

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»



**Материалы 80-ой студенческой научно-технической
конференции**

**в рамках Международного молодежного форума
«Креатив и инновации» 2024»**

21 мая 2024 года

**Минск
БНТУ
2024**

УДК 504, 621.6, 628, 629, 696

СОСТАВИТЕЛИ:

Дубенок С. А., Лемеш М.И.

В сборнике представлены материалы 80-ой студенческой научно-технической конференции, посвященные вопросам институционального и технического развития систем водоснабжения и водоотведения, проблемам сбора, транспортировки и очистки сточных вод, обработки осадка сточных вод, вопросам водоподготовки, анализу современных материалов и технологий, применяемых при проектировании, строительстве и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения.

Сборник ориентирован на студентов, магистрантов, аспирантов и преподавателей средних и высших учебных заведений, научных сотрудников и специалистов, занимающихся вопросами и проблемами водоснабжения и водоотведения.

© Белорусский национальный
технический университет, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Применение иловых грунтово-растительных площадок для обезвоживания осадка.....	4
Расчет занесения поверхностных водохранилищных водозаборов	7
Материалы, применяемые в современном насосостроении	11
Классификация выпусков в водные объекты в системе водоотведения города и их анализ.....	16
Анализ законодательства Республики Беларусь и Российской Федерации по организации систем дождевой канализации в населенных пунктах	22
Исследование материалов используемых для изготовления труб в сети водоотведения	32
Сравнительный анализ водопроводных и канализационных колодцев из различных материалов	39
Проблема обезжелезивания и деманганации подземных вод.....	46
Анализ технологических схем биологической очистки сточных вод	51
Выбор и обоснование технических решений по обращению с поверхностными сточными водами на селитебных территориях городов	56
Особенности эксплуатации водозаборных скважин на УП «Минскводоканал»	63
Частотные преобразователи в системах водоснабжения.....	68
Санация водопроводных труб	72

Применение иловых грунтово-растительных площадок для обезвоживания осадка

Алферчик В.В., Семикашева Э.Э.
Научный руководитель Ануфриев В. Н., к.т.н.
Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Для обработки осадка сточных вод используют различные технологии, при этом снижение влажности осадка является неотъемлемой частью подобного технологического процесса. Традиционные иловые площадки характеризуются рядом недостатков, как эмиссия запахов, фильтрация иловой воды в грунт. В этом отношении применение иловых грунтово-растительных площадок для обезвоживания осадка является более предпочтительней. Использование потенциала посадок растений для снижения влажности осадка и его обезвреживания позволяют производить обработку осадка с низкими капитальными и эксплуатационными затратами.

В Республике Беларусь наиболее распространенными способами обработки осадка сточных вод являются механическое обезвоживание с предварительной стабилизацией или без нее, либо сушка на иловых площадках.

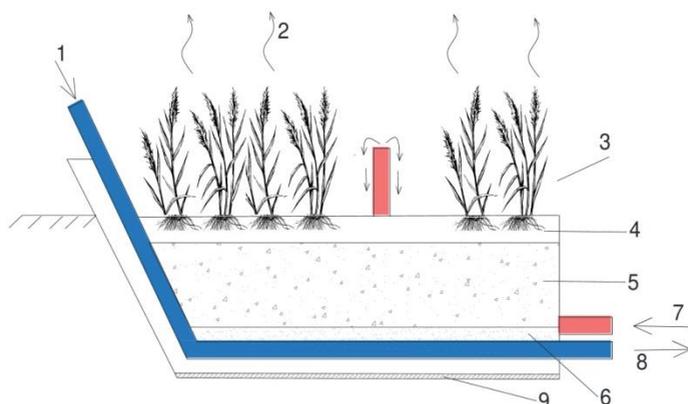
Обезвоживание осадка на иловых площадках производится фильтрацией через грунт с сопутствующим испарением. При влажности 75%, осадок выгружается и вывозится на утилизацию. При этом подсушенный осадок может оставаться на иловых площадках для хранения на продолжительное время. Такой способ обработки характеризуется отрицательным влиянием на окружающую среду, при этом возможно загрязнение подземных вод, эмиссия газов в атмосферный воздух.

Механическое обезвоживание осадка применяется на очистных сооружениях с производительностью более 25000 м³/сут [1]. Для механического обезвоживания осадка применяют центрифуги, ленточные фильтры-прессы, в меньшей степени используют камерные, мембранные, рукавные шнековые прессы. Технология механического обезвоживания характеризуется удельным энергопотреблением 1,1-2,2 кВт, удельным расходом флокулянта 6-15 кг на 1 т сухого вещества осадка, что требует существенных эксплуатационных затрат. Достигаемая влажность после обезвоживания составляет порядка 60-70% [2].

Альтернативным способом обезвоживания осадка может быть применение иловых грунтово-растительных площадок.

Такие сооружения используются для средних и малых городов, канализационные очистные сооружения которые имеют достаточные земляные площади для размещения грунтово-растительных площадок.

Принцип работы иловых грунтово-растительных площадок заключается в задержании нерастворимых примесей осадка и фильтровании иловой воды через слой загрузки щебня. Корни растений, особенно тростника, помогают удерживать загрязняющие вещества. Также при работе иловых грунтово-растительных площадок происходит испарение воды, в том числе в процессе транспирации посадок растений (рис.1).



1- аэрация, 2 - испарение, 3 – посадки тростника, 4 – слой обезвоженного осадка, 5 - щебень, 6 - гравий, 7 - подача исходного осадка, 8 – отведение иловой воды, 9-гидроизоляционный слой

Рис.1. Поперечное сечение типичной иловой грунтово-растительной площадки с посадками тростника

На секции иловых грунтово-растительных площадок подают исходный осадок в течение от 3 до 8 суток, после чего секция переводится в режим обезвоживания, с продолжительностью от 40 до 50 суток [3].

Происходит фильтрование иловой воды, частичное испарение и транспирация воды. Большая часть иловой воды фильтруется через слой осадка и загрузки (до 80%) и далее отводится по дренажной системе.

Иловые грунтово-растительные иловые площадки могут эксплуатироваться примерно 30 лет, период который включает два-три эксплуатационных цикла длительностью 10–15 лет каждый.

Эксплуатационный цикл состоит из четырех этапов:

- ввод в эксплуатацию;
- нормальная эксплуатация;
- удаление накопленного осадка;
- восстановление системы.

Ввод в эксплуатацию составляет продолжительность от года до двух лет, за этот период происходит посадка саженцев или разрастание растений. После эксплуатации в течении 10-15 лет секции площадок выводятся на реконструкцию, с выгрузкой обезвоженного осадка из секции. Реконструкция производится в разные годы, чтобы избежать одновременной остановки работы площадок.

После осуществления требуемой плотности посадки, начинается нормальная эксплуатация грунтово-растительных площадок. Для площадок используются влаголюбивые растения. Влаголюбивые растения рекомендуется высаживать плотностью от 4 до 5 кустов на м², с расстоянием примерно 30-40 см между ними. Чем плотнее они будут посажены, тем лучше для развития растений. Перед посадкой на площадку, рекомендуется обрезать все побеги и стебли до длины 20 см. Также для оптимального роста тростника желательно выбирать солнечное место для размещения зарослей [4].

Преимущества иловых грунтово-растительных площадок:

- низкие эксплуатационные затраты, в том числе низкий расход электроэнергии;

- отсутствие неприятных запахов;
- подходят для большой и малой производительности;

Недостатки:

- необходимость большой площади;
- тщательное выполнение требований правил эксплуатации.

Грунтово-растительные площадки являются перспективным методом для обезвоживания осадка, совмещающая в себе эффективность, экономическую выгоду и экологическую безопасность [4].

Литература

1. Строительные нормы Республики Беларусь СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [Электронный ресурс] // <https://normy.by/mand.php> - Дата доступа: 15.03.2024.

2. Пособие к техническому кодексу установившейся практики. П1-2019 к ТКП 45-4.01-321-2018 (33020) Проектирование очистных сооружений сточных вод. Минск, 2020. -123с.

3. Рекомендации по проектированию, устройству и эксплуатации песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод. Р

4.01.188-2022, Международное благотворительное общественное объединение «ЭкоСтроитель», Минск, 2022. – 79с.

4. The Use of Reed Beds for the Treatment of Sewage & Wastewater from Domestic Households [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://theseedlingsagada.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/07/sagada-reed-beds.pdf>. - Дата доступа: 10.05.2024.

УДК628.357

Расчет занесения поверхностных водохранилищных водозаборов

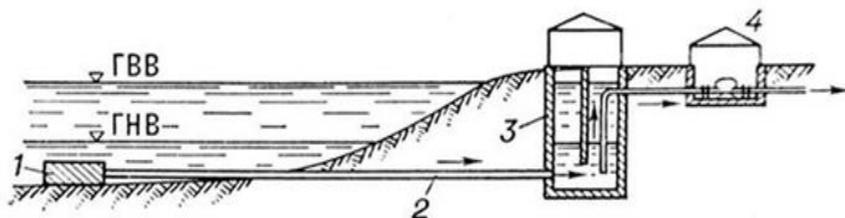
Бохан Г.С.

Научный руководитель Левкевич В.Е., д.т.н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В статье изложены основы оценки влияния перемещаемых вдольбереговых наносов на эксплуатацию поверхностных водохранилищных водозаборов. Целью данной работы была оценка стока наносов, затрудняющих эксплуатацию поверхностных водозаборов.

Поверхностные водохранилищные водозаборы в Беларуси распространены достаточно широко (рис.1.).



1 – оголовок; 2 – самотечные линии; 3 – береговой колодец; – насосная станция; ГВВ – горизонт (уровень) высоких вод; ГНВ – горизонт (уровень) низких вод

Рис. 1. Поверхностный водозабор раздельного типа

Большинство созданных на водохранилищах водозаборов расположены в приплотинной части водоемов в зоне приглубых берегов. Конструктивно водозаборы делятся на раздельные и совмещенные. Водозаборные сооружения берегового типа в приузловой зоне имеют водоприемный железобетонный колодец, разделенный на приемную и всасывающую камеры, которые соединяется всасывающей трубой с насосами. Насосная

станция подъема находится на некотором расстоянии от берегового колодца.

Береговые водозаборы совмещенного типа с насосными станциями рассчитаны на большую производительность.

К этому типу сооружений относятся водозабор Вилейско-Минской водной системы на Вилейском водохранилище и ряд других (рис. 2).



Рис. 2. Поверхностный водозабор совмещённого типа

Как известно, при создании водохранилища начинается трансформация существующего рельефа с которым граничит водоем.

Абразия – переработка берегов волнами является ведущим береговым процессом. Этот процесс осуществляется преимущественно ветровыми волнами, а также сопутствующими волновыми течениями. К важнейшим условиям, влияющим на масштаб и интенсивность абразии относятся: форма берегового склона, конфигурация береговой линии и положение ее по отношению к волнообразующим направлениям, геолого-литологическое строение берега и способность материала этих пород к накоплению – аккумуляции в прибрежной зоне водоема, а также способность к участию во вдольбереговом перемещении наносов, и гидрологические условия, в частности уровенный режим водного объекта.

Вызывая отступление берега и накопление возле него части размытого материала, ветровое волнение определяет развитие прибрежной отмели и формирование продольного вдольберегового потока наносов. Общее выравнивание берега в плане за счет срезания мысов и отчленения заливов пересыпями способствует формированию единого продольного потока наносов, обеспечивающего взаимосвязанное развитие берега на значительном его протяжении (рис.3).

Образование прибрежной отмели и продольного потока наносов способствует постепенному заилению подводных элементов водозаборов.

Объемы переработки – разрушения естественных берегов водохранилищах, сложенных в большинстве случаев несвязными песчаными грунтами достаточно велики и попадая в прибрежную зону под действием ветрового волнения и вдольбереговых течений, а также ледовых явлений перемещаются в виде потока наносов, аккумулируются, попадая в приемные ковши водозаборов, снижая производительность и затрудняя эксплуатацию последних (рис.3).



Рис. 3. Вдольбереговое перемещение и аккумуляция продуктов абразии в приурезовой зоне водохранилищ

Натурное обследование поверхностных водозаборов позволило установить степень занесением песчаным материалом, в результате вдольберегового перемещения наносов в прибрежной зоне, а также оценить применимость полученной ранее эмпирической зависимости [2].

Наблюдениями установлено, что максимальный расход наносов имеет место при угле подхода волны к берегу равном $\theta_{гп} = 45^\circ$, что наблюдается в природе наиболее часто. Эту закономерность пытался уточнить И.А. Правоторов путем введения коэффициента $n = f(\theta_{гп}, m)$: где n – поправочный коэффициент; $\theta_{гп}$ – расход наносов придонный, m^3/c ; m – заложение отмели [1]. Б.А. Пышкин и В.Л. Максимчук определяли при этом наносодвижущую силу в функции энергии волнения [1]. Всеми упомянутыми методами определялась какая-то условная характеристика вдольберегового потока наносов, которая давала представление об изменении относительной величины расхода наносов на разных (поразному ориентированных) участках водоема. Большой интерес представляют исследования, в результате которых получились формулы расходов наносов, т.е. определенного объема наносов (m^3/c), проходящего через заданный створ или формулы стока наносов, т.е. объема наносов, проходящего через заданный створ в некоторый отрезок времени.

Проведенные нами натурные исследования режима движения наносов в береговой зоне водохранилища Дрозды и Петровичи позволили установить, что под воздействием ветрового волнения в приурезовой зоне за счет взвешивания

частиц происходит естественная сортировка частиц по крупности и их дифференциация по неоднородности. Ширина зоны перемещения и сортировки наносов в условиях водохранилищ Беларуси составляет 2,0 – 5,0 м от границы уреза. Экспериментальные исследования в береговой зоне водохранилища Дрозды выполненные при штормовых условиях (высота ветровой волны $h_{1\%} = 0,4 - 0,7$ м) с использованием наносоуловителей выявили наличие подвижного слоя наносов на поверхности отмели, что позволило получить зависимость для расчета расхода влекомых наносов в приурезовой зоне.

По результатам натуральных экспериментов была получена эмпирическая зависимость для определения суммарного объема стока наносов ($\Delta Q_{\text{ст}}$) в условиях водохранилищ Беларуси, приведенная к удельной единичной ширине береговой отмели ($l_x = 1$ м) [2]:

$$\Delta Q_{\text{ст}} = 0,137 * 10^3 l_x h_{1\%}^2 * (T_{\text{бл}}/365) n,$$

где $h_{1\%}$ – высота волны 1% – ой обеспеченности, м, $T_{\text{бл}}$ – длительность безледного периода, сут., n – количество лет эксплуатации водохранилищ.

В результате расчетов были получены для поверхностных водозаборов, расположенных на водохранилищах Вилейско – Минской водной системы (ВМВС), определенные значения расхода наносов, приведенные в таблице.

Таблица

Результаты расчетов расхода наносов в береговой зоне
водохранилищ ВМВС

Название водохранилища	$h_{1\%}$, м	T , сут	n , лет	$\Delta Q_{\text{ст}}$, м ³ /год	Примечание
Вилейское	1,2	240	47	6026,9	Лев.бер.
Заславское	1,1	240	68	7327,034	Прав.бер.
Криницы	0,3	240	46	368,67	Лев.бер.
Дрозды	0,6	240	46	1474,67	Прав.бер.
Комсомольское озеро	0,25	240	15	83,48	После реконстр. Лев.бер.
Водоем ТЭЦ-2	0,15	240	20	40,07	После реконстр. Лев.бер
Чижовское	0,6	240	66	2115,83	Лев берег
Осиповичское	0,55	240	68	1831,76	Лев.берег

Как видно из приведенной таблицы наибольший объем наносов наблюдается в водохранилищах наиболее крупных по площади и имеющих значительный срок эксплуатации, что полностью соответствует теории берегоформирования [1,2].

Приведенная выше эмпирическая зависимость может быть использована при укрупненной оценке заносимости приемных колодцев водозаборных сооружений. Зависимость применима для расчетных высотах волн высотой до 1,20 м, несвязных песчаных грунтов крупностью частиц не более $d_{50} = 0,1\text{см}$, образующих влекомые наносы.

