качестве средства подачи заборной воды в период докования судна предусмотрена подача заборной воды от системы водяного пожаротушения.

Для контроля уровня соледержания предусмотрена установка датчиков и сигнализаторов соледержания. Наличие масла в пресной воде контролируется детекторами примесей масла и мутности.

Во время технического обслуживания в системе для работы предусмотрено резервирование насосного оборудования и теплообменных аппаратов.

Входе ходовых испытаний был выявлен отказ системы автоматики, что повлиало за собой отказ работы системы охлаждения вспомогательных механизмов и оборудования. Анализ отказа системы показал, что вызванные помехи были обусловлены близким расположением электрических расходомеров к оборудованию. Эксплуатационные показатели расходомеров для энергетического оборудования, задаются: паспортными данными, инструкциями по эксплуатации, а их текущие значения назначаются службой режимов, диспетчерами и дежурным эксплуатационным персоналом. Однако из-за неточности параметров расходомеров и значительной погрешности, эксплуатационные показатели не поддерживались, что приводило к остановке системы полностью. Заданные параметры системы не выполнялись [5].

Причиной отказа датчиков расходомеров на работу прибора, является наличие магнитных и электрических полей ввиду насыщенности оборудования данного строительного района [6].

Таким образом, исследования показали, что данные расходомеры не допустимы в системе.

Для замены расходомеров был проведен анализ существующих видов расходомеров, рассмотрены: вихревые, тахометрические, кориолисовы расходомеры. Выявлены следующие недостатки.

- вихревые расходомеры, малый динамический диапазон, температурная чувствительность, влияние вибраций на результаты измерений.

- тахометрические расходомеры, механические препятствия в сечении расходомера, неустойчивость измерений, примеси и посторонние предметы в воде влияют на результаты измерений.

- кориолисовы расходомеры, влияние вибраций на метрологические характеристики, малый динамический диапазон.

Таким образом в данной системе применимы только ультразвуковые расходомеры.

После монтажа ультразвуковых расходомеров была решена проблема отказа системы автоматике.

Ходовые испытания подтвердили правильность принятого решение.

## **Литература**

1. *Дейнего Ю. Г.* Судовой моторист. М. : Моркнига, 2009. 237 с.
2. *Аристов Ю. К.* Судовые вспомогательные механизмы и холодильные установки. М. : Транспорт. 1976. 232 с.
3. РД5.0663-90 «Техническое обеспечение безопасных условий труда при формировании судов на построечных позициях судостроительных и судоремонтных предприятий. Основные положения».
4. ОСТ 5Р.0241-2010 «Безопасность труда при строительстве и ремонте судов. Основные положения».
5. РД31.21.30-97«Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций».
6. РД31.81.01-87«Требования техники безопасности к морским судам».

**УДК 628.2**

*Александр Евгеньевич Сергиенко,*  
студент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)  
*E-mail: saha3651@yandex.ru*

*Alexander Evgenievich Sergienko,*  
student  
(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)  
*E-mail: saha3651@yandex.ru*

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

### **RECONSTRUCTION OF TREATMENT FACILITIES**

В настоящий момент очистка сточных вод в регионах страны не на высоком уровне это связано с тем, что малое финансирование, как правило очистные сооружения заброшены. Качество очищенных вод не соответствует нормативам, по статистике 35 % неочищенных вод поступает в водные объекты.

В данной статье рассматривались очистные сооружения поселка Сиверский. Очистные сооружения не работают в полную проектную мощность, лишь используют половину своего потенциала. Изменились проектные решения по очистке сточных вод из-за технических проблем. Часть сооружений выведено из эксплуатации, часть строительных конструкция нарушило свою герметичность, трубопроводы и арматура подвержены сильной коррозии, помещения, располагаемые на объекте, требуют капитального ремонта, требуется комплексная реконструкция очистных сооружений.

*Ключевые слова:* очистка, сооружения, стоки, обследование, реконструкция.

At the moment, wastewater treatment in the regions of the country is not at a high level, this is due to the fact that there is little funding, as a rule, treatment facilities are abandoned. The quality of treated water does not meet the standards; according to statistics, 35 % of untreated water enters water bodies.

In this article, the treatment facilities of the Siversky settlement were considered. Wastewater treatment plants do not operate at full design capacity, they only use half of their potential. The design solutions for wastewater treatment have changed due to technical problems. Some of the facilities have been decommissioned, some of the building structures have broken their tightness, pipelines and fittings are subject to severe corrosion, the premises located at the facility require major repairs, and a comprehensive reconstruction of treatment facilities is required.

*Keywords:* cleaning, facilities, drains, inspection, restoration.

В настоящий момент очистка сточных вод в регионах страны не на высоком уровне это связано с тем, что малое финансирование, как правило очистные сооружения заброшены.

Доля неочищенных сточных вод, сбрасываемых в водоемы, составляет 35 % [1], то есть более чем треть всех сбрасываемых сточных вод наносит огромный экологический вред водоемам [2] (см. рисунок).



Состав сброшенных сточных вод (миллиарды кубических метров)

Работа посвящена обследованию очистных сооружений в Ленинградской области, с целью достижения требуемых показателей по очистке сточных вод.

По большинству показателей, качество сточных вод не соответствует требованиям [3, 4], например, происходит превышение по таким показателям как БПК<sub>5</sub>, взвешенные вещества, хлорид-ион, ионы аммония, ХПК, фосфор фосфаты и другие.

Проектная производительность станции составляет 10 000 м<sup>3</sup>/сут. Фактически очистке подвергается 4 000 м<sup>3</sup>/сут, что оказывает негативное воздействие на качество очистки сточных вод.

В соответствии с проектной схемой городские сточные воды подаются в приемную камеру, после она подвергается механической очистке (решетки, дробилки и тангенциальные песколовки), далее перетекают в комплексные очистные сооружения (отстойник, аэротенк, камера смешения с реагентом) и далее она отправляется на выпуск.

Фактическая технология очистки воды соответствует проектным решениям. Технология движения и обработки осадка изменилась.

Метатенки стали непригодными, удаление из первичного отстойника осадка происходит с помощью эрлифта, осадок по трубопроводам доставляется на иловые площадки. Для циркуляции активного ила используется эрлифт, располагающийся во вторичном отстойнике. С помощью него ил поднимается в металлический канал, по которому транспортируется в голову аэротенка, далее на иловые площадки. Часть трубопроводов и арматуры покрыто коррозией, не работает и требует замены, строительные конструкции повреждены и требуют срочного ремонта, для качественной очистки сточных вод по всем нормам Российской Федерации.

Существующая технология очистки сточных вод не соответствует проектным решениям и не обеспечивает требуемой очистки сточных вод. Очистные сооружения существенно изношены, присутствуют разрушения строительных конструкций, сильная коррозия технологических трубопроводов и арматуры. Насосное и воздушное оборудование исчерпало свой технический ресурс. Важно отметить, что в настоящее время очистные сооружения работают не на полную мощность. Необходимо предусмотреть реконструкцию очистных сооружений, но из-за малого финансирования [5] нужно спроектировать эффективные сооружения, которые будут справляться со всеми поступающими стоками на очистку. С учетом экономического анализа будет принята наиболее эффективная система очистки.