Существующие водохранилищные водозаборы подвержены занесению вдольбереговым потоком наносов, образующимся при переработке берега ветровым волнением. При этом значение песчаных наносов в процессе занесения водозаборов намного более значимо в средней и приплотинной частях водохранилищ, когда как, в верховьях водоемов более значимым фактором затрудняющим эксплуатацию водозабора является зарастание водоема и образование донных органических отложений, Ориентировочный прогноз стока вдольбереговых наносов в условиях водохранилищ Беларуси можно выполнять по предлагаемой в статье эмпирической зависимости, которая требует последующих уточнения.

Литература

- 1.Максимчук В.Л. Рациональное использование берегов водохранилищ // В.Л. Максимчук: Киев, Наукова думка, 1981. – 176с.
2. Левкевич В.Е. Инженерная защита и мониторинг прибрежной зоны водохранилищ Беларуси // В.Е. Левкевич, Минск, Право и экономика, 2020. – 152с.

УДК 621.65

Материалы, применяемые в современном насосостроении

Каравацкая К.С.

Научный руководитель Майорчик А.П., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

На основании проведенного литературного обзора рассмотрено строение насоса, проанализированы материалы, используемые для создания различных деталей насоса, проведена сравнительная характеристика материалов, применяемых в современном насосостроении.

Насос – гидравлическая машина, которая преобразует механическую энергию двигателя в энергию потока жидкости, служащую для перемещения и создания напора жидкости.

Все существующие насосы классифицируются на две большие группы: динамические и объемные. В динамических насосах передача энергии жидкости происходит путем воздействия гидродинамических сил на незамкнутый объем жидкости, при постоянном сообщении входа и выхода насоса. А в объемных насосах все работает по принципу вытеснения жидкости, изменяя ее объем. Динамические делят на лопастные и насосы трения, а лопастные, в свою очередь на осевые и центробежные. Объемные бывают винтовые, поршневые и другие. Чаще всего применяют центробежные насосы, на их примере далее рассмотрен принцип работы и конструктивные особенности насосов (рис.1).

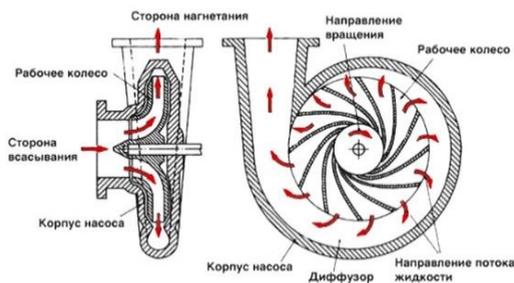


Рис. 1. Принцип работы центробежного насоса

Насос состоит из корпуса, имеющего спиральную форму, рабочего колеса, закрепленного на валу, лопастей рабочего колеса, изогнутых в сторону, противоположную направлению вращения колеса. Действие центробежного насоса основано на передаче кинетической энергии от вращающегося рабочего колеса частицам жидкости, находящимся между его лопастями. Под влиянием центробежных сил, возникающих при вращении, жидкость будет перемещаться в направлении показанном на рисунке, и на входе в рабочее колесо будет возникать вакуумметрическое давление. Основные характеристики насоса: напор, подача, мощность и КПД. Именно материалы, из которых изготовлены детали насоса существенно влияют на эти характеристики, поэтому очень важно грамотно их подобрать.

Основными материалами, применяемыми в современном насосостроении являются:

1) Нержавеющая сталь: как уже упоминалось ранее, нержавеющая сталь является одним из основных материалов, применяемых в насосах. Она обладает хорошей коррозионной стойкостью, что делает ее подходящим для лопастей рабочего колеса в различных условиях эксплуатации.

2) Чугун: чугунные лопасти могут использоваться в насосах, работающих с агрессивными жидкостями или содержащими твердые частицы. Чугун характеризуется высокой прочностью и износостойкостью.

3) Латунь: латунные лопасти могут применяться в насосах для перекачивания воды и других неагрессивных жидкостей. Они обладают хорошей коррозионной стойкостью и отличными механическими свойствами.

4) Алюминий: легкий и прочный алюминий может быть использован для лопастей в насосах, работающих в условиях средних нагрузок. Алюминиевые лопасти обладают хорошей термической проводимостью.

5) Полимеры: как и в случае с рабочими колесами, полимерные материалы, такие как полипропилен или полиуретан, могут также применяться для изготовления лопастей в насосах, предназначенных для работы с химически агрессивными средами.

Рассмотрим материалы из которых изготавливается корпус насоса. В основном используются такие материалы, как чугун, пластик и нержавеющая сталь. Насосы с чугунным корпусом имеют следующие преимущества:

1) Стоимость. Корпус из чугуна стоит намного дешевле чем из стали, что делает его более доступным для потребителей

2) Устойчивость к коррозии. Чугун достаточно устойчивый к коррозии, поэтому может использоваться даже для перекачки агрессивных жидкостей.

3) Легкость. Насосы из чугуна весят меньше чем из стали, что делает их более удобными в транспортировке.

4) Простота изготовления. Такие насосы достаточно просто изготовить в больших количествах.

Самым главным недостатком чугуна, является его хрупкость. При эксплуатации таких насосов, велика вероятность, что при ударе корпус насоса придет в негодность.

Теперь рассмотрим плюсы и минусы применения стали для изготовления корпуса насоса:

1) Прочность. Сталь один из самых прочных материалов, поэтому насосы из стали выдерживают очень высокое давление жидкости.

2) Устойчивость к высоким температурам. Стальная конструкция насоса позволяет ему работать при высоких температурах без деформаций и повреждений.

3) Гибкость. Сталь можно легко обработать и использовать для изготовления насосов разных форм и конфигураций.

У стали два основных минуса, а именно: стоимость, она немного выше, чем других материалов. Также сталь корродирует, если нет защиты от коррозии.

Пластик, не подвержен коррозии, имеет приемлемую стоимость, но также, как и чугун хрупкий и недостаточно прочный. При механическом воздействии может треснуть.

Главное при выборе материала, учитывать условия использования: то есть вид перекачиваемой жидкости и мощность, необходимую для создания требуемого напора.

Рабочее колесо насоса изготавливают из чугуна или стали. Здесь главными критериями является устойчивость к коррозии, прочность и возможность работы насоса при высоких температурах. Иногда применяют бронзу.

Для перекачки агрессивных жидкостей в современном насосостроении могут применяться специальные материалы, которые обладают высокой коррозионной стойкостью и химической инертностью:

1) Фторполимеры (например, тефлон): фторполимеры являются одними из самых химически инертных материалов и обладают отличной коррозионной стойкостью. Они могут применяться для изготовления рабочих колес, насосных корпусов и уплотнений для работы с агрессивными средами.

2) Химически стойкие керамики: керамические материалы, такие как оксид циркония или карбид кремния, обладают высокой химической стойкостью и могут использоваться в насосах для перекачки агрессивных жидкостей с высокими температурами и концентрациями.

3) Никель и его сплавы: никель и его сплавы, такие как инконель или хастеллой, обладают хорошей коррозионной стойкостью и могут быть использованы для насосных деталей, работающих в агрессивных условиях.

4) Полиимиды: полиимидные материалы обладают хорошей химической стойкостью, теплостойкостью и механическими свойствами, что делает их подходящими для перекачки агрессивных жидкостей.

Для защиты материалов насосов от коррозии может применяться различные виды напыления (футеровки). Наиболее распространенными материалами покрытия для защиты от коррозии являются:

1) Антикоррозионные краски: это один из наиболее распространенных методов защиты от коррозии. Антикоррозийные краски образуют защитный слой на поверхности материала, который предотвращает контакт металла с коррозионно-агрессивными средами.

2) Эпоксидные покрытия: эпоксидные покрытия обладают высокой химической стойкостью и могут быть применены для защиты насосов от коррозии в агрессивных средах.

3) Полимерные оболочки: использование полимерных оболочек также является эффективным способом защиты от коррозии. Полимерные оболочки создают защитный барьер между материалом насоса и внешней средой.

4) Цинковое покрытие: цинковое покрытие может быть использовано для защиты от коррозии методом гальванической защиты. Цинк служит анодом и защищает материал насоса от коррозии.

5) Хромирование: хромирование также может быть применено для обеспечения защиты от коррозии насосных деталей. Хромированные поверхности обладают высокой стойкостью к коррозии.

Рабочее колесо насоса расположено на валу, к которому предъявляются жесткие требования по прочности. Материал для производства вала, должен обладать высокой коррозионной стойкостью и износостойкостью. Этим характеристикам отвечает только сталь. Здесь применяются кислая мартеновская сталь (она при нагреве меньше подвержена действию газов, но при этом она больше остальных подвержена коррозии) и сталь марки 12X17 (она очень износостойкая).

Анализ проведенных литературных исследований указывают на большое разнообразие применяемых материалов при изготовлении насосов. Такой диапазон позволяет подобрать наилучшие материалы для любых конкретных условий. Особое внимание рекомендуется уделить композитам (многокомпонентным материалам, изготовленным из двух и более материалов), как более современным материалам.

Литература

1. Строительные нормы Республики Беларусь. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СН 4.01.01-2019: утв. постановлением М-ва архитектуры и стр-ва Респ. Беларусь 31.10.19 № 59. – Минск: Минстройархитектуры, 2020. – 78 с.

2. ГОСТ 32601-2013. Насосы центробежные для нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности.

3. Лангеман Д.В. Анализ выбора материала для изготовления валов центробежных насосов // Достижения науки и образования №5 (18), 2017.

УДК 628.3

Классификация выпусков в водные объекты в системе водоотведения города и их анализ

Каравацкая К.С.

Научный руководитель Полякова О. Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

В основании проведенных мною исследований, описана характеристика канализационных выпусков в системах водоотведения, рассмотрена их классификация, требования к проектированию, проанализировано влияние на экологию водных объектов и проведен сравнительный анализ затрат и выгод от внедрения технологий канализационных выпусков.

В XIX веке Минск был одним из городов царской России. На 22 тысячи жителей приходилось всего лишь 90 водопроводных колодцев. Большинство жителей пользовались водой из реки Свислочь, которая согласно проведенным в 1990 г. исследованиям, содержала в 20 раз больше органических веществ, чем допускалось санитарными нормами и вследствие этого стала причиной массового распространения различных инфекционных заболеваний. В 1870-х гг. начался бурный экономический рост нашего города, стала развиваться промышленность и торговля. Все это заставило городскую думу весной 1872 г. начать строительство водопровода. Однако централизованное водоснабжение мало изменило бедственное положение города. По мере эксплуатации качество питьевой воды, подаваемой в водопроводную сеть стало ухудшаться, из-за использования сильно загрязненных вод реки Свислочь. Канализация в городе не было. По мере развития системы водоснабжения объем загрязненных сточных вод увеличивался, а их вывозка требовала ощутимых расходов. Домовладельцы начали во дворах сооружать поглощающие колодцы, загрязняя тем самым грунтовые воды. Такое положение заставило искать другие источники водоснабжения и начать строительство сети водоотведения и очистных сооружений. Были организованы новые скважины и в 1978 г. начала работать первая очистная водопроводная станция.

Очистные сооружения выполняют функцию очистки сточных вод перед их сбросом в природные водные объекты. Основными этапами очистки являются механическая очистка, биологическая очистка и обеззараживание. После чего очищенные сточные воды поступают в водный объект через канализационные выпуски.

Выпуски – это сооружения, благодаря которым обеспечивается сброс сточных вод в водоток. В основном применяются два типа выпусков, а именно береговые и русловые.

Береговой выпуск следует применять для небольших водных объектов с быстрым течением, как на рисунке 1. Такие выпуски делятся на затопленные и незатопленные. Затопленный выпуск представляет собой береговой колодец с выходом сточных вод под уровень воды в водном объекте. Незатопленный выпуск – это береговой выпуск в виде открытого быстротока или канала различной формы, важно? чтобы он располагается непосредственно у береговой линии. Из-за небольшого коэффициента основного разбавления береговые выпуски следует применять для сброса нормативно-чистых стоков. Если не учитывать это условие, то происходит аккумуляция загрязненных веществ в почве и повышение концентрации загрязненной воды непосредственно в месте сброса в водоем.

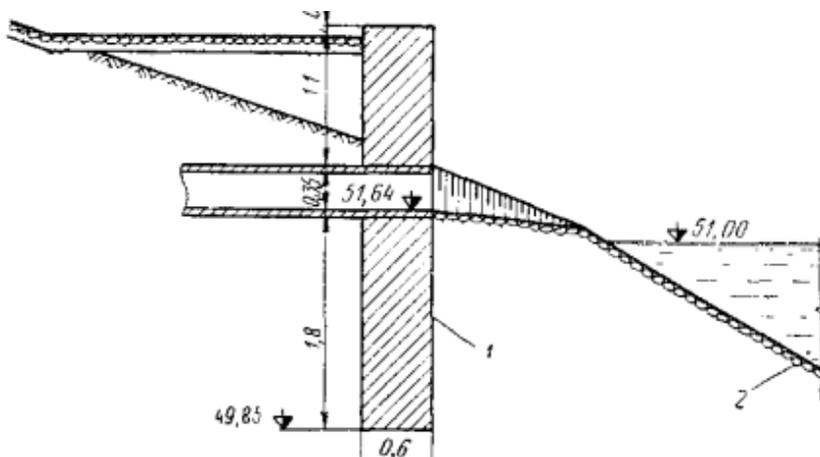


Рис. 1. Береговой выпуск

Русловой выпуск – это трубопровод, который находится на дне водного объекта. Такие выпуски делятся на сосредоточенные, рассеивающие и эжекторные. Сосредоточенный выпуск представляет собой участок трубопровода, который заканчивается оголовком, расположенным перпендикулярно дну водного объекта. Оголовок изготавливают в виде бетонного блока, а трубопроводы таких выпусков изготавливают из стальных труб с усиленной изоляцией или же пластмассовых труб, которые укладываются в траншеях. Рассеивающий русловой выпуск включает один горизонтальный участок трубопровода, по всей длине которого

расположены несколько оголовков или же прорезей. Такой участок может быть расположен в канале с засыпкой или приподнят над дном реки (рис.2). А в эжекторных выпусках применяют несколько эжектирующих оголовков. Оголовки предназначенные для увеличения скорости истечения жидкости, бывают различных конструкций.

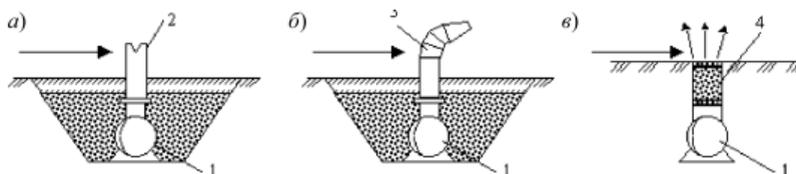


Рис. 2. Оголовки рассеивающих выпусков
а – с конусным рассекателем; б – с отводом и соплом; в – без насадки
1 – распределительный трубопровод; 2 – рассекатель; 3 – сопло; 4 – гравийная засыпка

В связи с развитием современных технологий применяются выпуски, которые выполняют дополнительные функции, такие как дополнительная очистка или же получение энергии за счет движения потока воды.

В качестве примера таких выпусков можно привести выпуск очищенных сточных вод УП «Минскводоканал» (на рис.3). Он представляет собой сооружение, внешне похожее на фонтан, здесь за счет сильного напора и выброса сточных вод происходит насыщение воды кислородом, что в свою очередь является дополнительной очисткой. Этот процесс повышает качество воды и обеспечивает хорошее смешение потоков.



Рис. 3. Водовыпуск в виде фонтана

В июне 2013 года была запущена гидроэлектростанция Шабаны. Этот объект использует очищенную воду с очистных сооружений г.Минска. На станции установлены две турбины с горизонтальными валами (рис.4), благодаря которым достигается перепад высоты 8,5 метров. Так же здесь предусмотрено интересное решение, а именно встраивание небольшого бака сразу за выходом отсасывающих труб. Во время работы турбин уровень воды поднимается, и вода начинает переливаться через стенки, на которых установлены «стальные зубы, которые служат для аэрации воды перед тем, как она поступит в реку. Такие выпуски используют принцип гидротехнического действия движущейся воды для приведения в действие гидравлических устройств, таких как насосы и турбины. Поэтому подобный выпуск можно оборудовать на очистных сооружениях, а энергию небольшой гидроэлектростанции использовать для работы насосной станции, тем самым уменьшаются затраты на энергию [2].



Рис. 4. Турбины ГЭС

Существует рассеивающий фильтрующий струйный выпуск, он позволяет приблизить створ смешения очищенной воды практически к створу самого выпуска. Сам выпуск представляет собой стальную трубу постоянного сечения с приваренной по всей длине металлической обоймой с отверстиями. Эта обойма заполнена крупным гравием. Выход воды в водоток в виде вертикальных струй обеспечивает быстрое смешение с водой водотока (рис. 5).

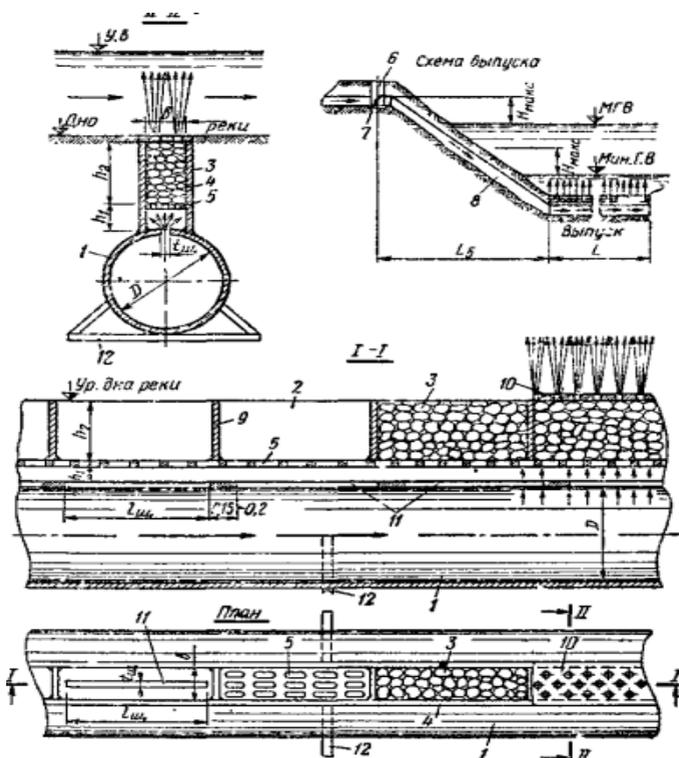


Рис. 5. Рассеивающий фильтрующий струйный выпуск

При установке канализационных выпусков очень важно учитывать необходимые для его размещения условия.

Выпуски в водные объекты следует размещать преимущественно в местах с повышенной турбулентностью потока, то есть в сужениях, протоках или порогах. Конструкция выпусков необходимо принимать с учетом требований судоходства, режимов уровней волновых воздействий, а также морфологических, гидрологических характеристик водотоков, геологических условий и режима переформирования русел. А именно следует учитывать следующие аспекты:

1. Отступ от источников питьевой воды: канализационные выпуски должны находиться на достаточном расстоянии от источников питьевой воды, таких как колодцы, скважины и др. Это нужно для того чтобы исключить риск загрязнения воды.

2. Отступ от природных водных объектов, а именно ближайших водохранилищ и водозаборов.

3. Безопасное отступление от жилых зон, чтобы минимизировать воздействие на здоровье и благополучие населения.

4. Учет особенностей местности, а именно стоит брать во внимание рельеф местности, уровень грунтовый вод, ветровые направления, которые могут влиять на возможное распространение загрязнений.

5. Располагать выпуски стоит в местах с повышенной турбулентностью потока, чтобы обеспечить достаточное смещение потоков

С точки зрения стоимости береговые выпуски значительно дешевле, но могут применяться только в определенных условиях, чтобы обеспечить достаточное смешение с водой в водотоке. Самыми выгодными в использовании являются выпуски, в которых используется энергия движущейся воды, так как они значительно сокращают затраты на энергию для насосных станций.

Канализационные выпуски могут оказывать некоторое влияние на экологию водных объектов и окружающей среды. Существенное негативное влияние на экологию могут оказать только неправильно спроектированные и неверно размещенные канализационные выпуски. Даже после очистки сточных вод могут оставаться вредные химические соединения, которые скажутся на водных организмах и экосистеме. Для предотвращения такого исхода, важно осуществлять постоянный контроль состава сточных вод по 25 показателям в ходе проведения анализа в химико-бактериологической лаборатории. Перед размещением выпусков важно обратить внимание, подходит ли для этого водоем, скорость его течения, насколько размывается русло, достаточно ли чистая в нем вода. Так же содержание питательных веществ в очищенных сточных водах, попадающих в природные водоемы, может вызвать некоторые химические процессы, из-за которых может произойти быстрое развитие водорослей и всех водной флоры, что приведет к снижению качества воды.

Длительное исследование и постоянный контроль над качеством очищенных сточных вод, а также соблюдения строгих стандартов и требований к их выпуску позволяют минимизировать отрицательное влияние на окружающую среду и повысить влияние положительных факторов эффективного использования водных ресурсов.

В заключении важно упомянуть, что выбор канализационных выпусков играет важную роль в обеспечении функционирования систем очистки и отведения. Различные типы выпусков имеют свои особенности и предназначены для определенных условий и задач сброса сточных вод.

Эффективное управление сточными водами и проведение качественной очистки играют важную роль в поддержании чистоты водных объектов и окружающей среды, а также обеспечивают безопасность для здоровья людей. Поэтому необходимо осуществлять постоянный контроль и

обновление инженерных систем водоотведения, соблюдая все стандарты и нормы в области охраны водных ресурсов. Все это позволит сохранить экологическое равновесие и обеспечить благополучие нашей планеты для будущих поколений.

Литература

1. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов/ С. В. Яковлев, Ю.В. Воронов– М.: АСВ, 2006. – 704 с.
2. Сайт компании ООО «ВТВ Польша» [Электронный ресурс] // <https://www.wtw-poland.com/ru/novosti/431-2013-07-31-19-51-00> - Дата доступа: 22.04.2024.

УДК 504.4.062.2

Анализ законодательства Республики Беларусь и Российской Федерации по организации систем дождевой канализации в населенных пунктах

Литвинова А.П.

Научный руководитель Дубенок С.А., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

В статье приведен сравнительный анализ законодательства при проектировании, строительстве и эксплуатации систем дождевой канализации в населенных пунктах на территории Республики Беларусь и Российской Федерации, оценена возможность гармонизации законодательства в данной области

Система дождевой канализации населенного пункта представляет собой комплекс устройств и сооружений для сбора, транспортировки и отведения поверхностных сточных вод в окружающую среду.

В Российской Федерации, как и в Республике Беларусь, в отличие от европейского законодательства, вопросы интегрированного управления поверхностными сточными водами (дождевыми и тальми) на территориях населенных пунктов, до настоящего времени не получили должного практического развития.

В Российской Федерации, правила обращения с поверхностными сточными водами основаны на общем водном праве и, в основном, являются частью процесса управления сточными водами.

Основным документом, регулирующим управление водными ресурсами в России, является Водный кодекс Российской Федерации (№ 74-ФЗ от 03.06.2006) [1], который определяет основные требования водного законодательства, классификацию водных ресурсов, компетенции органов государственного управления различного уровня, основные принципы водопользования и охраны водных ресурсов, условия отведения и очистки сточных вод, включая поверхностные сточные воды. В части обращения с поверхностными сточными водами Водный кодекс Российской Федерации не выделяет их как отдельную категорию, закрепив понятие «сточные воды», как «воды дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные, сточные воды централизованной системы водоотведения и другие воды, отведение (сброс) которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с водосборной площади» [1]. Соответственно, Кодекс определяет общие требования по использованию водных объектов для сброса сточных вод; требования по запрету и ограничению сброса сточных вод; по установлению нормативов допустимого воздействия на водные объекты (в том числе и от сброса сточных вод), на основании которых разрабатываются нормативы допустимых сбросов для выпусков сточных вод в водные объекты.

Правила отнесения систем централизованного водоотведения (канализации) к системам централизованного водоотведения населенных пунктов или городских округов, утвержденные постановлением Правительства Российской Федерации № 691 от 31.05.2019 [2], устанавливают, в частности, критерии отнесения централизованных систем дождевой канализации к централизованным системам дождевой канализации населенных пунктов или городских округов, что позволяет на законодательном уровне разграничить дождевую канализацию на селитебной территории и производственную дождевую канализацию. При этом, коммерческий учет поверхностных сточных вод осуществляется расчетным способом в соответствии с Методическими указаниями по расчету объема принятых (отведенных) поверхностных сточных вод, утвержденных приказом Министра РФ от 17.10.2014 № 639/ПР [3].

Постановление Правительства Российской Федерации от 05.09.2013 № 782 «О схемах водоснабжения и водоотведения» [4] (в том числе «Правила разработки и утверждения схем водоснабжения и водоотведения» и «Требования к содержанию схем водоснабжения и водоотведения») определяет порядок разработки и утверждения схем водоснабжения и водоотведения поселений, муниципальных округов, городских округов, в том числе, и схемы ливневой канализации.

Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 № 644 «Об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения

и внесении изменений в отдельные акты Правительства Российской Федерации» [5] закрепляет термин «поверхностные сточные воды» и определяет его, как «дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные сточные воды», а также регламентирует, в том числе, функционирование централизованных ливневых систем водоотведения и особенности приема в них поверхностных сточных вод.

В целях совершенствования схем очистки сточных вод и уточнения технологических показателей наилучших доступных технологий (НДТ) в 2019 г. обновлен Информационно-технический справочник (БРИФ) по НДТ «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [6]. Новая версия документа утверждена приказом Федерального Агентства по техническому регулированию и метрологии РФ от 12.12.2019 № 2981 и вступила в силу с 1 сентября 2020 г. В справочнике уточнены значения технологических параметров обработки сточных вод для действующих НДТ и требования к оборудованию для очистки поверхностных сточных вод. Эти показатели легли в основу технологических показателей наилучших доступных технологий в области очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения в населенных пунктах или городских округах», утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации № 1430 от 15.09.2020) [7]. В соответствии с этим документом для очистных сооружений поверхностных сточных вод технологические показатели устанавливаются в зависимости от категории водных объектов, в которые осуществляется сброс сточных вод, в виде среднегодовых значений концентрации загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, сбрасываемых в водные объекты, по пяти загрязняющим веществам – нефтепродукты, взвешенные вещества, БПК, ХПК, фосфор фосфатов.

Свод правил 32.13330.2018 СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [8] устанавливает правила проектирования вновь построенных и реконструируемых водоотводов, наружных сетей и капитальных сооружений внутренних и поверхностных (дождевые и талые воды) сточных вод, а также близких к ним по составу промышленных сточных вод.

Приказ Минстроя РФ № 437 от 05.08.2014 «Об утверждении Требований к проведению технического обследования централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе определение показателей технико-экономического состояния систем водоснабжения и водоотведения, включая показатели физического износа и энергетической эффективности объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или)

водоотведения, объектов нецентрализованных систем холодного и горячего водоснабжения, и порядка осуществления мониторинга таких показателей» [9] устанавливает параметры технического обследования сетей и сооружений централизованных систем водоотведения (износ сетей и сооружений, объемы сброса очищенных сточных вод, соответствие качества очищенных дождевых вод установленным нормам и т. д.).

Приказ Минстроя РФ № 162 от 04.04.2014 «Об утверждении перечня показателей надежности, качества, энергетической эффективности объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, порядка и правил определения плановых значений и фактических значений таких показателей» [10] устанавливает показатели надежности и бесперебойного водоотведения, показатели качества очистки сточных вод, в том числе дождевых, порядок определения плановых и фактических показателей.

Приказ Минстроя РФ № 168 от 30.12.1999 «Об утверждении Правил технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и водоотведения» (МДК 3-02.2001) [11] регламентирует технические требования к эксплуатации объектов водоснабжения и водоотведения в соответствии с санитарными нормами.

В Методическом пособии «Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» [12] приведены основные принципы проектирования и усовершенствованные методики расчёта основных параметров инженерных сооружений системы отведения поверхностных сточных вод, включая сеть канализации и очистные сооружения. Пособие предназначено для проектирования систем отведения и очистки поверхностных (дождевого, талого и поливочного) сточных вод с селитебных территорий и площадок предприятий с целью предотвращения загрязнения водных объектов поверхностными сточными водами от сосредоточенных выпусков при раздельной системе канализации, а также при организации отведения поверхностных сточных вод по полураздельной или общесплавной системе канализации.

В Методических рекомендациях по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) дождевой канализации Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [13] представлены способы проектирования систем и сооружений для сбора и отвода поверхностных сточных вод в городах и населенных пунктах, не имеющих подземной дождевой канализации. Рекомендации распространяются на организацию поверхностного водоотвода улично-дорожной сети городов и

населенных пунктов, не имеющих подземной (трубопроводной) дождевой канализации, разъясняют правила и требования по проектированию нового и реконструкции существующего городского и сельского поверхностного водоотвода улично-дорожной сети городов и населенных пунктов, не имеющих подземной (трубопроводной) дождевой канализации. Методические рекомендации разработаны для реализации проектировщиками требований, заложенных в сводах правил, и использования технических правил проектирования по обеспечению отвода дождевых и талых вод с пешеходных и транспортных путей.

Таким образом, законодательство Российской Федерации в области обращения с поверхностными сточными водами, формируется на основе законов и кодексов, а также нормативных правовых актов (НПА) Правительства и Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства.

В Республике Беларусь вопросы обращения с поверхностными сточными водами также базируются на ряде законов и кодексов, получая в дальнейшем развитие в подзаконных актах в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, в области охраны окружающей среды и в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Как и в Российской Федерации, Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З [14] является базовым нормативным правовым актом, направленным на охрану и рациональное (устойчивое) использование водных ресурсов, а также на защиту прав и законных интересов водопользователей. В части обращения с поверхностными сточными водами Кодекс определяет понятие «поверхностные сточные воды», как воды, которые образуются при выпадении атмосферных осадков, таянии снега, поливомоечных работах на территории населенных пунктов, объектов промышленности, строительных площадок и других объектов и сбрасываются в окружающую среду, в том числе через систему дождевой канализации. При этом, Кодекс определяет, что к сточным водам не относятся воды, которые образуются при выпадении атмосферных осадков, таянии снега и не сбрасываются в окружающую среду с применением гидротехнических сооружений и устройств, а также воды, отводимые от дорожной полосы в окружающую среду. Таким образом, часть дождевых и талых вод при определённых условиях их образования и отведения в окружающую среду не относится к сточным водам, что позволяет упростить обращение с ними с позиции природоохранных требований.

Требования в части эксплуатации систем дождевой канализации определены Правилами пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах [15].

В соответствии с национальным законодательством общие строительные нормы и требования в части дождевой канализации населенных пунктов и объектов производства закреплены в СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [16]. Этим техническим нормативным правовым актом (ТНПА) установлены категории сточных вод, которые можно отводить в дождевую канализацию, условия отведения поверхностных сточных вод с территорий населенных пунктов и площадок объектов производства, требования по размещению очистных сооружений поверхностных сточных вод. СН 4.01.02-2019 также закрепляет порядок определения расчетных расходов и объемов поверхностных сточных вод, направляемых в дождевую канализацию. Согласно СН 4.01.02-2019, при проектировании систем отведения поверхностных сточных вод с территорий населенных пунктов и площадок объектов производства следует учитывать возможность поступления в сеть дождевой канализации инфильтрационных и дренажных вод, воды от опорожнения теплосетей, производственных нормативно-чистых сточных вод, а также при проектировании систем дождевой канализации на площадках объектов производства необходимо рассматривать возможности использования очищенных дождевых вод для производственного водоснабжения. При этом СН 4.01.02-2019 регламентирует только вопросы расчёта объема поверхностных сточных вод, вопросы их качественного состава в зависимости от источников формирования и, соответственно, требования по их очистке в нем отсутствуют.

Требования к качеству поверхностных сточных вод при их сбросе в поверхностные водные объекты через системы дождевой канализации определены в природоохранном законодательстве – в постановлении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 26 мая 2017 г. № 16 «О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод» [17], которым определен перечень нормируемых загрязняющих веществ в составе поверхностных сточных вод. В перечень включены водородный показатель рН, нефтепродукты, взвешенные вещества. Для поверхностных сточных вод, отводимых с территорий промышленных площадок совместно с производственными сточными водами, дополнительно к трем вышеуказанным нормируются также специфические загрязняющие вещества, характерные для данного производства.