## Литература

1. Статистика Росстата по очистным сооружениям Российской Федерации. URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/WQYdIBCz/jkx2.docx> (дата обращения: 10.10.2022).
2. СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения: взамен СНиП 2.04.03-85. Москва : ФГУП Стандартинформ, 2019. 70 с.
3. Указ Комитета по природным ресурсам Ленинградской области «О предоставлении водного объекта в пользование» от 07 марта 2017 г URL: <https://www.garant.ru/hotlaw/leningrad/source/438/> (дата обращения: 05.09.2022).
4. ГН 2.1.5.689-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004636> (дата обращения: 01.11.2022).
5. Программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры Сиверского городского поселения на период 2013 – 2030 гг, СПб, 2012.

**УДК 628.320**

*Кристина Игоревна Уколова,*  
студент

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

*E-mail: kristinaukolova1998@gmail.com, galina-ambrosova@yandex.ru*

*Kristina Igorevna Ukolova,*  
student

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

*E-mail: kristinaukolova1998@gmail.com, galina-ambrosova@yandex.ru*

## **ДВУХСТУПЕННАЯ ОБРАБОТКА ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ МОЛОКОЗАВОДА**

### **TWO-STAGE TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED DAIRY WASTE LIQUID**

Данная работа посвящена изучению вопроса очистки высококонцентрированных стоков молокозавода в Тюменской области, на котором образуется 120–180 м<sup>3</sup>/сут производственных стоков в виде сыворотки. Такие производственные стоки, как правило, подвергаются очистке в две ступени: анаэробная и аэробная. В ходе изучения проектно-сметной документации и показателей работы функционирующего узла анаэробного сбраживания сыворотки и аэробного окисления слабо концентрированных стоков предприятия были выявлены проектные недоработки и упущения, которые не позволяют добиться требуемого качества очистки стоков. Разработаны рекомендации по повышению эффективности работы узлов и выданы администрации молокозавода.

*Ключевые слова:* молокозавод, биогаз, высококонцентрированные стоки, анаэробное сбраживание, биологическая очистка.

This work is devoted to the study of the issue of purification of highly concentrated dairy effluents in the Tyumen region, which produces 120-180 m<sup>3</sup>/day of industrial effluents in the form of whey. Such industrial effluents, as a rule, are treated in two stages: anaerobic and aerobic. During the study of design estimates and performance indicators of the functioning unit of anaerobic fermentation of serum and aerobic oxidation of weakly concentrated effluents of the enterprise, design flaws and omissions were identified that do not allow achieving the required quality of wastewater treatment. Based on the studies, recommendations were developed and issued to improve the efficiency of the local wastewater treatment plants of the dairy.



*Keywords:* dairy plant, biogas, anaerobic bioreactor, highly concentrated waste liquid, biological treatment.

В статье рассматриваются проблемы, с которыми столкнулось предприятие при обслуживании локальных очистных сооружений канализации. На данном предприятии образуется за сутки примерно 120–180 м<sup>3</sup> сыворотки [1], которая относится к высококонцентрированным кислым стокам и характеризуется следующими показателями: *pH* 3–4, ХПК 44–124 г/л, ион аммония 50–250 мг/л, температура 14–46 0С. Производственные стоки такого качества без очистки запрещается сбрасывать в городской коллектор, тем более в водоём. На сегодня известны и применяются технологические схемы биологической очистки высококонцентрированных кислых стоков, позволяющие достичь нормативных показателей очищенной сточной жидкости. Чаще применяются схемы с обработкой стоков на первой ступени в анаэробных, а на второй аэробных условиях (рис. 1).

На вторую ступень подаются стоки не только после узла анаэробной обработки сыворотки, но и слабо концентрированные производственные стоки и бытовые стоки от офисных зданий предприятия.

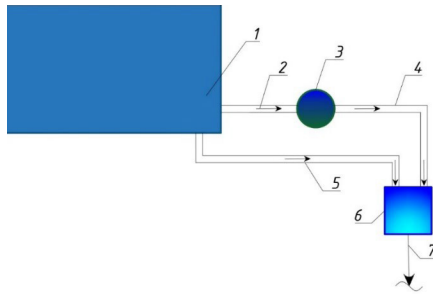


Рис. 1. Схема водоотведения молокозавода: 1 – молокозавод; 2 – трубопровод отвода сыворотки; 3 – узел анаэробного сбраживания сыворотки; 4 – стоки после первой ступени очистки сыворотки; 5 – бытовые стоки; 6 – узел аэробной очистки сточной жидкости; 7 – очищенные стоки, выпускаемые в городскую канализацию или в водоём

Согласно технологической схеме (рис. 2), которая реализована на молокозаводе сыВОротка из производственных цехов загружается в анаэробный биореактор, работающий при мезофильном режиме сбраживания при средней температуре 370 °С. Сброженная смесь из биореактора выгружается в барабанный сгуститель, из которого часть осадка возвращается в биореактор для интенсификации процесса, а часть удаляется из системы после его обезвоживания в центрифуге. Обезвоженный осадок вывозится на полигон твердых бытовых отходов, а фильтрат после барабанного сгустителя и фугат после центрифуги сбрасывается на сооружения аэробной биологической очистки. Образующийся в результате анаэробного сбраживания биогаз удаляется на свечу для сжигания.

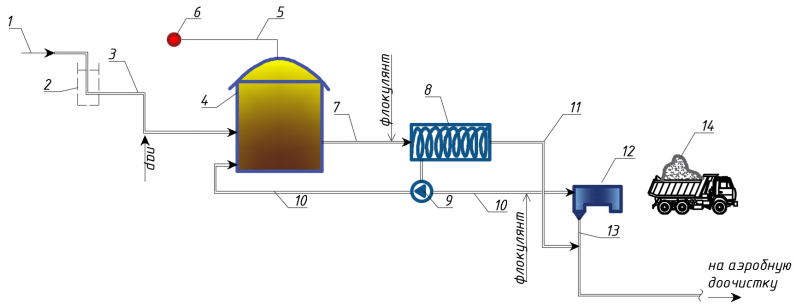


Рис. 2. Узел анаэробного сбраживания сыВОротки: 1 – подача молочной сыВОротки; 2 – приемный резервуар; 3 – загрузка сыВОротки в биореактор; 4 – анаэробный биореактор; 5 – биогаз; 6 – свеча для сжигания биогаза; 7 – анаэробносброженный осадок; 8 – барабанный сгуститель; 9 – насосная станция; 10 – анаэробносброженный осадок с примесью флокулянта; 11 – фильтрат; 12 – центрифуга; 13 – фугат; 14 – вывоз обезвоженного осадка на полигон ТБО

На рисунке 3 показана вторая ступень аэробной биологической очистки стоков молочного завода. Согласно принятой проектом схеме сточная жидкость проходит следующие этапы очистки: флотаторы первичного осветления, аэротенки на неполную биологическую очистку и флотаторы вторичного осветления.