Отдельные технические требования к проектированию и реконструкции сетей дождевой канализации в зависимости от функционального назначения территории (селитебная, автодороги, улицы, парковки, стоянки и т.п.) закреплены в строительных нормах [18-20]. При этом, большая часть этих требований направлена на максимальную организацию отвода

поверхностных сточных вод по закрытым системам дождевой канализации после соответствующей очистки в ближайшие поверхностные водные объекты. Открытые водоотводящие устройства для сброса поверхностных сточных вод разрешается применять по зеленым зонам улиц только в районах низкоплотной усадебной жилой застройки.

Таким образом, анализ национального законодательства показал, что в Республике Беларусь отсутствуют отдельные требования и проектные решения по обращению с поверхностными сточными водами, за исключением требований по их сбросу в окружающую среду посредством систем дождевой канализации и общие требования по их нормированию и очистке.

Сравнительный анализ законодательства двух стран в рассматриваемой области позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Категория «поверхностные сточные воды» в российском законодательстве более широкая: помимо дождевых, талых и поливомоечных, она также включает инфильтрационные и дренажные сточные воды.

2. В части нормирования сбросов поверхностных сточных вод с территорий населенных пунктов в водные объекты после очистных сооружений в российском законодательстве для очистных сооружений поверхностных сточных вод технологические показатели устанавливаются в зависимости от категории водных объектов (выделено 4 категории), в которые осуществляется сброс сточных вод, в виде среднегодовых значений концентрации загрязняющих веществ в поверхностных сточных водах, сбрасываемых в водные объекты, по пяти загрязняющим веществам – нефтепродукты, взвешенные вещества, БПК, ХПК, фосфор фосфатов; в белорусском законодательстве нормированию подлежат три показателя - водородный показатель рН, нефтепродукты, взвешенные вещества, и их значения на выходе с очистных сооружений не зависят от состояния водного объекта, принимающего сточные воды.

3. Перечень НПА и ТНПА по проектированию, строительству и эксплуатации систем дождевой канализации в Российской Федерации гораздо шире, чем в Республике Беларусь. При этом целый блок российского законодательства ориентирован на применение наилучших доступных технологий для очистки поверхностных сточных вод с возможностью их последующего использования. При этом законодательно закреплены подходы, позволяющие применять различные объемно-пространственные решения по сбору, хранению, распределению, дренированию и фильтрации поверхностных сточных вод на территориях населенных пунктов.

4. В Республике Беларусь действует ряд технических нормативных правовых актов, принимаемых, в основном, Минстройархитектуры, и определяющих технические требования к проектированию и реконструкции сетей дождевой канализации в зависимости от функционального назначения территории (селитебная, автодороги, улицы, парковки, стоянки и т.п.). Однако, требования ориентированы только на сбор, транспортировку, очистку и сброс этих вод в окружающую среду. Проектные и технические решения по сбору, аккумуляции и возможному последующему использованию поверхностных сточных вод в городской среде в НПА и ТНПА Минстройархитектуры отсутствуют.

5. Совершенствование национального законодательства по обращению с поверхностными сточными водами в населенных пунктах необходимо проводить комплексно с учётом активно применяемой в большинстве развитых стран концепции интегрированного управления поверхностными сточными водами.

Литература

1. Водный кодекс Российской Федерации (№ 74-ФЗ от 03.06.2006) [Электронный ресурс] // http://cntr.gosnadzor.ru/activity/control/Gidro_nadz/doc/4.%20%D0%92%D0%9A%20%D0%A0%D0%A4.pdf - Дата доступа: 15.03.2024.

2. Правила отнесения систем централизованного водоотведения (канализации) к системам централизованного водоотведения населенных пунктов или городских округов» (постановление Правительства Российской Федерации № 691 от 31.05.2019) [Электронный ресурс] // <https://base.garant.ru/72260508/?ysclid=ltyrchnla1151145595> - Дата доступа: 15.03.2024.

3. «Методические указания по расчету объема принимаемых (сбрасываемых) поверхностных сточных вод» (приказ Минстроя РФ от 17.10.2014 № 639/ПР) [Электронный ресурс] // <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70777958/?ysclid=ltygrps4t987786661> - Дата доступа: 15.03.2024.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 05.09.2013 № 782 «О схемах водоснабжения и водоотведения» [Электронный ресурс] // <https://base.garant.ru/70447444/?ysclid=ltyqlzdpi3882273168> - Дата доступа: 15.03.2024.

5. Постановление Правительства Российской Федерации от 29.07.2013 № 644 «Об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения и внесении изменений в отдельные акты Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс] //

<https://base.garant.ru/70427212/?ysclid=ltyrac1ceq285798725> - Дата доступа: 15.03.2024.

6. Информационно-технический справочник (БРИФ) по НДТ «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» [Электронный ресурс] // https://xn----gtbnrdgty.xn--plai/wp-content/uploads/2022/12/its_8-2022_itog_utv.pdf - Дата доступа: 15.03.2024.

7. Постановление Правительства Российской Федерации № 1430 от 15.09.2020 «Технологические показатели наилучших доступных технологий в области очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения в населенных пунктах или городских округах» [Электронный ресурс] // <https://base.garant.ru/74660498/?ysclid=ltyr8f4lbg637338485> - Дата доступа: 15.03.2024.

8. СП 32.13330.2018 СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [Электронный ресурс] // <https://pereplanirovka-online.ru/wp-content/uploads/2020/12/sp-32.13330.2018-kanalizaciya-naruzhnye-seti-i-sooruzheniya.-snip-2.04.03-85-s-izmeneniem-n-1.pdf?ysclid=ltyrfzt43q239517853> - Дата доступа: 15.03.2024.

9. Приказ Минстроя РФ № 437 от 05.08.2014 «Об утверждении Требований к проведению технического обследования централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, в том числе определение показателей технико-экономического состояния систем водоснабжения и водоотведения, включая показатели физического износа и энергетической эффективности объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, объектов нецентрализованных систем холодного и горячего водоснабжения, и порядка осуществления мониторинга таких показателей» [Электронный ресурс] // <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70636134/?ysclid=ltyrn3qfj6872943370> - Дата доступа: 15.03.2024.

10. Приказ Минстроя РФ № 162 от 04.04.2014 «Об утверждении перечня показателей надежности, качества, энергетической эффективности объектов централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения, порядка и правил определения плановых значений и фактических значений таких показателей» [Электронный ресурс] // <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70606956/?ysclid=ltyrp61zx6532928434> - Дата доступа: 15.03.2024.

11. Приказ Минстроя РФ № 168 от 30.12.1999 «Об утверждении Правил технической эксплуатации систем и сооружений коммунального

водоснабжения и водоотведения» (МДК 3-02.2001) [Электронный ресурс] // <https://base.garant.ru/2306689/?ysclid=lytgra71mw91706617> - Дата доступа: 15.03.2024.

12. Методическое пособие «Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс] // [file:///C:/Users/AL/Downloads/2.1_rekomendacii-vodgeo-2015%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/AL/Downloads/2.1_rekomendacii-vodgeo-2015%20(1).pdf) - Дата доступа: 15.03.2024.

13. Организация водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации: методические рекомендации / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации; сост: Л.А. Андреева [и др.]. – Москва, 2019.

14. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-3 [Электронный ресурс] // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149> - Дата доступа: 15.03.2024.

15. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.09.2016 № 788 «Об утверждении Правил пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах» [Электронный ресурс] // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21600788> - Дата доступа: 15.03.2024.

16. Строительные нормы Республики Беларусь СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [Электронный ресурс] // <https://normy.by/mand.php> - Дата доступа: 15.03.2024.

17. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь 26 мая 2017 г. № 16 «О нормативах допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод» [Электронный ресурс] // <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21732141> - Дата доступа: 15.03.2024.

18. Строительные нормы Республики Беларусь СН 3.01.03-2020 «Планировка и застройка населенных пунктов» [Электронный ресурс] // <https://normy.by/mand.php> - Дата доступа: 15.03.2024.

19. Строительные нормы Республики Беларусь СН 3.03.04-2019 «Автомобильные дороги» [Электронный ресурс] // <https://normy.by/mand.php?6674> - Дата доступа: 15.03.2024.

УДК 696.133

Исследование материалов используемых для изготовления труб в сети водоотведения

Марушевский В.О.

Научный руководитель Полякова О. Е.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

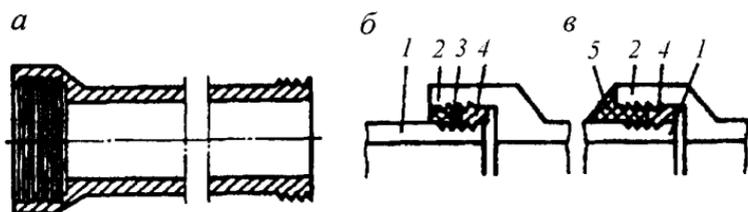
В результате проведенных мною исследований, описан характеристика материалов используемых для изготовления труб сети водоотведения, рассмотрена их классификация, проведен анализ их влияния на экологию водных объектов, проведен сравнительный анализ всех используемых материалов и был выявлен самый лучший и выгодный материал для изготовления труб.

Трубы, применяемые в системах водоснабжения и водоотведения, подразделяются на металлические и неметаллические. Материал труб определяет их эксплуатационные характеристики, прочность, способы монтажа и цену. При выборе материала труб для сетей водоснабжения и водоотведения следует ориентироваться на многие факторы. Для обеспечения долговечности и надежности материал труб нужно определять в зависимости от давления, температуры, характера перекачиваемой среды, возможности движения грунтов, их коррозионной активности, наличия грунтовых вод, технологические - в обеспечении водонепроницаемости и максимальной пропускной способности труб, а также исключении их истирания и коррозии; экономические - в обеспечении минимальной стоимости материалов и расходовании минимального количества дефицитных материалов. В конкретных условиях проектирования могут предъявляться и другие требования.

Изложенным требованиям удовлетворяют керамические, асбестоцементные, бетонные, железобетонные, чугунные и пластмассовые трубы.

Трубы керамические канализационные для устройства безнапорных сетей выпускаются диаметром 150-300 (рис. 1). Они изготавливаются из пластичных спекающихся тугоплавких неупорных глин с добавлением шамота путем обжигания при температуре 1250-1350°C. Покрытие их

глазурью обеспечивает водонепроницаемость и гладкость (уменьшение шероховатости труб).

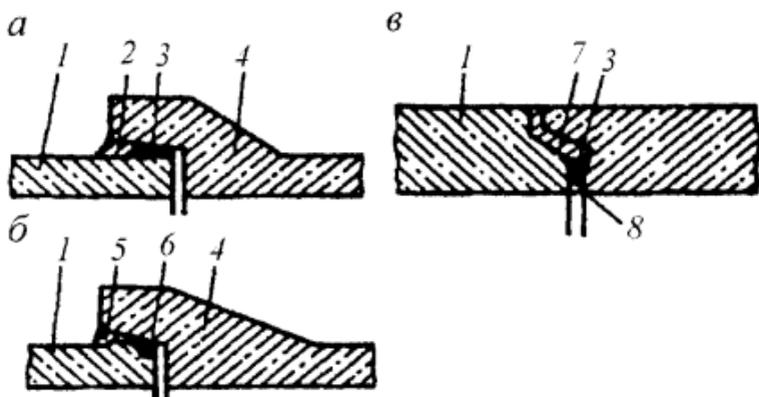


1 - гладкий конец; 2 - раструб; 3 - асфальтовая мастика; 4 - смоляная прядь; 5 - асбестоцемент

Рис. 1. Керамическая труба:

а - общий вид; б - стык с асфальтовым замком; в - стык с асбестоцементным замком

Железобетонные безнапорные трубы изготавливаются диаметром 400-3500 мм. Они подразделяются на раструбные и фальцевые (рис. 2) и могут быть круглые и круглые с плоской подошвой. В зависимости от прочности трубы бывают двух групп: нормальной прочности и повышенной прочности. Герметизация стыков осуществляется смоляной.



1 - гладкий конец трубы; 2 - асбестоцемент; 3 - смоляная прядь; 4 - раструб; 5 - цементный раствор; 6 - резиновые кольца; 7 - цементный раствор или асфальтовая мастика; 8 - затирка цементным раствором

Рис. 2. Стыки бетонных и железобетонных труб:

а и б – раструбные; в – фальцевые.

Асбестоцементные трубы (безнапорные) диаметром 100-400 мм. Соединение их осуществляется с помощью - муфт.

Чугунные безнапорные трубы с раструбным соединением диаметром 50-400 мм достаточно широко используют для прокладки канализационных сетей. Также находят применение трубы стальные электросварные с внутренним цементно-песчаным покрытием и внешним противокоррозионным покрытием из полиэтилена «Антикорекс».

Пластмассовые трубы. Для производства пластмассовых труб наиболее широко используют следующие термопластики: поливинилхлорид (ПВХ), полиэтилен (ПЭ) и полипропилен (ПП). Трубы из поливинилхлорид да относительно более дешевые по сравнению с трубами из полиэтилена и полипропилена. Пластмассовые трубы выпускаются напорные и безнапорные, гладкие и гофрированные. Соединения пластмассовых труб осуществляются посредством муфт или раструбов с уплотнительными резиновыми кольцами (рис.3). Для напорных и самотечных трубопроводов большого диаметра применяют стекловолокнистый поли стирол на основе термореактивных пластиков, лучше воспринимающих механические нагрузки.



Рис. 3. Соединение пластмассовых труб

Полиэтиленовые трубы (гофрированные двухслойные для безнапорных систем) (рис.4.). Область применения: безнапорная дождевая, промышленная, бытовая канализация. Используется для транспорта воды при температуре от +0 до +40 градусов по Цельсию (кратковременно используется при температуре воды до 80). Соединение может быть: раструбное, муфтовое и стыковая сварка. Производится на Кохановском трубном заводе “Белтрубпласт”, РБ (диаметром от 1101 до 500). Трубы может поставляться в бухтах 100м (диаметром 110мм) или в отрезках 6 или 12 метров).

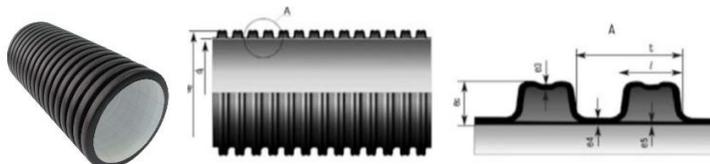


Рис.4. Гофрированные полиэтиленовые трубы

Трубы спиральновитые для безнапорных систем (Корсис СВТ) (рис.5). Трубы предназначены для дождевой, промышленной, бытовой канализации, резервуаров различного назначения, колодцев различной конструкции и назначения, бестраншейного ремонта (санации) трубопроводов методом протяжки “труба в трубе”, водопропускных сооружений. Используется для транспорта воды при температуре от +0 до +40 градусов по Цельсию (кратковременно может использоваться до +80). Рекомендуется укладка в траншею и подземная прокладка, ТТК-100299864.247-2016. Трубы изготавливаются отрезками длиной от 1 до 6 м, допускается изготовление труб длиной до 12 м.



Рис.5. Трубы спиральновитые для безнапорных систем

Трубы полипропиленовые гофрированные двухслойные для безнапорных систем (рис.6). Применяются при безнапорной дождевой, промышленной и бытовой канализации, при транспортировке вод от +0 до +60 градусов по Цельсию (кратковременно до +100 градусов). Рекомендуется осуществлять укладку в траншею, подземную прокладку (ТКП 45-4.01-29-2006, СТБ EN1295-1-2009 и др.). Раструбное, муфтовое соединение и стыковая сварка.

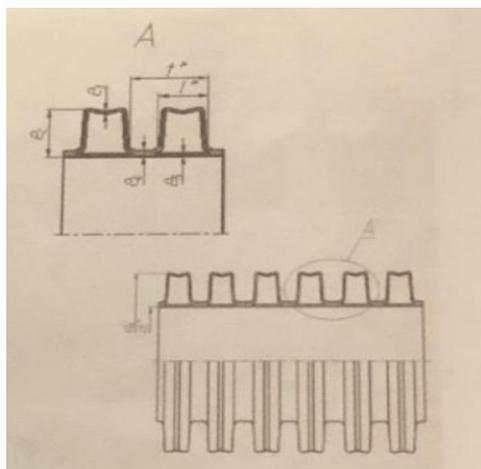


Рис. 6. Трубы полипропиленовые гофрированные двухслойные для безнапорных систем

Трубы полиэтиленовые для безнапорных систем больших диаметров (рис.7). Применяются в безнапорных системах водоснабжения, водоотведения, ливневой и др. канализациях.