Для повышения эффекта осветления сточной жидкости перед флотаторами первичного осветления и для интенсификации процесса

разделения иловой смеси во флотаторах вторичного осветления предусмотрен ввод реагентов. Пена после флотатора вторичного осветления делится на два потока: большая часть (93–98 %) возвращается в аэротенк, а небольшая часть обезвоживается на ленточном фильтр-прессе вместе с пеной флотатора первичного осветления. Обезвоженный осадок вывозят на полигон ТБО. Фильтрат возвращается в голову сооружения для повторной очистки.

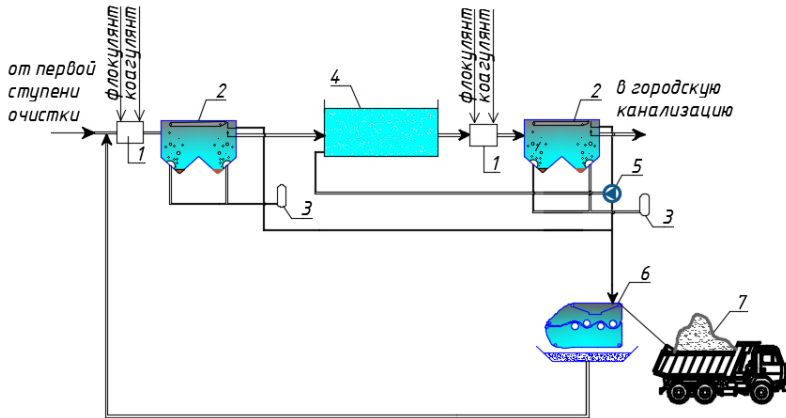


Рис. 3. Вторая ступень обработки сточной жидкости в аэробных условиях

Многолетний опыт эксплуатации узла анаэробного сбраживания сыворотки выявил целый ряд проектных недоработок, так к наиболее серьезным замечаниям по проекту можно отнести следующие инженерные решения:

- отсутствие резервуара-усреднителя не дает возможности обеспечить стабильную работу биореактора.
- нецелесообразно использовать барабанный загуститель, работающий с флокулянтами, так как флокулянт является ингибитором для микроорганизмов.
- также считаем нецелесообразным применение центрифуги, для такого легкого анаэробно сброженного осадка, сформированного из растворимых органических частиц.

- разорительная для предприятия система сжигания биогаза на свече.

- вторая ступень не может обеспечить снижение в сточной жидкости основных показателей (БПК<sub>пол</sub>, азот) до требований, предъявляемых к сбросу стоков в городскую канализацию.

В ходе глубокого изучения проектно-сметной документации авторами предлагается реконструкция узла анаэробного сбраживания (рис. 4), включающего резервуар-усреднитель, биореактор, уплотнитель сброженного осадка, фильтр-пресс для его обезвоживания, когенератор для сжигания биогаза и получения тепловой и электрической энергии, и узла аэробной очистки (рис. 5), содержащего аэротенк с зонами нитрификации/денитрификации, отстойники с тонкослойными модулями.

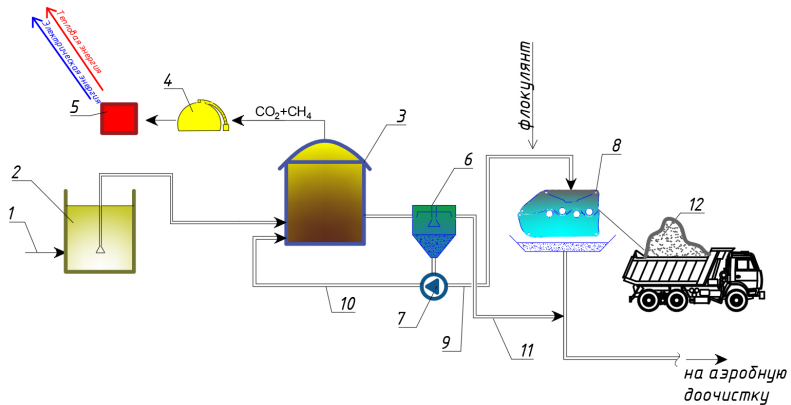


Рис. 4. Рекомендуемая схема обработки сыворотки: 1 – молочная сыворотка на обработку; 2 – резервуар-усреднитель; 3 – анаэробный биореактор; 4 – газгольдер; 5 – когенератор; 6 – вертикальный уплотнитель; 7 – насосная станция; 8 – фильтр-пресс; 9 – сгущенный осадок для удаления из системы; 10 – сгущенный осадок для возврата в биореактор; 11 – иловая вода уплотнителя; 12 – вывоз обезвоженного осадка на полигон ТБО

Таким образом произведя реконструкцию данных узлов можно повысить эффективность работы локальных очистных сооружений и получить прибыль от реализации биогаза.

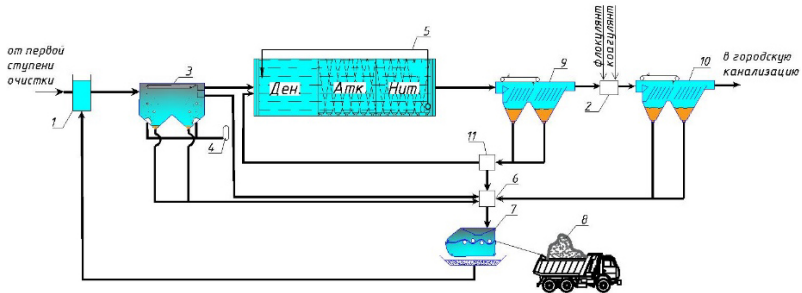


Рис. 5. Рекомендуемая схема обработки сыворотки в аэробных условиях:

- 1 – резервуар-усреднитель; 2 – реактор для реагентов; 3 – флотатор;
- 4 – сатуратор; 5 – аэротенк с зонами нитрификации/денитрификации и внутренним контуром циркуляции; 6 – сборная емкость;
- 7 – фильтр-пресс; 8 – вывоз обезвоженного осадка на полигон ТБО;
- 9 – вторичный отстойник с тонкослойными модулями;
- 10 – третичный отстойник с тонкослойными модулями;
- 11 – камера циркулирующего активного ила

## Литература

1. Крись Г. Н., Тиняков В. Г., Фофанов Ю. Ф. Технологии молока и оборудование, предприятия молочной промышленности : учеб. Пособие. М. : Агропромиздат. 1996. 280 с.
2. Гудков А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод. Вологда : ВоГТУ. 2002. 127 с.

УДК 626.862.4

*Иван Максимович Чернов,*  
студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: ivan-chernov2009@mail.ru*

*Ivan Maksimovich Chernov,*  
student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: ivan-chernov2009@mail.ru*

## ДРЕНАЖ ХВОСТОВОГО ХРАНИЛИЩА

### DRAINAGE OF THE TAILINGS DUMP

В статье рассмотрен один из способов перехват фильтрационных вод на территории существующего хвостохранилища Дамбы №1. Фильтрация, выходящая на поверхность низового откоса дамбы хвостохранилища, наблюдается в нижнем бьефе Дамбы №1. Проектом предусматривается организация законтурного дренажа, предусматриваемое дренажное сооружение должно обеспечивать максимально возможный перехват фильтрации дамбы. Законтурный дренаж представляет собой 17 скважин, работающие как совершенные водопоглащающие колодцы и размещается на дамбе обвалования. Через водоприемные фильтры по водоподъемным трубам в скважинах, дренажная вода поднимается погружными скважинными насосами и поступает в телескопический самотечный водовод дренажных вод направляющий общий поток фильтрации Дамбы №1 в Выйский отсек оборотного водоснабжения комбината. Работа скважинных насосов производится в зависимости от уровня воды в скважине, в автоматическом режиме. Для контроля расхода перекачиваемой фильтрационной воды, на дренажном водоводе предусматривается установка расходомера.