Используются для транспортировки воды с температурой от +0 до +40 градусов по Цельсию (кратковременно до +80), Укладка в траншею, наземная или надземная прокладка (ТКП 45-4.01-29-2006, СТБ EN 805-2009, СТБ EN1295-1-2009, СНиП 2.04.02-84 и др.). Соединение производится с помощью приварки встроенными закладками электронагревателями ООО “Климовский трубный завод”, РФ (рис.8).



Рис.7. Трубы полиэтиленовые для безнапорных систем больших диаметров

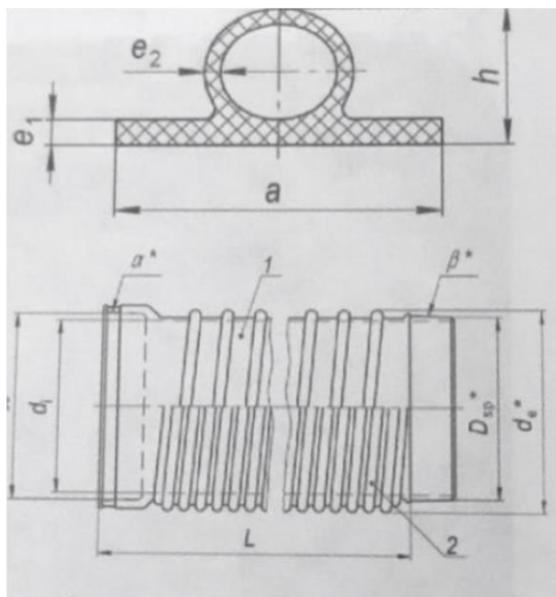


Рис.8. Соединительная деталь

Трубы полиэтиленовые дренажные (рис.9). Применяются в строительных и мелиоративных дренажах при транспорте воды от +0 до + 40 градусов Цельсия (кратковременно до +80). Рекомендации по проектированию и строительству дренажных систем из полиэтиленовых труб (СТО 73011750-006-2010). В качестве соединения используются муфты и фитинги Корсис, стыковая сварка.

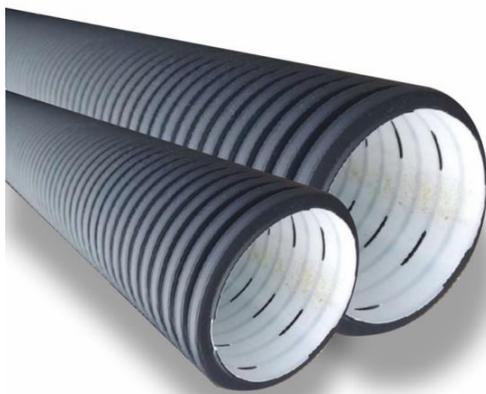


Рис.9. Трубы полиэтиленовые дренажные

Стальные трубы напорные бесшовные – наружным диаметром 152-465 мм, **электросварные** – наружным диаметром 530-1220 мм.

Выбирая тот или иной тип канализационных труб, необходимо оценивать их преимущества и недостатки. Прежде всего, необходимо учитывать область применения и тип используемой системы. Канализационные трубы, устанавливаемые на открытом воздухе, должны сохранять свои свойства в широком диапазоне температур и обладать хорошей механической прочностью. Поэтому для бытовой канализации можно использовать тонкие гладкие трубы из полипропилена или полиэтилена. Однако в магистральных трубопроводах используются бетонные, керамические и стальные трубы, которые гораздо прочнее. В некоторых случаях могут использоваться гофрированные трубы, состоящие из двух слоев. Этот метод используется в канализационных коллекторах под дорогами, где потоки автомобилей менее интенсивны. В жилых, коммерческих и других промышленных помещениях канализационные системы монтируются в соответствии с ГОСТом. Полимерные трубы (ПВХ, полиэтилен или полипропилен) идеально подходят для этих целей. Широкий диапазон размеров, легкость и простота

монтажа выгодно отличают этот материал от других, представленных на рынке.

По критериям, которые были перечислены выше, наиболее подходят пластмассовые трубы. Так как они более экологичные, требуют меньше денежных средств и времени на свое изготовление и монтаж.

Разработка проекта системы канализации является неотъемлемым элементом любого строительства. Именно поэтому, правильно выбранные канализационные трубы – это важный шаг к осуществлению любого строительного проекта.

Литература

1. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов/ С. В. Яковлев, Ю.В. Воронов– М.: АСВ, 2006. – 704 с

2. Сайт компании «РосПайп» [Электронный ресурс] https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-truboprovodnykh-setey/obschie-svedeniya-o-trubakh-i-truboprovodakh-siste/ - Дата доступа: 15.03.2024.

УДК 628

Сравнительный анализ водопроводных и канализационных колодцев из различных материалов

Мордич И. И.

Научный руководитель Лемеш М. И.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

В статье рассматриваются водопроводные и канализационные смотровые колодцы с точки зрения их обустройства из различных материалов и делаются выводы о наиболее оптимальном варианте.

Любые строительные объекты необходимо подключать к инженерным системам, линии которых проходят под землей. Для качественного обслуживания и эксплуатации оборудования, требуется обустройство специальных сооружений – колодцев, которые могут быть классифицированы по различным параметрам: назначение, материал, размер, конструкция.

Колодцы могут проектироваться как на водопроводных, так и на канализационных сетях [1-7].

Водопроводные колодцы предназначены для размещения в них:

- запорной арматуры (здвижек, поворотных дисковых затворов);
- контрольно-измерительных устройств (манометров, приборов учета);
- пожарных гидрантов;
- предохранительной арматуры (обратных клапанов, воздушных вантузов);
- иного оборудования (компенсаторов, насосного оборудования и т.д.).

По назначению водопроводные колодцы классифицируются следующим образом:

- узловые (смонтированы по углам колец водопроводной сети);
- ремонтные (для размещения запорной арматуры и отключения ремонтных участков);
- колодцы для установки пожарных гидрантов;
- «мокрые» колодцы (для удаления воды при прорыве или плановом спуске, для опорожнения системы водопровода);
- специальные колодцы.

По назначению канализационные колодцы классифицируются следующим образом [7]:

- смотровые колодцы – используются для осмотра и обслуживания канализационной сети;
- очистные колодцы – применяются для очистки сточных вод от механических примесей и других загрязнений;
- ревизионные колодцы – устанавливаются на пути канализационных сетей для обеспечения доступа к ним для очистки и ремонта;
- септики – это специальные колодцы, которые используются для очистки сточных вод в условиях, когда нет возможности подключения к централизованной системе канализации.

Смотровые канализационные колодцы могут быть:

- линейные (устраиваются на прямолинейных участках сети водоотведения);
- узловые (предусматриваются в местах соединения нескольких линий);
- поворотные (устраиваются при изменении направления сетей);
- перепадные (при большой разнице в отметках лотков подводящих и отводящих трубопроводов);
- контрольные (для сопряжения дворовой и уличной канализационных сетей).

Колодцы могут быть выполнены из различных материалов и иметь различные размеры и конструкции в зависимости от технических требований и местных условий.

Смотровые колодцы могут быть круглого или прямоугольного сечения.

Канализационным смотровым колодцем или камерой называют шахту, расположенную над канализационной трубой или коллектором, внутри

которой труба или коллектор заменены открытым лотком. Внутри водопроводных колодцев размещают в основном запорную арматуру и пожарные гидранты. В настоящее время при осуществлении строительномонтажных работ на сети водоснабжения и водоотведения наиболее часто применяют следующие виды смотровых колодцев:

- кирпичные;
- железобетонные;
- футерованные;
- из полимерных материалов.

Чтобы определить, какой из вариантов материала колодцев является оптимальным, стоит подробнее рассмотреть и сравнить особенности каждого из них.

1. Кирпичные колодцы (рис.1).



Рис. 1. Кирпичный колодец:
а – водопроводный; б - канализационный

Преимущества кирпичных колодцев следующие:

- кирпичная стена гораздо легче по сравнению с бетонной шахтой;
- ствол не проседает и не перекашивается;
- доставить кирпич к месту строительства гораздо проще;
- можно использовать материал повторно, который остался после строительства или от старых сооружений;
- при должных знаниях и опыте выполнить кладку можно самостоятельно без привлечения специалистов;
- кирпич дает возможность создания шахты различных форм (круглые, квадратные, прямоугольные);
- если кирпич для строительства был хорошего качества, то срок службы колодца превышает 50 лет;
- материал не деформируется при перепадах температур.

Недостатки кирпичных колодцев:

- кирпич не используется для строительства шахт на подвижных грунтах;
- материал лучше не использовать для шахт глубиной более 5-7 м;
- для шахты требуется подготовить и заглубить бетонное основание;
- очень тяжелый подбор материала: владелец должен внимательно изучить каждый кирпич, проверить его целостность и качество;
- большое количество неровностей; шахта с шероховатыми стенами быстро загрязняется и покрывается плесенью, такую поверхность тяжело чистить;
- самым существенным минусом кирпичной шахты является сама кладка: дело в том, что каждый кирпич в ней — это точка протечки, для защиты от внешних воздействий требуется правильно гидроизолировать стены с внешней и внутренней стороны.

2. Железобетонные колодцы (рис.2).



а **б**
Рис. 2. Железобетонный колодец:
а – водопроводный; б - канализационный

Железобетонные колодцы нашли широкое применение в системах водоснабжения и водоотведения из-за ряда достоинств:

- длительный срок службы: эксплуатационные возможности колец достигают 30-50 лет, на протяжении которых изделия сохраняют исходные прочность, целостность, устойчивость к влаге и другие технические характеристики (срок службы актуален для заводских колец);
- доступная стоимость;
- универсальность: кольца подходят для колодцев различного назначения, а также других конструкций;
- прочностные характеристики: железобетонные кольца подходят для участков с любым типом грунта, могут использоваться в агрессивных условиях;

– железобетонные изделия являются экологически чистыми изделиями: бетон и другие компоненты, входящие в состав, не наносят вред окружающей среде;

– изделия имеют гладкую внутреннюю поверхность, что облегчает процесс ухода и чистки.

Из недостатков стоит выделить:

– гигроскопичность: для создания стенок колодцев, которые не пропускают сточные воды в почву и не переполняются грунтовыми водами, требуется качественная гидроизоляция.

– железобетонные элементы тяжелые, поэтому они могут создавать слишком большое давление на грунт и проседать, кроме того в процессе обустройства таких колодцев приходится привлекать строительную технику.

3.Футерованные колодцы.

Футерованные колодцы представляют собой инженерные сооружения сборного типа, состоящие из железобетонных колец (рис.3). Их внутренние поверхности облицовывают листами полиэтилена. Благодаря такой процедуре стенки колодца получают надежную защиту от воздействия бактерий и повышенной влажности. Емкости, в случае необходимости этого, становятся герметичными, повышается их устойчивость к воздействиям механического характера, влиянию химических веществ.



Рис. 3. Футерованный железобетонный колодец

В качестве достоинств таких колодцев можно перечислить следующие:

- повышенная прочность;
- достаточно большой срок службы;
- устойчивость к разрушению от влаги.

К недостаткам следует отнести все недостатки, что и у обычных железобетонных колец, связанные с их большой массой, кроме того, следует выделить более высокую стоимость изделий, без упрощения процесса монтажа.

4 Колодцы, изготовленные из полимерных материалов (полиэтилен, полипропилен, стеклопластик, поливинилхлорид) (рис.4).



а **б**
Рис. 2. Колодец из полимерных материалов:
а – водопроводный; б - канализационный

Основными преимуществами полимерных колодцев являются следующие:

- универсальность: можно использовать такие виды конструкций в сфере практически любых коммуникаций;
- экономичность в финансовом плане при монтаже: колодцы из полимерных материалов получаются значительно дешевле, чем аналоги из железобетона, так как монтаж может осуществляться без необходимости применения мощной спецтехники, это экономит время и затраты финансов;
- в отличие от железобетонного колодца в полимерном все элементы трубопровода уже надежно сварены в изделие;
- эксплуатировать полимерные материалы можно дольше, чем железобетонные изделия;
- колодцы из полимерных материалов отличаются от железобетонных и кирпичных большей герметичностью;
- у полимерных конструкций небольшой удельный вес.

Недостатки колодцев из полимерных материалов:

- несмотря на прочный и толстый полимерный материал, они подвержены деформации;
- не подлежат ремонту;
- не могут выдерживать большого давления, поэтому их не располагают на большой глубине;
- высокая стоимость самого материала;
- не является экологически чистым материалом для окружающей среды.

По результатам проведенного сравнительного анализа можно сделать следующие выводы:

– кирпичные колодцы менее всего подходит для строительства современных смотровых колодцев для сетей водоснабжения и водоотведения; используются крайне редко из-за высокой трудоемкости их кладки, недолговечности, низкой несущей способности;

– железобетонные колодцы наиболее подходят для массового строительства, при устройстве трубопроводов для новых жилых микрорайонов, целесообразно применять в местах обустройства глубинных шахт из-за их прочностных характеристик;

– футерованные железобетонные колодцы могут найти довольно узкое применение в строительстве глубоких шахт с повышенными требованиями к водонепроницаемости;

– полимерные материалы лучше использовать в неглубоких колодцах вместо железобетонных изделий, в связи со значительным упрощением монтажа и более долгим сроком службы (по этим причинам, несмотря на дороговизну полимерных изделий, такие колодцы получаются в результате дешевле железобетонных); водопроводные и канализационные смотровые колодцы из полимерных материалов, монтаж которых возможен без использования грузоподъемных механизмов, целесообразно применять при прокладке инженерных коммуникаций для индивидуальных жилых домов.

Литература

1. Эко дача [Электронный ресурс] / Сайт <https://topas-site.ru/blog/plyusy-i-minusy-septikov-iz-kirpicha/> – Дата доступа: 02.05.2024;

2. Стройресурс [Электронный ресурс] / Сайт <https://beton26.com/information/koltsa-dlya-kanalizatsii/> – Дата доступа: 02.05.2024;

3. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь [Электронный ресурс] / Сайт <https://www.nsmos.by> – Дата доступа: 02.05.2024

4. Строительный портал [Электронный ресурс] / Сайт <https://bouw.ru/article/tipi-kanalizatsionnih-kolodtsev> – Дата доступа: 02.05.2024;

5. Газобетон [Электронный ресурс] / Сайт https://istkult.ru/blog/septiki_iz_betonnykh_kolets_i_plastikovye_plyusy_i_minusy/ – Дата доступа: 02.05.2024;

6. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов/ С. В. Яковлев, Ю.В. Воронов – М.: АСВ, 2006. – 704 с.

7. Сантехмастер групп [Электронный ресурс] / Сайт <https://rest.ru/interesnoe/kanalizatsionnye-kolodtcy-naznachenie-klassifikatsia-i-vidy/> – Дата доступа: 02.05.2024.

Новицкая А. В.

Научный руководитель Пропольский Д. Э.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Необходимым условием обеспечения жизнедеятельности человека является использование питьевой воды надлежащего качества. В ряде стран основным источником питьевого водоснабжения являются подземные воды. Это обусловлено микробиологической безопасностью и стабильностью состава анаэробных подземных вод. Водоподготовка до требования стандартов является важным аспектом безопасного водопользования. В Республике Беларусь таким нормирующим документом является Постановление Совета министров 25 января 2021 г. № 37 [1]. Для выбора эффективного метода водоподготовки необходимо учитывать особенности конкретно взятого источника водоснабжения. Кроме того, антропогенное воздействие на почву вблизи зон санитарной охраны может привести к загрязнению подземных вод тяжёлыми металлами.

В Республике Беларусь и ряде других стран актуальным вопросом водоподготовки является снижение содержания железа (II) и марганца (II) в питьевой воде до предельно допустимых концентраций (0,3 мг/л и 0,1 мг/л соответственно) [1]. В данном материале представлен сравнительный анализ мониторинга подземных вод бассейнов рек Беларуси, количества станций обезжелезивания, а также анализ методов обезжелезивания и деманганации.