*Ключевые слова:* дренаж, насосы, скважины, фильтрация, хвостовое хозяйство.

The article considers one of the ways to intercept seepage waters on the territory of the existing tailings facility of Dam № 1. Filtration reaching the surface of the downstream slope of the tailings dam is observed in the downstream of Dam № 1. The project provides for the organization of edge drainage; the provided drainage structure should ensure the maximum possible interception of the dam seepage. The outflow drainage consists of 17 wells operating as perfect water-absorbing wells and is located on the embankment dam. Drainage water is lifted by submersible borehole pumps through water inlet filters through water-lifting pipes in wells and enters the telescopic gravity drainage water conduit directing the total filtration flow of Dam № 1 to the Vyisky section of the plant's circulating water supply. The operation of borehole pumps is carried out depending on the water level in the well,

in automatic mode. To control the flow of pumped filtration water, a flow meter is provided on the drainage conduit.

*Keywords:* drainage, pumps, wells, filtration, tailings storage.

Законтурный дренаж представляет собой 17 скважин, работающих как совершенные водопоглащающие колодцы, прорезающие водоносный слой до подстилающего водоупора, и размещается на дамбе обвалования ограждающей Дамбы № 1 с отметкой гребня – 300.00.

Скважины имеют разную глубину – от 40 до 70 м. Диаметр обсадной трубы – 0,5 м. Абсолютная отметка дна самой глубокой скважины – 230.80.

Расчетный дебет скважины варьируется в зависимости от глубины и расположения скважины и составляет в среднем до 40 м<sup>3</sup>/час.

Через водоприемные фильтры по водоподъемным трубам в скважинах, дренажная вода поднимается погружными скважинными насосами и поступает в телескопический самотечный водовод дренажных вод направляющий общий поток фильтрации Дамбы № 1 в Выйский отсек оборотного водоснабжения комбината.

Оголовки скважин оборудуются железобетонными колодцами высотой 2,5 м, с организацией площадок обслуживания колодцев. Утепление колодцев осуществляется обсыпкой хвостами ММС, с последующей обваловкой скальным грунтом.

Всего предусматривается установка 17 погружных насосов, по одному в каждой скважине, в том числе:

- насосы *Lowara L6C93T405* с электродвигателем  $N = 9.3$  кВт,  $U = 380$  В (или аналог) располагаются в скважинах №№ 7÷15;
- насосы *Lowara L6C75T405* с электродвигателем  $N = 7.5$  кВт,  $U = 380$  В (или аналог) располагаются в скважинах №№ 1÷6, 16 и 17.

Насосные агрегаты поставляются комплектно с приборами КИП, станцией управления и кабельной продукцией.

Работа скважинных насосов производится в зависимости от уровня воды в скважине, в автоматическом режиме. Для контроля расхода перекачиваемой фильтрационной воды, на дренажном водоводе предусматривается установка расходомера.

Безнапорный телескопический водовод дренажных вод состоит из трех технологических участков, в том числе:

- первый участок по ходу движения дренажной воды от водозаборной скважины № 1 до скважины № 5 выполнен из стальной трубы DN 300 протяженность 358 м;
- второй участок от скважины № 5 до скважины № 12 выполнен из стальной трубы DN 400 протяженность 445 м;
- третий участок от скважины № 12 до сброса в канал сифонного водосброса выполнен из стальной трубы DN 500, протяженность 719 м.

Водовод дренажной воды от скважин законтурного дренажа до Выйского отсека запроектирован из металлической трубы из стали 09Г2С.

Прокладка водовода наземная, на спланированное и выровненное основание с обваловкой песчаным грунтом из хвостов ММС.

Протяженность водовода – 1522 м. Вдоль водовода запроектирован инспекторский проезд, для проведения осмотров и ремонтов сооружения.

Сброс дренажной воды предусмотрен в канал сифонного водосброса из Промежуточного отсека в Выйский отсек.

Установка насосов в скважины, доставляемых автотранспортом, выполняется автомобильным краном.

Выбор типа водозахватных устройств и сооружений водозабора.

В результате гидрогеологических и геологических изысканий были получены следующие исходные данные для проектирования и расчета водозабора:

- мощность водоносного пласта  $m = 35$  м;
- водоносный пласт сложен песками различной крупности от мелких до крупных;
- подошва водоносного пласта залегает ниже поверхности уложенных хвостов 40 м;
- статический уровень находится на глубине 20–22 м от поверхности земли, т. е. источником водоснабжения являются безнапорные воды.

Рабочая конструкция скважины.

Конструкция скважины включает в себя следующие основные элементы:

- оголовок скважины;



- техническая обсадная труба, посаженная при бурении до забоя скважины и извлеченная после установки фильтра;
- эксплуатационная обсадная труба;
- напорная труба;
- фильтр скважины (водоприемная часть с отстойником);
- цементная защита.

Приток воды к скважине в большей степени зависит от диаметра рабочей части фильтра, чем от его длины. Поэтому для увеличения притока  $Q_{\text{скв}}$ , а, следовательно, для уменьшения числа скважин сначала назначаем максимальное значение диаметра труб, чтобы получить максимально допустимый при этом способе бурения диаметр фильтра.

Проектные параметры скважин:

- колонна, фильтровая  $D = 324$  мм;
- глубина скважин – 55–75 м;
- статический уровень – 30,0–40,0 м;
- удельный дебит – 0,5–0,8 л/с м;
- эксплуатационный дебит – 32,0–37,0 м<sup>3</sup>/ч;
- потребный дебит – 490 м<sup>3</sup>/ч;
- расчетный динамический уровень воды в скважине – 10–20 м.

При отборе воды из рыхлых пород в скважинах устанавливаются фильтры. Фильтр состоит из водоприемной (рабочей) части и отстойника.

Основной задачей гидрогеологического расчета является определение дебита скважин и понижения уровня подземных вод в процессе эксплуатации водозаборного сооружения. Одновременно с решением этих задач на основе расчетов уточняют схему расположения водозаборных скважин, их количество и размеры [1].

Определение притока воды к скважине.

В связи с тем, что потребное число скважин еще не установлено, оценка производительности водозабора, м<sup>3</sup>/сут, производится применительно к одной скважине:

$$Q_{\text{скв}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot m \cdot S_{\text{доп}}}{R}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{доп}}$  – допустимое понижение уровня подземных вод, м.

$$S_{\text{доп}} = H - (0,3 \cdot m + \Delta H_{\text{нас}} + \Delta H_{\text{ф}}) =$$

$$= 40 - (0,3 \cdot 35 + 15 + 1,5) = 13 \quad (2)$$

где  $H$  – напор над подошвой водоносного горизонта, м;  $\Delta H_{\text{нас}}$  – максимальная глубина погружения насоса под динамический уровень воды в скважине, м. Принимаем  $\Delta H_{\text{нас}} = 15$  м;  $\Delta H_{\text{ф}}$  – потери напора на входе в скважину (приблизительно 1,5 м);  $k$  – коэффициент фильтрации,  $k = 4,3$  м/сут;  $R$  – гидравлическое сопротивление, зависящее от гидрогеологических условий и типа водозаборного сооружения:

$$R = R_0 + \beta \cdot \xi = 10,1 + 1 \cdot 0,35 = 10,45, \quad (3)$$

$R_0$  – гидравлическое сопротивление  $R$  в точке расположения скважины:

$$R_0 = \ln \frac{R_{\text{скв}}}{r} = \ln \frac{3930}{0,162} = 10,1, \quad (4)$$

где  $r$  – радиус фильтра, м:

$$r = \frac{d_{\text{ф}}}{2} = \frac{0,324}{2} = 0,162, \quad (5)$$

$R_{\text{скв}}$  – радиус влияния скважины, определяемый из выражения:

$$R_{\text{скв}} = 1,5\sqrt{c \cdot t} = 1,5\sqrt{752,5 \cdot 9125} = 3930, \quad (6)$$

где  $c$  – коэффициент пьезопроводности водосодержащих пород, м<sup>3</sup>/сут:

$$c = \frac{k \cdot m}{\mu} = \frac{4,3 \cdot 35}{0,2} = 752,5, \quad (7)$$

$t$  – время, на которое рассчитывается эксплуатация скважины (25 лет),  $t = 9125$  сут;  $\beta$  – отношение расхода рассматриваемой скважины  $Q_{\text{скв}}$  к суммарному расходу водозабора  $Q_{\text{сут.р}}$ :

$$\beta = \frac{Q_{\text{скв}}}{Q_{\text{сут.р}}}, \quad (8)$$

в случае рассмотрения одиночной скважины  $\beta = 1$ ;  $\zeta$  – дополнительное сопротивление, учитывающее фильтрационное несовершенство скважины, величина которого определяется в зависимости от соотношения:

$$\xi = \frac{l_{\phi}}{m} = \frac{32}{35} = 0,9, \quad (9)$$

$$\frac{m}{r} = \frac{35}{0,162} = 216. \quad (10)$$

В соответствии с табл. 29. пособия по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84) часть 2 при значениях  $l_{\phi} / m = 0.9$ ;  $m / r = 216$ ;  $\zeta = 0.35$ :

$$Q_{\text{скв}} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4,3 \cdot 35 \cdot 13}{10,45} = 1175 \text{ м}^3/\text{сут} = 49 \text{ м}^3/\text{час}. \quad (11)$$

Выбор места расположения насоса.

Погружной насос устанавливается ниже рабочей части фильтра над отстойником. Данный вариант размещения насоса позволяет получить максимальную длину фильтра, что обеспечивает большую пропускную способность фильтра.

Марка насоса и глубина его установки уточняются после производства опытной откачки в соответствии с фактическим статическим уровнем и удельным дебитом скважины.

Строительную откачку воды из скважины необходимо произвести в течение трех суток с дебитом не менее проектного.

Определение пропускной способности фильтра

Пропускная способность фильтра,  $\text{м}^3/\text{сут}$ , определяется по формуле:

$$Q_{\phi} = \pi \cdot d_{\phi} \cdot l_{\phi} \cdot V_{\phi} \cdot \eta = 3,14 \cdot 0,324 \cdot 32 \cdot 105,7 \cdot 0,21 = 722,6 \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (12)$$

где  $V_{\phi}$  – максимально допустимая скорость притока воды к фильтру, определенная по эмпирической зависимости:

$$V_{\phi} = 65\sqrt[3]{k} = 65\sqrt[3]{4,3} = 105,7 \text{ м/сут}, \quad (13)$$

где  $\eta$  – скважность фильтра, т. е. отношение площади фильтра к площади его боковой поверхности для фильтра полимерного кольцевого  $\eta = 0,21$ .

Решение вопроса о возможности применения одиночной скважины.

Вопрос возможности применения одиночной скважины решается сопоставлением расчетной производительности водозабора  $Q_{\text{сут.р}}$ , максимального притока воды к скважине  $Q_{\text{скв}}$  и пропускной способности фильтра  $Q_{\phi}$ .

$Q_{\text{ч.р}} = 490 \text{ м}^3/\text{час}$  (общий часовой расход фильтрации);

$Q_{\text{скв}} = 49 \text{ м}^3/\text{час}$  (максимальный приток воды к скважине);

$Q_{\phi} = 30,1 \text{ м}^3/\text{час}$  (максимальная пропускная способность фильтра).

Если одновременно при круглосуточной работе одиночной скважины  $Q_{\text{ч.р}} < Q_{\phi}$  и  $Q_{\text{ч.р}} < Q_{\text{скв}}$ , то принимают водозабор в виде одиночной скважины.

В данном случае необходим групповой водозабор, так как  $Q_{\text{ч.р}} > Q_{\phi}$ ,  $490 > 30,1 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Определение числа скважин в групповом водозаборе.

Необходимое число скважин в групповом водозаборе определяется по формуле:

$$n = \frac{Q_{\text{ч.р}}}{Q_{\phi}} = \frac{490}{30,1} = 16,3 \text{ скв.} \quad (14)$$

Округлив величину  $n$  до ближайшего целого числа, получают необходимое количество скважин законтурного дренажа в количестве – 17 штук.

На основании ряда рассмотренных решений организации системы водоотвода, данный вариант показал себя наиболее оптимально.

## Литература

1. Курганов А. М., Вуглинская Е. Э. Водозаборы подземных вод: учебное пособие. Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2009. 80 с.

УДК 628.2

*Ифэй Чжан,*

студент

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: zyf757704382@163.com*

*Yifei Zhang,*

student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: zyf757704382@163.com*

## **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЕРЕПАДНЫХ ШАХТ В СИСТЕМАХ КАНАЛИЗАЦИИ**

### **ANALYSIS OF EXISTING STRUCTURES AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DROP SHAFT MINES IN SEWER SYSTEMS**

Перепадные шахты используются для организации сброса сточных вод в глубокорасположенные канализационные сети. Конструкции шахт сильно подвержены разрушению в результате воздействия падающего потока. В статье производится анализ существующих технических решений при устройстве перепадных шахт. Оцениваются достоинства и недостатки каждого варианта конструкции. Для эффективного гашения энергии падающего потока сточных вод и её перевода в электроэнергию предлагается концепция применения гидротурбины.

*Ключевые слова:* перепадная шахта, канализация, гашение энергии, гидротурбина.

Drop shafts are used to organize the discharge of wastewater into deep sewer networks. Mine structures are highly susceptible to destruction as a result of the impact of a falling stream. The article analyzes the existing technical solutions for the construction of drop shafts. The advantages and disadvantages of each design option are evaluated. For effective damping of the energy of the falling wastewater flow and its conversion into electricity, a concept for the use of a hydroturbine is proposed.