Характерной геохимической особенностью подземных вод Республики Беларусь является повышенное содержание железа. Для мониторинга состояния подземных вод производится регулярное исследование гидрохимических показателей ряда наблюдательных скважин. Согласно результатам мониторинга за 2019 – 2022 года [2-6] наблюдается тенденция увеличения содержания Fe в подземных водах по всей территории Беларуси. Так превышение предельно-допустимой концентрации (ПДК) $Fe_{\text{общ}}$ в подземных водах бассейнов рек Днепр, Нёман и Припять за 2022 составило в 23, 25 и 74 раза соответственно. Для питьевого водоснабжения ПДК $Fe_{\text{общ}}$ составляет 0,3 мг/дм³ [1]. Между тем анализ мониторинга затруднён в связи с изменениями выбранных для исследования гидрохимических скважин и их количества. Кроме того, наличие хотя бы одной скважины с многократным превышением концентрации железа

существенно изменяет общий показатель по всему бассейну реки. Регулярный мониторинг одинакового количества одних и тех же скважин в течение длительного периода позволит проводить анализ более корректно.

Согласно отчётам о реализации Государственной программы «Комфортное жильё и благоприятная среда» (подпрограмма «Чистая вода») за периоды 2016–2020 года [7], а также 2021–2022 [8,9] года в Республике Беларусь введено в эксплуатацию 1012 станций обезжелезивания. Задачей подпрограммы «Чистая вода» на период 2021–2025 года [10] является введение в эксплуатацию 864 станций обезжелезивания по всей территории страны. Таким образом к 2022 год процент выполнения составляет 42,4%. Это подчёркивает актуальность удаления железа для всех бассейнов рек Республики Беларусь.

Следует отметить, что железо в подземных водах обычно встречаются в паре с марганцем [11]. Это связано с парагенетической связью элементов. Процессы удаления Fe и Mn из природных вод идентичны, но условия для одновременного и эффективного удаления данных металлов различны. Повышенная концентрация Fe и Mn в анаэробных подземных водах формируется в результате растворения Fe-, Mn-содержащих пород и природных минералов во время фильтрации осадков. Источниками железа в подземных водах служат минеральные оксиды, силикаты, карбонаты, бикарбонаты, сульфиды и сульфаты. Основными источниками марганца в подземных водах являются бикарбонаты.

Разнообразие возникающих с Fe и Mn реакций обширно. Например: при контакте Fe и Mn с наземными и погребёнными торфяниками происходит обогащение подземных вод гуминовыми соединениями. Это становится причиной образования Fe- и Mn-органических комплексов и усложняет процессы обезжелезивания и деманганации. Это актуально для заторфованных территорий Полесья Беларуси в бассейнах рек Припять и Западный Буг. Кроме того, поступление нитратов в водоносные горизонты влияет на соотношение железа-марганца в подземных водах (Fe в 20-60 раз больше Mn).

Для достижения эффективного удаления железа и марганца обязательным является исследование источника подземных вод на пилотных установках. Параметры качества питьевой воды, влияющие на процессы удаления Fe и Mn, будут являться основными критериями выбора метода обезжелезивания и деманганации. К таким параметрам можно отнести концентрации и формы Fe(II), Mn(II), pH, температура, жёсткость, щёлочность, содержание CO₂, O₂, наличие контакта с органическими веществами. Например: высокое значение pH свидетельствует о низкой концентрации растворенных форм Fe(II) и Mn(II) в подземных водах. Кроме того, при наличии в обрабатываемой воде растворённого кислорода,

высоких значениях окислительно-восстановительного потенциала и pH позволяет увеличить эффективность обезжелезивания до 70%.

Удаление железа и марганца осуществляется с помощью химических и биологических процессов. Традиционными методами обезжелезивания и деманганации являются метод упрощённой аэрации с последующим фильтрованием, метод «сухого» фильтрования [12, 13], обезжелезивание на каркасных фильтрах, добавление реагентов-коагулянтов, окислителей (хлор и гипохлоритом натрия, перманганат калия (KMnO_4), озонирование, подщелачивание воды путём добавления извести, а также окисление на основе каталитической загрузки. Могут использоваться методы обезжелезивания в пласте [14]. Также обоснованное использование комплекса представленных методов позволит существенно увеличить эффективность удаления Fe и Mn. Между тем данные методы обладают некоторыми недостатками и ограничениями в использовании. Сюда относят малые допустимые исходные концентрации Fe и Mn, наличие в воде форм Fe- и Mn-бактерий, сложность эксплуатации и высокие эксплуатационные затраты, необходимость хранения и регулярного подбора доз реагентов, образование осадков.

Следует отметить, что существующие методы обезжелезивания и деманганации требуют наличия этапа фильтрации. Это обусловлено наличием выпавших форм железа и марганца после этапа окисления, осадков коагуляции и т.д. Выбор фильтрующего материала будет зависеть от химической стойкости и механической прочности фильтрующего материала, его удельной поверхности и удельной массы, эффективности отделения твёрдых частиц от жидкой фазы. Наиболее распространёнными фильтрующими материалами на станциях обезжелезивания являются кварцевый песок, антрацит, керамзит, цеолит, пиролюзит, активированный уголь. Основными факторами, влияющими на эффективность процесса удаления Fe и Mn будут являться физико-химические характеристики исходной воды, фильтрующей загрузки и их химико-биологического взаимодействия. Важно, что фильтрация через каталитические материалы неэффективна в отношении органического железа и марганца. Решением этого вопроса является нанесение на поверхность каталитического материала слоя, который будет способствовать инактивации микроорганизмов. В качестве каталитического слоя могут использоваться модифицированные материалы с полифункциональными покрытиями [15–18]. В зависимости от разновидности наносимых на поверхности материала оксидов металлов можно решить несколько задач водоподготовки. Например: инактивация микроорганизмов, удаление нитратов, фосфатов и тяжёлых металлов. Это достигается с помощью различных температур, времени обработки и используемых во время модификации реагентов.

Параллельно с изменением химического состава поверхности также можно улучшить либо изменить физико-химические характеристики исходного материала. Сюда можно отнести текстуру, механическую прочность, шероховатость материала и т.д. Между тем, в качестве исходного материала модификации могут использоваться дешёвые фильтрующие загрузки либо переработанные отходы производства. Всё это позволит снизить стоимость очищенной подземной воды и затраты станции водоподготовки.

Литература

1. Об утверждении гигиенических нормативов [Электронный ресурс] постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 янв. 2021 г., № 37 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа:

<https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037&p1=1&p5=0> – Дата доступа: 12.05.2024.

2. Об утверждении положений о порядке проведения в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь мониторинга поверхностных вод, подземных вод, атмосферного воздуха, локального мониторинга окружающей среды и использования данных этих мониторингов [Электронный ресурс] постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2004 г., № 482 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: [https://pravo.by/document/?guid=2012&oldDoc=2004-70/2004-70\(005-035\).pdf&oldDocPage=17](https://pravo.by/document/?guid=2012&oldDoc=2004-70/2004-70(005-035).pdf&oldDocPage=17) – Дата доступа: 12.05.2024.

3. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды. Мониторинг подземных вод за 2019 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2023-08/3%20GROUND%20WATER%20Monitoring%202019.pdf> – Дата доступа: 12.05.2024.

4. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды. Мониторинг подземных вод за 2020 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2023-08/3%20GROUND%20WATER%20Monitoring%202020.pdf> – Дата доступа: 12.05.2024.

5. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды. Мониторинг подземных вод за 2021 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2023->

08/3%20GROUND%20WATER%20Monitoring%202021.pdf – Дата доступа: 12.05.2024.

6. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды. Мониторинг подземных вод за 2022 год [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2023-08/3%20GROUND%20WATER%20Monitoring%202022.pdf> – Дата доступа: 12.05.2024.

7. Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь. О реализации в 2016-2020 году Государственной программы "Комфортное жилье и благоприятная среда" на 2016-2020 годы [Электронный ресурс]. – <https://mjcx.gov.by/docs/spravochnaya-informatsiya/gp-komfortnoe-zhil-e/othchet-2016-2020.pdf> – Дата доступа: 12.05.2024.

8. Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь. Отчет о реализации Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021 - 2025 годы» в 2021 году [Электронный ресурс]. – https://mjcx.gov.by/docs/spravochnaya-informatsiya/gp-komfortnoe-zhil-e/otchet_2021.pdf – Дата доступа: 12.05.2024.

9. Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь. Отчет о реализации Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2020 – 2025 годы в 2022 году [Электронный ресурс]. – <https://mjcx.gov.by/docs/gp-komfortnoe-zhile-i-blagopriyatnaya-sreda/otchet.pdf> – Дата доступа: 12.05.2024.

10. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г., № 50 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871 &p0=C22100050> – Дата доступа: 12.05.2024.

11. Романовский, В.И. Анализ загрязнений источников питьевого водоснабжения в Республике Беларусь / В.И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – №2. – С. 65–67.

12. Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations //Groundwater for Sustainable Development. – 2023. – Т. 22. – С. 100943.

13. Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. Development of a new design of deironing granulated filter for joint removal of iron and ammonium nitrogen from underground water //Environmental Technology. – 2023. – С. 1-8.

14. Hurynovich A., Ramanouski V. Artificial replenishment of the deep aquifers //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 45. – С. 00025.

15. Propolsky, D. Modified activated carbon for deironing of underground water / D. Propolsky, E. Romanovskaia, W. Kwapinski, V. Romanovski // Environmental Research. – 2020. – Vol. 182. – P. 108996. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108996>

16. Пропольский, Д.Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д.Э. Пропольский, В.И. Романовский, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – №2. – С. 47–50.

17. Пропольский, Д. Э. Эффективность обезжелезивания подземных вод с использованием модифицированных каталитических материалов / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Технологія-2019 : матеріали XXII Міжнар.наук.-техн. конф., 26-27 квіт. 2019 р., м. Сєвєродонецьк : в 2 ч. - Сєвєродонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. - Ч. 1 - С. 85-86.

18. Пропольский Д. Э., Романовский В. И. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод //Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – №. 4. – С. 103-111.

УДК 628.31

Анализ технологических схем биологической очистки сточных вод

Павич Е. С., Мякина М. А.

Научный руководитель Грузинова В. Л., к.т.н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

При анализе технологических схем биологической очистки сточных вод рассмотрены 3 типа очистных сооружений, которые применяются для устранения негативных влияний сточных вод на экологическую ситуацию.

С целью устранения негативного влияния состава сточных вод на экологическую ситуацию в районе их сброса в поверхностный водный объект требуется их качественная биологическая очистка от загрязнителей и патогенов.

В настоящее время для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод применяются следующие типы очистных сооружений:

1. Аэротенки;
2. SBR – реакторы;
3. MBR – реакторы.

Классический аэротенк (A2O-технология)

Классический аэротенк (A2O-технология) с системой аэрации, где резервуар заполняется аэробным илом, непрерывно подаются воздух и исходные стоки, содержащие органические вещества, аммонийный азот и прочие загрязнители. Количество воздуха напрямую зависит от величины БПК и является расчетным значением. В вторичном отстойнике обязательным этапом является этап отделения очищенной сточной воды от ила и его возврат в аэротенк. При этом избыточный ил отводится на обезвоживание и утилизацию.

Аэротенки – сооружения, в которых осуществляется изъятие и окисление органических загрязнений при помощи водных микроорганизмов, находящихся во взвешенном в жидкости состоянии в виде отдельных хлопьев. Скопления микроорганизмов и простейших, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде, получил название активного ила.

Определяющий показатель процесса биологической очистки в аэротенках - скорость изъятия загрязнений из очищаемой воды, т.е. скорость биохимического окисления загрязнений. В этой связи представляют интерес основные закономерности развития колонии микроорганизмов, вводимой в контакт с жидкостью, содержащей питательные вещества, при достаточном обеспечении ее растворенным кислородом. На рис. 1 показаны фазы развития колонии микроорганизмов.

SBR (Sequencing Batch Reactors)

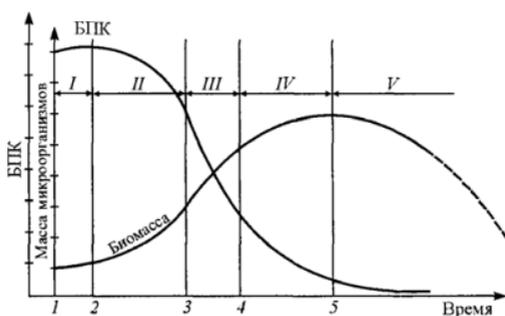
SBR (Sequencing Batch Reactors) - аэробный реактор переменного действия, где аэрация, нитрификация, денитрификация и отстаивание иловой смеси поочередно производятся в одном резервуаре. В случае применения данной технологии необходимо наличие не менее двух резервуаров, рассчитанных на поочередную работу, однако при этом пропадает необходимость во вторичном отстойнике, что позволяет сэкономить на площади сооружений.

Полный временной период от наполнения до опустошения SBR-реактора, как и длительность отдельных стадий процесса, можно регулировать в зависимости от желаемой степени очистки и состава сточной воды, поступающей на очистку [1].

MBR-мембранный аэробный биореактор

MBR-мембранный аэробный биореактор-современная технология очистки и дезинфекции сточных вод позволяет значительно снизить уровень содержания в очищенной сточной воде БПК, аммонийного азота,

фосфатов, СПАВ, токсинов, до 100 % микробов и вирусов, и выйти на гарантированно высокий уровень качества очищенной сточной воды при относительно невысокой стоимости очистных сооружений. Мембранный биореактор – это комбинация традиционной биологической очистки и мембранного разделения иловой смеси, реализуемого на ультра- или микрофильтрационных мембранах. Размер пор таких мембран составляет от 0,01 до 0,1 мкм, что обеспечивает практически полное удаление из очищенной сточной воды всех взвешенных веществ, микроорганизмов, вирусов и бактерий.



I – лаг-фаза, характеризует стадию адаптации активного ила к внесенным загрязнениям, практически не происходит прироста биомассы; II – фаза ускоренного роста микроорганизмов, вследствие избытка питательных веществ, скорость размножения клеток - максимальная, интенсивное изъятие загрязнений; III – фазу замедленного роста, в которой скорость роста биомассы начинает все более сдерживаться по мере истощения питательных веществ и накопления продуктов метаболизма; IV – фазу нулевого роста (или прекращения роста), в которой значение концентрации ила стабилизируется, т.к. недостаточное количество питания тормозит рост микроорганизмов, свидетельствующее о равновесии между наличием питательных веществ и накопленной биологической массой; V – фазу эндогенного дыхания (или фазу самоокисления), характеризуется низкой концентрацией загрязнений в сточных водах, вследствие чего происходит отмирание активного ила и снижение его концентрации

Рис.1. Зависимость прироста биомассы в аэробных условиях от концентрации питательных веществ

Применение данной технологии позволяет исключить вторичные отстойники, а также оборудование для доочистки и обеззараживания очищенной сточной воды. Качество очистки после мембран соответствует всем допустимым показателям для сброса в поверхностные водные источники. Является идеальной технологией локальных очистных сооружений для медицинской промышленности, сбрасывающей

очищенные стоки в поверхностный водный объект. Из недостатков имеет сравнительно высокие эксплуатационные затраты (ввиду необходимости периодической замены мембран), чем сравниваемые технологии.

Сравнение технологических схем биологической очистки свели в таблице ниже.

Таблица

Сравнение технологических схем биологической очистки [2]

Параметры для сравнения	Классический-аэротенк, А20 процесс	SBR-реактор	Мембранный биореактор – MBR-технология
1	2	3	4
Назначение	В основном для очистки городских сточных вод. Отсутствуют ограничения по производительности	Предназначен для очистки высококонцентрированных сточных вод до 50000 м ³ /сут. Невозможность достичь норматива по азотной группе при бедных стоках	Широкий спектр предназначения для сточных вод любой природы. Присутствуют ограничения по производительности
Эффективность очистки	Не более 80-90% по всем основным показателям.	БПК _{полн} 3-5 мг O ₂ /л; ВВ 8-12 мг/л; NH ₄ 0,8 мг/л; NO ₂ 6-8 мг/л; P ₂ O ₅ 1-1,5 мг/л. Качество очищенной сточной воды зачастую не соответствуют нормативом для сброса	БПК _{полн} 2 мг O ₂ /л; ВВ < 3 мг/л; NH ₄ 0,5 мг/л; NO ₃ 40 мг/л; NO ₂ 0,08 мг/л; P ₂ O ₅ 0,2 мг/л; Нефтепродукты 0,05 мг/л
Гибкость и управляемость	При понижении температуры ниже 18-20 °С скорость роста частиц ила снижается. Для обеспечения условий нитрификации требуется утепление аэротенка	Замедление всех реакций (кроме отстаивания) при понижении температуры ниже 30-35 °С, необходим подогрев исходных сточных вод и утепление резервуаров	Круглогодичная нитрификация даже в условиях холодного климата
Занимаемая площадь, м ²	600-1500	180-200	140-150

Продолжение таблицы

1	2	3	4
Затраты на эксплуатацию (за период 5-7 лет)	Высокие	Средние	Высокие
Степень автоматизации	Требуется постоянное присутствие персонала и контроль показателей очищенной сточной воды	Автоматизированный процесс, удаленный доступ и управление, постоянный контроль качества сточной воды	Полностью автоматизированный процесс, удаленный доступ и управление
Стойкость к колебаниям нагрузки	Ухудшение очистки по рядам показателей	Резкое ухудшение качества очистки по всем показателям при приеме разбавленных стоков	Высокая стабильность процесса при залповых выбросах
Экологическая устойчивость	Сверхлимитные сбросы при пиковых нагрузках, начисление штрафов за превышение ПДС на сбросы		Освобождение гидросферы от сбросов загрязнений и отсутствие штрафов
Средний рейтинг установок по обобщенным показателям, %	Не более 35	Около 65	85 и более

Литература

- Новикова О. К. Технология очистки сточных вод: Учебное пособие. – Гомель: БелГУТ, 2020. – 303 с.
- КТБ «Родник» [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://dtbspring.com/information/preimushhestva/>. - Дата доступа: 21.04.2024.

УДК 628.3

**Выбор и обоснование технических решений по обращению с
поверхностными сточными водами на селитебных территориях
городов**

Шавейко К.Н., Крицкая Т.А.

Научный руководитель Дубенок С.А., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Целью научного исследования является анализ технических решений по обращению с поверхностными сточными водами на территориях населенных пунктов и разработка концепции системы поддержки принятия решений при проектировании и выборе технологии по обращению с поверхностными сточными водами на селитебных территориях.

Национальное законодательство в области обращения с поверхностными сточными водами (дождевыми и талыми) на территориях населенных пунктов ориентировано, в основном, на максимальный сбор дождевых и талых вод с твердых покрытий в закрытую систему дождевой канализации и последующий сброс этих сточных вод в ближайшие водные объекты с их предварительной очисткой или без очистки. При этом поверхностные сточные воды с территорий промплощадок предприятий в большинстве случаев могут использоваться на производственные нужды, а поверхностные сточные воды с селитебных территорий при соответствующих архитектурно-планировочных решениях, могут максимально сохраняться в пределах городского ландшафта, обеспечивая его естественное увлажнение и оптимизацию температурного режима городской среды.

Согласно СН 4.01.02-2019 [1], степень очистки поверхностных сточных вод следует определять в зависимости от условий их отведения в системы водоотведения населенных пунктов. При сбросе поверхностных сточных вод в окружающую среду степень их очистки следует принимать в соответствии с требованиями законодательства об охране и использовании вод. То есть в законодательстве закреплён вариант очистки поверхностных сточных вод с территорий населенных пунктов и их сброс через систему дождевой канализации в водный объект, исключая эффективное использование этого ресурса на территории города.

Однако тенденции последних десятилетий в части выпадения атмосферных осадков указывают, что интенсивность в тёплый период года значительно возросла, что приводит к существенным проблемам в

городах с высокой плотности застройки. Строительство зданий, дорожной сети, парковок и стоянок, асфальтирование больших площадей ускоряют прохождение поверхностных сточных вод, и пропускная способность систем дождевой канализации оказывается неспособной пропускать катастрофические быстро сформировавшиеся максимальные расходы дождевого стока.

Одним из решений проблемы является развитие системы «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры, как альтернативы «серой» инфраструктуре или общепринятой системе закрытой (подземной) дождевой канализации [2-5].

«Синяя» инфраструктура представляет собой комплекс различных гидротехнических сооружений для сбора и удержания дождевых и талых вод, причем эти сооружения конструктивно максимально близки к естественным водным объектам и интегрированы в городские территории.

«Сине-зеленая» инфраструктура представляет собой сочетание элементов синей инфраструктуры с различными видами и формами растительности (деревья, кустарники, травяной покров, газоны) в пределах городской территории.

В настоящее время в развитых странах осуществляется активное инвестирование средств в «синюю» и «сине-зеленую» инфраструктуру с целью восстановления способности компонентов окружающей среды удерживать воду там, где она выпадает, и использовать ее как ресурс. Вместо сбора, транспортировки и очистки дождевых и талых вод на очистных сооружениях, расположенных в нижней части больших зон канализования отдельных городских районов, и последующего её сброса в водные объекты в пределах городской черты, предлагаемые подходы позволяют решать проблему с помощью небольших экономических элементов ландшафта, расположенных в пределах небольших зон канализования.

Проведенные авторами исследования в данной области показали, что внедрение принципов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры в Республике Беларусь должно одновременно осуществляться по нескольким направлениям:

- институциональное: развитие национального законодательства в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности и законодательства в области охраны окружающей среды в части обращения с поверхностными сточными водами на территориях населенных пунктов;
- производственно-технологическое: развитие производства соответствующего оборудования и материалов для инженерного благоустройства и последующего обслуживания объектов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры на городской территории;

- информационно-просветительское: повышение информированности всех заинтересованных об экологических и социальных преимуществах «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры на городской территории [6].

Важным элементом внедрения концепции «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры является информационная поддержка. Такая поддержка может быть реализована путем создания системы поддержки принятия решений при проектировании и выборе технологии по обращению с поверхностными сточными водами на территориях городов.

Для разработки системы поддержки принятия решений при проектировании и выборе технологии по обращению с поверхностными сточными водами на жилых территориях городов необходимо решить следующие основные задачи:

1. Разработать структуру системы поддержки принятия решений при проектировании и выборе технологии по обращению с поверхностными сточными водами;
2. Описать содержание компонентов (элементов) системы и условия формирования информации в каждом компоненте;
3. Сформировать информацию для заполнения разделов системы;
4. Создать информационный ресурс (платформу, сайт), на котором будет функционировать система.

Авторами предлагается следующая укрупненная структура системы поддержки принятия решений при проектировании и выборе технологии по обращению с поверхностными сточными водами, состоящая из пяти разделов.

Раздел «Законодательство по обращению с поверхностными сточными водами» будет включать национальное законодательство в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, в области охраны окружающей среды, в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, а также международное законодательство в данной области.

Раздел «Объекты «синей» инфраструктуры. Описание и основные характеристики», который будет включать описание технологии проектирования таких элементов «синей» инфраструктуры, как «мокрые пруды», «сухие пруды», инфильтрационные пруды, водопроницаемые покрытия тротуаров, парковок и стоянок, придорожные каналы и др.

Краткое описание наиболее часто используемых элементов «синей» инфраструктуры приведено ниже.

Бассейны удержания. Сухие пруды

Такие технические решения предназначены для временного удержания поверхностных сточных вод (на срок до 48 часов). В бассейнах удержания типа «сухой пруд» не должно быть постоянного наполнения воды между

периодами выпадения атмосферных осадков, как правило, они организуются на фильтрующих почвах или с фильтрующим дном [4].

Бассейны удержания. Мокрые пруды

Такое техническое решение представляет собой искусственный пруд с растительностью по периметру с постоянным заполнением водой. Он используется для управления поверхностными сточными водами, для защиты от подтоплений прилегающей территории, для борьбы с эрозией, а также для использования в качестве искусственного водно-болотного угодья [4].

Бассейны удержания. Инфильтрационные пруды

Бассейны удержания типа «инфильтрационный пруд» организуются на фильтрующих почвах или с фильтрующим дном. Конструктивно такие сооружения организуются аналогично бассейнам удержания типа «мокрый пруд» с использованием на дне фильтрующего слоя и организации (при необходимости) переливной или дренажной системы для отведения избыточных объемов поверхностных сточных вод. Это сооружение используется для управления поверхностными сточными водами, предотвращения подтоплений территории, а также для улучшения качества воды в поверхностном водном объекте при поступлении в него воды из данного пруда. По сути, это неглубокий пруд, предназначенный для фильтрации поверхностных сточных вод через проницаемые грунты [3].

Дренирующее покрытие

Дренирующее покрытие тротуара может использоваться на пешеходных и велосипедных путях, а также на примыкающих к проезжей части парковках для улучшения пропускной способности грунта. Примерами дренирующих покрытий могут быть: дренирующий асфальтобетон, дренирующий бетон, дренирующие тротуарные плитки, несплошные плитки с заполнением полости грунтом, укрепление грунта георешетками и другие материалы, которые обеспечивают инфильтрацию ливневых вод непосредственно под поверхностью покрытия улицы и могут наноситься на любую часть улицы при условии соответствующих условий на поверхности и под поверхностью. Подобные решения в виде георешеток и дренирующей тротуарной плитки уже используются в Беларуси и, как показывает практика, являются достаточно экономичным и практичным решением, которое способно значительно улучшить пропускную способность грунта [2, 7-9].

Подземные накопители дождевых вод

Подземные накопители представляют собой емкости, расположенные ниже уровня земли, для накопления (аккумуляции) поверхностных сточных вод в целях снижения их пикового (максимального) объема (расхода) и

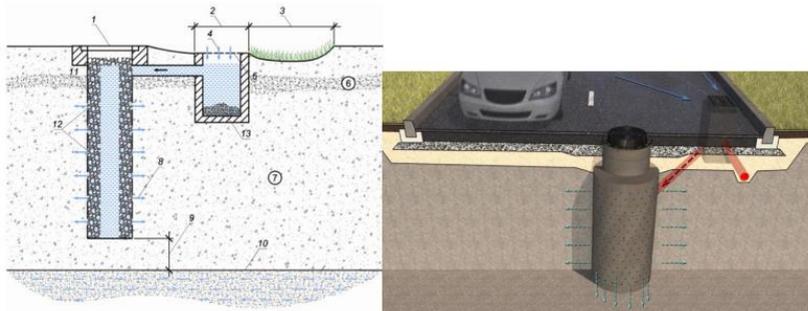
последующим отведением в систему дождевой канализации (при необходимости) [10].

Раздел «Объекты «сине-зеленой» инфраструктуры. Описание и основные характеристики», который будет включать описание технологии проектирования таких элементов «сине-зеленой» инфраструктуры, как фильтрующие полосы и траншеи, растительные и биодренажные каналы, фильтрующие (дренажные) колодцы, «дождевые сады», плантаторы для дождевых вод и др.

Краткое описание наиболее часто используемых элементов «сине-зеленой» инфраструктуры приведено ниже.

Дренажные колодцы

Дренажный колодец предназначен для управления дождевыми водами путем их приема из систем дождевой канализации с осуществлением очистки внутри колодца либо приема дождевых вод, прошедших предварительную очистку, с последующей фильтрацией вод в грунт через перфорационные отверстия в колодце [7].



1 – крышка колодца; 2 – ПОС (отстойник для осаждения ВВ); 3 – озеленение; 4 – сбор стекающей воды; 5 – решетка; 6 – водоупорный слой грунта; 7 – водоносный слой; 8 – инфильтрация воды в грунт; 9 – расстояние от дна колодца до грунтовых вод; 10 – уровень грунтовых вод; 11 – гравий; 12 – отверстия в стенках колодца; 13 – выпавший осадок

Рис.1. Общий вид и схема работы ливневого дренажного колодца [7]

Биофильтрационный склон

Биофильтрационный склон представляет собой засаженную растительностью площадку, имеющую незначительный уклон, предусмотренный для движения дождевых вод вниз по склону с одновременной их фильтрацией [7].

Биодренажный канал (канавка)

Конструктивно дренажные каналы представляют собой фильтрующие сооружения и устройства открытого типа (в виде каналов), покрытые

травяной растительностью и обеспечивающие одновременно транспортировку и фильтрацию поверхностных сточных вод. Они организуются, как правило, вдоль дорог, зданий, на территории рекреационных зон. Сооружения проектируются с расчётом на полную фильтрацию дождевых вод [7].

Дождевые сады

Дождевой сад (фитофильтр) представляет собой участок территории, запроектированный для приема дождевых вод и засыпанный фильтрующей загрузкой высотой 0,5–1,0 м, в которую высажены влаголюбивые растения. Несколько дождевых садов могут быть связаны между собой (поверхностными каналами или дренажными трубами) для предотвращения перегрузки на одном из них, либо связаны дренажной системой с дождевой канализацией [4, 7, 9, 10].



Рис.2. Применение биофильтрационного склона, биодренажного канала, дождевого сада [7]

При применении элементов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры важным является тот факт, что основные используемые элементы обеих инфраструктур можно компоновать между собой, что позволяет более полно использовать их потенциал.

Раздел «Реализованные проектные решения» будет включать информацию по практическим решениям по управлению поверхностными водами в городах по мере их реализации на территории страны. Предполагается, что он будет содержать отдельные pdf-файлы, составленные на основании заполненного опросника по результатам реализации каждого конкретного проектного решения, а также фото, видеоматериалы, информацию об эксплуатируемом оборудовании и др.

Раздел «Гидравлический расчет объемов образования поверхностных сточных вод» будет включать калькулятор, позволяющий ввести исходные данные и в соответствии с СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» провести укрупненный расчёт расходов и объемов дождевых и талых вод на участке урбанизированной территории с учётом её застройки.

Важным технологическим аспектом развития «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры является наличие собственных производственных мощностей по изготовлению оборудования, конструкций и различных материалов для инженерного благоустройства элементов «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры. В Республике Беларусь данное направление пока не получило должного развития. Как показывают проведенные авторами предварительные исследования, на территории страны имеются отдельные производства водонепроницаемых покрытий для тротуаров, пешеходных зон, автомобильных стоянок и парковок, а также производство подземных накопителей дождевых вод различного типа и фильтрующих колодцев.

В заключение необходимо отметить, что развитие концепции «синей» и «сине-зеленой» инфраструктуры крайне актуально для территории страны: это позволит не только снизить подтопление отдельных городских территорий и уменьшить нагрузку на сети дождевой канализации, но и повысить эстетическую привлекательность городского ландшафта и улучшить его микроклимат.

Литература

1 Строительные нормы Республики Беларусь СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [Электронный ресурс] // <https://normy.by/mand.php> - Дата доступа: 15.03.2024.

2 Зеленая инфраструктура [Электронный ресурс] / Сайт Агентства по охране окружающей среды США - <https://www.epa.gov/green-infrastructure>

3 Устойчивые дренажные системы [Электронный ресурс] / Сайт Британской геологической службы – <https://www.bgs.ac.uk/geology-projects/suds/> - Дата доступа: 15.03.2024.

4 Водно-чувствительное городское проектирование [Электронный ресурс] / Сайт организации «Water by Design» - <https://waterbydesign.com.au/> - Дата доступа: 15.03.2024.

5 Рекомендация ХЕЛКОМ № 23/5-2002 «Сокращение сбросов с городских территорий посредством правильного регулирования системы ливневых стоков» [Электронный ресурс] / Сайт организации HELCOM – <https://helcom.fi/helcom-at-work/recommendations/valid-recommendations/> - Дата доступа: 15.03.2024.

6 Дубенок, С.А. Современные международные подходы по управлению поверхностными сточными водами на территориях населенных пунктов и возможности их применения в Беларуси / С.А. Дубенок, К.Н. Шавейко Технологическая независимость и конкурентоспособность Союзного Государства, стран СНГ, ЕАЭС и ШОС: сб. ст. VI Междунар. науч.-техн.

конф. «Минские научные чтения-2023» в 3 т. Минск, 06–08 декабря 2023 г. [Электронный ресурс]. – Минск: БГТУ, 2023. – Т. 3. – 392 с.

7 Эглескалн, А.Ю. Методические рекомендации по организации водоотвода на улично-дорожной сети городов, не имеющих подземной (трубопроводной) ливневой канализации / А.Ю. Эглескалн, Л.А. Андреева, И.П. Потапов, 2019.