*Keywords:* drop shaft, sewerage, energy dissipation, hydraulic turbine.

Перепадные шахты наиболее широко используются в городских канализационных системах. С 1960-х годов исследователи изучают новые конструкции сооружений с целью повышения эффективности гашения энергии и устойчивости покрытий к дина-

мическому воздействию потока сточных вод. На сегодняшний день известны следующие виды конструкций перепадных шахт (рис. 1): с вертикальным сбросом (рис. 1, *a*), спирально-лестничного типа (рис. 1, *б*), с вертикальным трубчатым стояком (рис. 1, *в*), с устройством перегородок для дробления потока (рис. 1, *г*), ступенчатого типа (рис. 1, *д*), со спиральным лотком (рис. 1, *е*). Данные конструкции достаточно часто используются в системах водоотведения.

С вертикальным сбросом: наиболее простой конструкцией является шахта с вертикальным сбросом (рис. 1, *a*). Для гашения энергии используется слой воды, который постоянно присутствует в водобойном колодце нижнего бьефа [1]. Недостатком является сильная дегазация потока сточных вод, которая в последствии приводит к интенсификации газовой коррозии.

Спирально-лестничного типа (рис. 1, *б*): представленная конструкция позволяет хорошо гасить кинетическую энергию потока, однако используемые ступени интенсивно заиливаются осадком и в последствие сооружение может работать в другом гидравлическом режиме [2].

С вертикальным трубчатым стояком (рис. 1, *в*): в качестве достоинства является компактная транспортировка воды в технологическом трубопроводе. В качестве недостатка необходимо отметить большие скорости потока на выходе из трубопровода, которые вызывают разрушение водобойного колодца [3].

С устройством перегородок для дробления потока (рис. 1, *г*): эта конструкция не ограничена перепадом высот падающей воды, а также диаметром и направлением труб входа и выхода воды. Недостатком конструкции является сильное дробление потока, износ части перегородок за счет истирания потоком и газовой коррозии [4].

Ступенчатого типа (рис. 1, *д*): достоинством является хорошее гашение энергии потока, однако в такой конструкции происходит сильная аэрация потока и выделение сероводорода, что интенсифицирует процесс газовой коррозии железобетонных конструкций [5].

Со спиральным лотком (рис. 1, *е*): структура шахты достаточно сложная, и ее обслуживание чрезвычайно затруднено. Несмотря на то, что колодец обладает хорошим эффектом гашения энергии, лоток сильно заиливается осадком [6].

На сегодняшний день актуальным направлением при разработке систем канализации является применение перепадных шахт, позволяющих получать электроэнергию из энергии падающего потока сточных вод [7]. В данной работе предлагается использование гидротурбин, конструкция которых предусматривает прохождение загрязненной воды. Такая технология хорошо проявила себя в локальных условиях, однако могут возникнуть трудности с применением в случае с сильным загрязнением сточных вод и наличием крупного мусора.

Использование энергии падающих сточных вод в крупных городах позволит существенно повысить энергоэффективность системы. Полученная энергия может использоваться для различных городских целей.

Разработка технологии, позволяющей выполнять генерацию электроэнергии в условиях сильно загрязненных потоков и загазованных канализационных сетей является актуальным вопросом в инженерной практике. Далее в исследовании предполагается разработать новую конструкцию перепадной шахты, позволяющую реализовать данную технологию и смоделировать ее работу в пакете конечно-элементного анализа.

*Благодарю за помощь в написании статьи своего научного руководителя – к.т.н. Федорова С. В.*

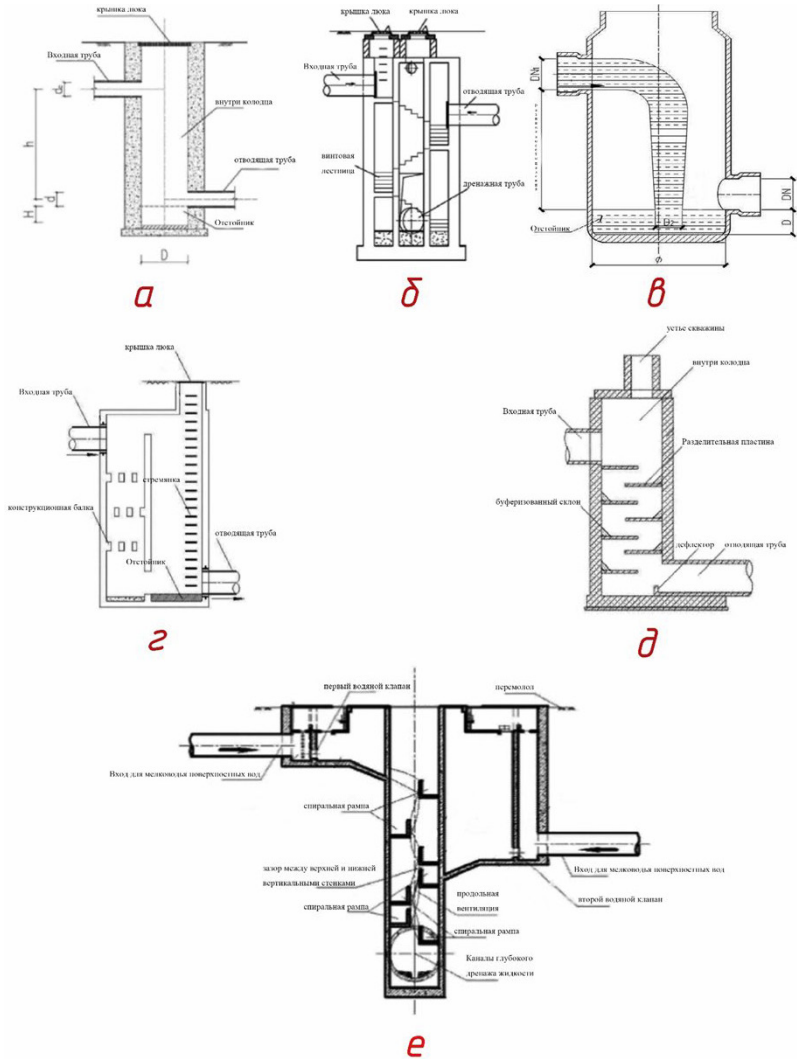


Рис. 1. Конструкции перепадных шахт



## Литература

1. A kind of vertical draining drop well URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/73/f4/fd/ceb343f736b122/CN105369880B.pdf> (дата обращения: 02.03.2016).
2. Stair type water dropping well URL: <http://static.tianyancha.com/patent/contentPDF/f91661e5dfe11664610ea48b572427ff.pdf> (дата обращения: 25.05.2016).
3. 陈文, 吴张永, 徐初旭, 卞光明, 马自刚, 代龙. 基于 CFD对竖管跌水井结构与消能性设计[J] // 软件, 2020 №01. Pp. 170–174.
4. A kind of vertical slot formula drop well provided with buffer structure beam URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/9e/d6/5d/e6f5c785888cc1/CN206512831U.pdf> (дата обращения: 22.09.2017).
5. Baffle baffling formula energy dissipation drop well URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/a3/ca/2f/eab5f5654eba04/CN204738377U.pdf> (дата обращения: 04.11.2015).
6. Drainage deep-tunnel spiral channel type swirl shaft URL: <https://patentimages.storage.googleapis.com/04/76/31/60568fe0344724/CN105888043A.pdf> (дата обращения: 24.08.2016).
7. *Uchiyama Tomomi, Honda Satoshi, Okayama Tomoko, Degawa Tomohiro.* A feasibility study of power generation from sewage using a hollowed pico-hydraulic turbine // *Engineering*, 2016. № 2(4). Pp. 510–517.

УДК 628.38

Юй Шуайсянь,

аспирант

(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

E-mail: lixuueliang6@yandex.ru

Yu Shuaixian,

postgraduate student

(Saint Petersburg State University  
of Architecture and Civil Engineering)

E-mail: lixuueliang6@yandex.ru

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ОЧИСТНОГО СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

### **EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE EXISTING DESIGN OF A COMPREHENSIVE WASTEWATER TREATMENT FACILITY FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT**

Комплексное очистное сооружение имеет такие преимущества, как эффективность очистки, низкие инвестиционные затраты, меньшую занимаемую площадь и удобное управления оборудованием. Данное сооружение может эффективно очищать промышленные стоки, стоки от частных домов и поверхностные стоки, и поэтому имеет весьма широкие перспективы применения. В этой статье рассмотрена существующая конструкция комплексного очистного сооружения для сточных вод и технологии очистки.

*Ключевые слова:* комплексное очистное сооружение, промышленные стоки, технологические процессы очистки стоков.

The integrated wastewater treatment plant has advantages such as treatment efficiency, low investment costs, smaller space requirement and easy operation of the equipment. The plant can effectively treat industrial wastewater, sewage from private homes and surface wastewater, and therefore has a very wide range of application prospects. In this article, the existing design of a complete wastewater treatment plant and treatment technologies are discussed.

*Keywords:* integrated wastewater treatment plant, industrial effluents, technological effluent treatment processes.

Комплексное очистное сооружение позволяет сочетать несколько стадий очистки стоков, таких как флокуляция, отстаивание, фильтрация, дезинфекция и др. в одной ёмкости. Это очистное сооружение подходит не только для городских районов, где невозможно проложить городские системы канализации, и экономически отсталых сельских районов и малых городов, но также может очищать поверхностные стоки, содержащие большое количество загрязняющих веществ, образующихся на промышленных площадках [1]. В настоящее время все комплексные очистные сооружения имеют схожую конструкцию. В статье рассматривается пример сооружения для исследования процесса очистки и технического анализа [2].

В этой статье рассматривается комплексное очистное сооружение с флокуляцией, отстойником с тонкослойным модулем и фильтром. Сооружение имеет такие преимущества, как компактная конструкция, обеспечивающая быструю транспортировку, монтаж и простую эксплуатацию. Кроме этого, следует отметить, что сооружение позволяет достичь хорошего качества воды и низкую стоимость очистки. Данное решение подходит для сельских районов, частных домовладений, промышленных территорий и других объектов, где нужна очистка стоков.

Традиционные методы очистки стоков включают в процесс очистки несколько блоков, каждая конструкция устанавливается отдельно, что увеличивает инвестиции в строительство и площадь помещений, а процесс очистки становится более сложным [3].

Комплексная очистка позволяет разумно распределить флокуляцию, седиментацию и фильтрацию во временной и пространственной последовательности, тем самым сокращая инвестиции в строительство и эксплуатационные расходы (рис. 1). В центре внимания при разработке комплексного технологического процесса находится, главным образом, последовательное распределение очистных сооружений [4, 5].

После флокуляции в зоне реакции сточные воды поступают в отстойник с тонкослойным модулем. Далее отстаивающаяся вода проходит через переливную пластину в трубопровод и поступает в резервуар фильтрации с двойной фильтрующей средой, после чего отфильтрованная вода выходит из резервуара. Осадочный

бункер оборудован автоматическим устройством удаления осадка и устройством обратной промывки.

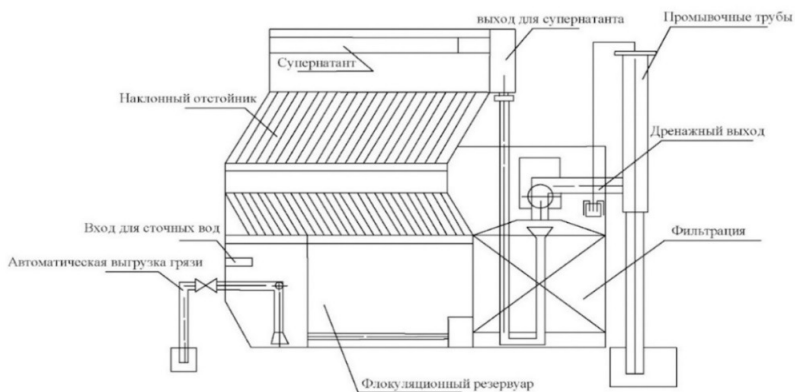


Рис. 1. Комплексное очистное сооружение

В качестве двухслойного фильтрующего материала в фильтровальной камере используются керамзит и кварцевый песок. Размер частиц керамзита  $-1,0 \div 2,0$  мм, а размер частиц кварцевого песка  $-0,7 \div 1,2$  мм.

1. Конструкция флокуляционных резервуаров предусматривает большое пространство для полного перемешивания флокулянта и стоков. Действие полимерных флокулянтов обычно объясняют адсорбцией нитевидных макромолекул одновременно на различных частицах. Возникающие при этом агрегаты образуют хлопья, которые могут быть легко удалены отстаиванием или фильтрованием [6]. На входе флокуляционного резервуара используется сетка, через которую проходит поток, скорость которого резко меняется, создавая небольшие вихри. Это увеличивает количество столкновений между частицами и позволяет флокулянту полностью перемешаться с частицами в стоке. Это значительно повышает эффективность реакции флокуляции и уменьшает количество используемого флокулянта. Этот метод широко используется на комплексных очистных сооружениях [7].

2. Секция осаждения представляет отстойник с наклонными пластинами тонкослойного модуля. В отличие от традиционного отстойника, был выбран отстойник с небольшим расстоянием между наклонными пластинами (см. рис. 2).

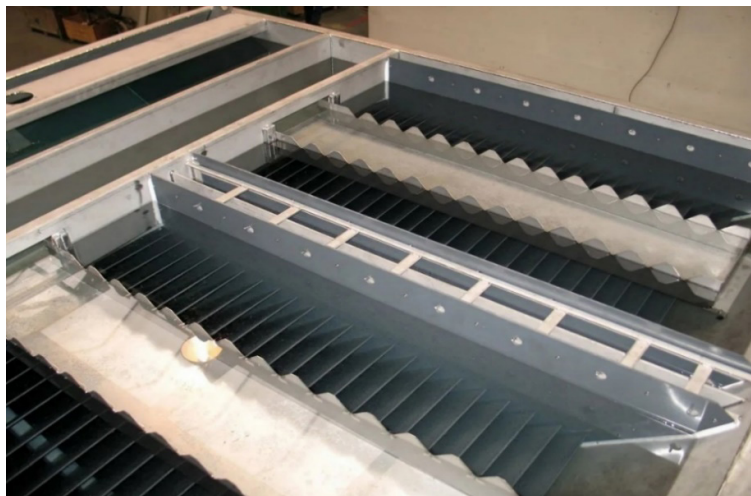


Рис. 2. Отстойник с тонкослойным модулем в комплексном очистном сооружении

Уменьшение расстояния между пластинами позволяет более мелким частицам осадка оседать в ограниченном пространстве, имеющемся в комплексной ёмкости. Наклонный отстойник устроен в два уровня, что позволяет более равномерно распределять воду в отстойнике, делая качество стоков более стабильным и устойчивым к большим нагрузкам [8].

3. Фильтр обычно имеет два слоя фильтрующей среды, с керамзитом в верхнем слое и кварцевым песком в нижнем слое. Устройство обратной промывки фильтра представляет собой горизонтальную трубу, через которую осуществляется подача воздуха с целью обеспечения водовоздушной промывки и эффективного удаления загрязнений из загрузки. Размер пор в трубе обычно составляет от 3 до 20 мм, поэтому ее нелегко заблокировать. Керамзит в фильтрующих материалах химически стабилен и обладает сильной адсорбционной и фильтрационной способностью. Двухслойная структура фильтрующего резервуара выбрана с целью обеспечения хорошего эффекта фильтрации в комплексном очистном сооружении [9].

4. Очищенные сточные воды проходят через коллектор в отводящую трубу и, наконец, сбрасываются в городскую канализационную систему. Очистка сточных вод с помощью комплексного очистного сооружения позволяет достичь национальных стандартов сброса и имеет высокую эффективность очистки.

Комплексное очистное сооружение использует комбинацию процессов флокуляции-осаждения-фильтрации при очистке хозяйственно-бытовых и промышленных стоков. На практике было доказано, что данная технология очистки соответствует стандартам сброса стоков.

Единая ёмкость занимает небольшую площадь, строительные и эксплуатационные расходы невелики, процесс эксплуатации достаточно прост, а эффект очистки высокий. Следует отметить, что подобные сооружения станут будущей тенденцией развития в сфере очистки стоков крупных городов.

## Литература

1. *Zhang Jing, Hou Hongxun, Wang Gan, Mei Pengxing, Le Chengyin, Zhu Jiahua.* Study on the process of small-scale integrated wastewater treatment equipment[J] // Industrial water and wastewater. 2014. № 45(01). Pp. 60–64.
2. *Wang Shumei.* Research progress of integrated small-scale domestic wastewater biological treatment plant [J] // China Environmental Protection Industry. 2007. № 2. Pp. 14–17.
3. *Wang K-N, Feng T, Li L, Xiao Y-S, Pan Chun-You.* Design and operation analysis of integrated wastewater treatment equipment[J] // Salt Science and Chemistry. 2021. № 50(05). Pp. 1–2.
4. Комплексная система очистки стоков. URL: <https://septic78.ru/kompleksnaya-sistema-ochistki-stokov.html> (дата обращения: 15.11.22).
5. *Hu Mingzhong, Wang Xiaoyu, Guo Hongjun, etc.* Process characteristics of FLY-1 type integrated water purification equipment [J] // China Water Supply and Drainage. 2003. № 19(6). Pp. 62–63.
6. Флокуляция. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/ngk/148088-flokulyatsiya/> (дата обращения: 15.11.22).
7. *Юдаков А. А., Червонецкий Д. В., Перфильев А. В.* и др. Особенности применения флокулянтов и сорбентов для очистки технологической воды и производственных стоков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) 2014. № S4. С. 126–135.
8. Очистка сточных вод Lamella Clarifier Отстойник. URL: <http://ru.hollyer.com/wastewater-treatment-lamella-clarifier-sedimentation-tank-product/> (дата обращения: 15.11.22).
9. Фильтрующая среда. URL: <https://www.ngpedia.ru/id472337p1.html> (дата обращения: 15.11.22).

## Содержание

<i>Акимов Л. И., Дмитриева К. Г.</i> Исследование ионообменных свойств углеродного адсорбента . . . . .	3
<i>Алиева А. И.</i> Гидравлическое моделирование участка реки Волги для оптимизации работы самарского городского водозабора . . . . .	10
<i>Блинов Д. Г.</i> Выбор программного обеспечения для решения задач гидродинамики численными методами . . . . .	16
<i>Васильев Д. В.</i> Проблема агрессивности воды в системах оборотного водоснабжения . . . . .	23
<i>Васильева М. О., Васильев М. В.</i> Компактные очистные сооружения канализации города Нюрба Республики Саха (Якутия) . . . . .	26
<i>Глазкова Н. Н.</i> Инновации при строительстве систем водоснабжения и водоотведения на объектах, возводимых в рамках Адресной инвестиционной программы . . . . .	35
<i>Горячёва Е. В.</i> Качество питьевой воды централизованных источников водоснабжения в регионе . . . . .	44
<i>Жуков А. А.</i> Использование «сухой воды» при пожаротушении. . . . .	48
<i>Корнеева Е. А., Авсюкевич А. П.</i> Сравнительный анализ характеристик фильтров различных конструкций . . . . .	52



<i>Кочкарева М. Б.</i> Проблемные вопросы при проведении работ по санации (капитальному ремонту) смотровых колодцев полимерным листом . . . . .	59
<i>Крюкова А. М.</i> Проблемы определения фактических объемов сточных вод, сбрасываемых через ливнепуски . . . . .	70
<i>Лю Хао</i> Численное моделирование многоступенчатых перепадных шахт. . . . .	78
<i>Федоров С. В., Лю Сюэлян</i> Оценка гидравлических свойств усовершенствованного типа тонкослойного модуля . . . . .	83
<i>Мамошин О. Г.</i> Проблемы разграничения эксплуатационной ответственности сетей водоснабжения и водоотведения многоквартирных домов. Позиции судов . . . . .	88
<i>Матюшенко Е. Н., Борисова К. Б., Ребитва С. А.</i> Обезвоживание осадков сточных вод на очистных сооружениях малой производительности. . . . .	103
<i>Николаенко Д. В.</i> Особенности системы центрального охлаждения вспомогательных механизмов пресной водой на атомном ледоколе . . . . .	112
<i>Сергиенко А. Е.</i> Реконструкция очистных сооружений . . . . .	116
<i>Уколова К. И., Амбросова Г. Т.</i> Двухступенная обработка высококонцентрированной сточной жидкости молокозавода . . . . .	119
<i>Чернов И. М.</i> Дренаж хвостового хранилища . . . . .	125

*Ифэй Чжан*

Анализ существующих конструкций и перспективы  
развития перепадных шахт в системах канализации. . . . .132

*Юй Шуайсянь*

Оценка эффективности существующей конструкции  
комплексного очистного сооружения для очистки  
промышленных сточных вод . . . . .137

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Сборник материалов межвузовской  
научно-практической конференции

01–02 декабря 2022 года

Компьютерная верстка *О. Н. Комиссаровой*

Подписано к печати 18.01.2023. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 8,48. Тираж 300 экз. Заказ 4. «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.