8 Экопарковка (зелёная парковка) из газонной решётки [Электронный ресурс] / Сайт Западная башня <https://z-b.by/gazonnaya-reshyotka1.html>

9 Во что превратились минские экопарковки и стоит ли автовладельцам платить за них? [Электронный ресурс] / Сайт <https://abw.by/news/rb/2017/10/06/vo-cto-prevratilis-minskie-ekoparkovki-i-stoit-li-avtovladelcam-platit-za-nih> - Дата доступа: 15.03.2024.

10 Надземные и подземные резервуары для хранения воды / Сайт Fresh Water Systems <https://www.freshwatersystems.com/blogs/blog/above-ground-vs-underground-water-storage-tanks>. - Дата доступа: 15.03.2024.

11 Программа предотвращения загрязнения воды [Электронный ресурс] / Сайт <https://www.flowstobay.org/data-resources/plans/sustainable-streets-master-plan/burlingame-donnely-avenue-rain-garden/> - Дата доступа: 15.03.2024.

12 Официальный сайт города Нью-Йорка. Раздел «Защита окружающей среды» [Электронный ресурс] / Сайт <https://www.nyc.gov/site/dep/water/rain-gardens.page> - Дата доступа: 15.03.2024.

УДК 628.112

Особенности эксплуатации водозаборных скважин на УП «Минскводоканал»

Шевчик П. Е.

Коммунальное унитарное производственное предприятие
«Минскводоканал», Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Грузинова В. Л., к.т.н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Обозначены основные направления ремонтно-восстановительных работ на водозаборных скважинах УП «Минскводоканал», позволяющие повысить производительность скважин и предотвратить нарушения в работе насосных агрегатов.

В настоящий момент в УП «Минскводоканал» в эксплуатации находится 355 артезианских скважин. Все они территориально расположены в 7 районах Минской области. Скважины оборудованы на Днепровско-Сожский и Валдайский водоносные горизонты. Средняя глубина скважин на Днепровско-Сожском водоносном горизонте – 65 м, на Валдайском водоносном горизонте – 300 м. В большинстве случаев воды днепровско-сожского горизонта характеризуются повышенным содержанием железа и марганца, что требует проведения дополнительных мер по улучшению качества воды.

Водозаборные скважины УП «Минскводоканал» имеют типовую конструкцию и состоят из следующих основных элементов: кондуктор (направляющая колонна), обсадная колонна, водоприемная часть (фильтр), отстойник. Большинство скважин оборудованы на водоносные горизонты, представленные рыхлыми неустойчивыми породами (пески различной фракции, гравий). С учетом этой природной особенности при строительстве скважин осуществляется установка фильтров 3 типов: проволочные, каркасно-стержневые и сетчатые.

Основными показателями, характеризующими техническое состояние скважин являются производительность и показатели уровней воды (статический и динамический). В процессе работы водозаборных скважин происходит снижение их эксплуатационных характеристик в результате процессов механического, биологического и химического коагулятажа, препятствующего притоку воды из водоносного горизонта в скважину.

Замеры уровней воды осуществляются с применением скважинных уровнемеров различного исполнения (контактные, бесконтактные – пьезометрические трубки). Ежедневный съем показаний производительности и динамического уровня воды позволяет оперативно принимать меры для производства профилактических и ремонтных работ погружного насосного оборудования, а также осуществлять своевременный ремонт самой скважины. С целью определения наиболее эффективного метода проведения ремонтных работ специалистами производства «Минскводопровод» проводится комплексный анализ состояния водозаборных скважин, включающий в себя:

- изучение конструкций скважин (в первую очередь фильтра);
- проведение развернутого анализа химического состава исходной воды;
- определение фактических эксплуатационных показателей скважин;
- прослеживание динамики изменения эксплуатационных показателей скважин.

В результате анализа определяется:

- перечень скважин со снижением показателей удельного дебита более чем на 30%.

- скважины с конструкцией, позволяющей проводить импульсные методы восстановления;
- перечень скважин с повышенным содержанием веществ, способных выпадать в осадок;
- скважины, на которых необходимо проведение дополнительных ремонтных работ по разрушению кольматирующих соединений с целью восстановления их производительности.

Проводимые исследования позволили установить рациональный межремонтный период профилактических работ (чисток ершом и прокачек скважин эрлифтной системой), которые необходимо проводить на скважинах с повышенным содержанием веществ, способных выпадать в осадок, не реже 1 раза в 3 года, на остальных скважинах - не реже 1 раза в 5 лет.

В процессе эксплуатации скважины выполняются комплекс работ (ППР) с целью поддержания оборудования в работоспособном состоянии, уменьшения интенсивности износа деталей, предупреждения отказов и устранения неисправностей. Наблюдение за техническим состоянием работы оборудования скважины (контроль величины или индикации потребляемого тока; показания манометра; производительности) осуществляется ежедневно машинистом 1-го подъёма с записью в журнал. Все ремонтно-предупредительные работы на скважинах производятся согласно графика ППР персоналом водозабора.

В течение всего периода эксплуатации водозаборной скважины руководство водопользователя в соответствии с действующими Законами Республики Беларусь («О питьевом водоснабжении», «О санитарно-эпидемическом благополучии населения», Водным кодексом Республики Беларусь) производится отбор проб воды на химический и один раз в сезон бактериологический состав.

Не реже одного раза в месяц проводятся наблюдения за динамическим и восстановившемся уровнем в скважине и её дебитом. Сведения о замерах дебита и уровня заносятся в специальный журнал. Ежедневно регистрируется время работы насоса. При замене насоса необходимо пользоваться правилами подбора агрегата (номинальная подача агрегата должна быть меньше дебита скважины не менее, чем на 25%). При этом номинальный напор выбранного агрегата должен превышать примерно на 5% сумму динамического уровня воды в скважине, высоты подъема воды над уровнем земли, потерь в трубопроводе, а при наличии гидроаккумулятора – верхнего значения давления в метрах. Отклонение значений напора не должны превышать: $\pm 10\%$ для агрегатов с напором до 50 м; $+10\% - 6\%$ для агрегатов с напором свыше 50 м. Скорость воды вдоль двигателя определяется как частное от деления производительности насоса

на площади кольца между внутренним диаметром обсадной трубы и наружным диаметром двигателя.

После установки насоса замеряют динамический уровень, эксплуатационный дебит, а также записывают марку нового насоса, дату и глубину его установки. Журнал, содержащий вышеперечисленные замеры, анализы воды и паспорт скважины, постоянно хранится у водопользователя и предъявляется контролирующим организациям при проверке водозаборных сооружений.

Участок по ремонту и замене насосных агрегатов и ремонту артезианских скважин ремонтно-механического цеха (РМЦ) УП “Минскводоканал” занимается круглогодичным обслуживанием скважин предприятия и планово-предупредительным ремонтом насосного оборудования, смонтированного на них.

При проведении ремонтных работ на скважинах основной целью является улучшение удельного дебита. Данная цель достигается путём очистки фильтра скважин от кольматанта (твёрдый нарост на фильтре, препятствующий поступлению воды в скважину), посредством применения различных технологий и видов ремонтных работ.

Основными видами ремонтных работ, применяемых на скважинах УП “Минскводоканал”, являются:

- гидродинамический: при помощи гидродинамической машины (ГДМ) происходит очистка и промывка фильтра и обсадной колонны скважины;
- механический: используются механические ерши, при помощи которых происходит очистка фильтра скважины;
- электрогидравлический: при помощи электрогидравлической установки происходит прострел скважины посредством импульсного выделения электроэнергии при высоковольтном искровом разряде между двумя электродами разрядника.

Наибольший эффект по улучшению удельного дебита скважин достигается при выполнении всех вышеперечисленных видов ремонтных работ. После проведения данных видов работ производится прокачка скважины при помощи эрлифтной системы с применением передвижного автомобильного компрессора. Данная операция необходима для удаления из отстойника скважины отбитых твёрдых частиц кольматанта и других мелких частиц, образующихся при эксплуатации скважины. Это предотвращает в будущем преждевременное снижение производительности погружного насосного агрегата, так как частицы достаточно твёрдые и могут нанести повреждения рабочим органам насоса. Также при прокачке скважины эрлифтной системой происходит улучшение работы нижней части фильтра. Это связано с тем, что эрлифт смонтирован на дно скважины и происходит “раскачка” нижней части фильтра.

В ноябре 2023 г. УП “Минскводоканал” совместно с подрядной организацией произвел ремонтные работы на скважине №33 водозабора №7 “Волма” при помощи электроимпульсной установки. Данная обработка показала достаточно высокий процент улучшения удельного дебита скважины (более 10%). На сегодняшний день ведется контроль эксплуатационных характеристик данной скважины с последующим анализом длительности сохранения эффекта улучшения дебита.

Ежегодно производится планово-предупредительный ремонт (ППР) порядка 335-345 погружных насосных агрегатов, находящихся в эксплуатации. При проведении ППР насосов производятся следующие работы:

- проверка работоспособности запорной арматуры скважины;
- проверка работоспособности водомера;
- проверка работоспособности обратного клапана;
- осмотр переходных патрубков;
- очистка фланцев от окалины;
- осмотр водоподъемных труб;
- замена болтов, гаек и прокладок (при необходимости);
- очистка электродвигателя насоса от накипи (при наличии);
- перетяжка болтовых соединений насоса;
- осмотр заливной муфты (при ее наличии);
- очистка и промывка водоподъемных труб и насосного агрегата ГДМ

(при необходимости).

На сегодняшний день силами РМЦ ежегодно производится капитальный ремонт 132 погружных насосных агрегата. Возможен ремонт гидравлических частей насосов как отечественных производителей типа ЭЦВ, так и импортных энергосберегающих типа WIL0 и SAER. Внедрена технология изготовления щелевых колец из бронзовых втулок или втулок из нержавеющей стали для восстановления расходно-напорных характеристик близких к номинальным. При необходимости производится замена подшипников, пяты и подпятников электродвигателей. Перемотка электродвигателей осуществляется в сторонних организациях.

Все насосные агрегаты, прошедшие капитальный ремонт, проходят испытания на стенде диагностики и испытания погружных насосов. Новые насосы в рамках входного контроля также проходят испытания на данном стенде. В конце 2022 года была произведена модернизация стенда – новые шкафы управления оснащены частотными преобразователями, что позволяет производить испытания насосов не только с асинхронными электродвигателями, но и с синхронными, что очень актуально в настоящее время, так как на всех водозаборах, прошедших модернизацию («Фелицианово», «Боровляны», «Острова», «Новинки», «Волма»,

«Зеленый Бор») смонтированы насосные агрегаты с синхронными электродвигателями.

УДК 621.6

Частотные преобразователи в системах водоснабжения

Шилкова Е.М.

Научный руководитель Грузинова В. Л., к.т.н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Частотные преобразователи в системах водоснабжения обеспечивают эффективное управление насосами и другим оборудованием, позволяя регулировать подачу воды в соответствии с потребностями. Их использование повышает энергоэффективность, продлевает срок службы оборудования, снижает операционные расходы и обеспечивает надежную работу системы.

Частотные преобразователи играют важную роль в системах водоснабжения. Они позволяют эффективно управлять скоростью вращения насосов и других устройств, что способствует оптимизации расхода энергии и поддержанию стабильного давления в системе.

Использование частотных преобразователей позволяет точно регулировать производительность оборудования в соответствии с текущими потребностями системы водоснабжения, обеспечивая переменное напряжение и частоту для электродвигателей. Такие устройства способствуют экономии энергии и повышают эффективность работы всей системы.

Из-за этой способности точного контроля частотные преобразователи становятся ключевым элементом в современных системах водоснабжения, помогая обеспечить надежное и эффективное функционирование системы при различных нагрузках и условиях эксплуатации.

Частотные преобразователи играют ключевую роль в современных системах водоснабжения, обеспечивая не только экономию энергии, но и повышение надежности и эффективности всей системы.

Виды частотных преобразователей.

1. Однофазные частотные преобразователи: Обычно используются для небольших насосов и систем водоснабжения, которые работают на однофазном напряжении.

2. Трехфазные частотные преобразователи: Эти преобразователи наиболее распространены в системах водоснабжения, работающих на трехфазном напряжении. Они обеспечивают более высокую мощность и эффективность.

3. Векторные частотные преобразователи: Эти преобразователи обладают возможностью точного контроля скорости и позволяют регулировать крутящий момент, что особенно полезно в системах водоснабжения с переменной нагрузкой.

4. Многонаправленные частотные преобразователи: Эти устройства способны работать как в режиме преобразования энергии из переменного тока в постоянный ток (инвертор), так и в обратном режиме (как преобразователь частоты).

Каждый тип частотного преобразователя имеет свои преимущества и области применения, и выбор конкретного зависит от требований конкретной системы водоснабжения.

Принцип действия частотных преобразователей основан на изменении частоты переменного тока, подаваемого на электродвигатель. Они преобразуют поступающее переменное напряжение и частоту в напряжение и частоту, которые соответствуют требуемым параметрам работы электродвигателя.

Основные этапы работы частотного преобразователя:

– входной выпрямитель: Преобразует входное переменное напряжение в постоянное напряжение;

– преобразование постоянного напряжения в переменное: В этом этапе постоянное напряжение преобразуется обратно в переменное, но уже с изменяемой частотой;

– управление частотой: частотный преобразователь регулирует частоту переменного напряжения, подаваемого на электродвигатель, что позволяет контролировать скорость его вращения;

– управление напряжением: помимо частоты, частотные преобразователи также могут регулировать напряжение, что позволяет эффективно контролировать мощность электродвигателя.

Дополнительные функции: некоторые частотные преобразователи могут иметь дополнительные функции, такие как защита от перегрузок, автоматическая диагностика и т.д.

Использование частотных преобразователей в системах водоснабжения обладает рядом преимуществ:

– позволяет точно регулировать скорость и мощность электродвигателя в системах водоснабжения, что повышает их эффективность и надежность;

– энергосбережение: частотные преобразователи позволяют эффективно управлять скоростью вращения насосов и других устройств,

что способствует оптимизации расхода энергии. Регулирование скорости вращения в соответствии с текущими потребностями системы помогает избежать излишнего энергопотребления;

- стабильное давление: благодаря возможности точного контроля частотные преобразователи помогают поддерживать стабильное давление в системе водоснабжения даже при изменяющихся условиях нагрузки;

- увеличение срока службы оборудования: Регулирование скорости и мощности электродвигателей позволяет снизить износ оборудования за счет более мягкого запуска и снижения механических напряжений;

- гибкость и адаптивность: частотные преобразователи обеспечивают возможность быстрой и гибкой настройки системы под изменяющиеся условия эксплуатации и потребности;

- повышение эффективности: благодаря точному контролю скорости и мощности, системы с частотными преобразователями работают более эффективно, что в конечном итоге снижает операционные расходы.

Внедрение частотных преобразователей в системы водоснабжения может привести к значительной экономии затрат за счет:

- снижения потребления энергии;

- уменьшения затрат на техническое обслуживание и ремонт;

- увеличения срока службы насосов;

- снижения потерь воды.

Частотные преобразователи способствуют устойчивости систем водоснабжения, снижая потребление энергии и уменьшая выбросы парниковых газов.

Недостатки использования частотных преобразователей в системах водоснабжения:

- стоимость: Внедрение частотных преобразователей может потребовать значительных затрат на приобретение и установку оборудования, особенно в случае больших систем водоснабжения;

- сложность управления: Настройка и обслуживание частотных преобразователей может потребовать специальных знаний и навыков. Это может создать дополнительные сложности для персонала, особенно если они не имеют достаточного опыта работы с таким оборудованием;

- потенциальные сбои: Как и любая другая электроника, частотные преобразователи подвержены потенциальным сбоям и неисправностям. Это может привести к простоям в работе системы водоснабжения и требовать дополнительного времени и ресурсов на их устранение;

- электромагнитные помехи: Использование частотных преобразователей может вызывать электромагнитные помехи, которые могут повлиять на другие электронные устройства в системе или в окружающей среде.

Хотя частотные преобразователи предоставляют значительные преимущества в эффективности и управлении системами водоснабжения, важно учитывать их недостатки при принятии решения об их применении.

Частотные преобразователи являются незаменимыми компонентами в современных системах водоснабжения, обеспечивая значительные преимущества в области энергоэффективности, контроля процессов, надежности и удобства обслуживания. Их внедрение приводит к экономии затрат, улучшению производительности системы и снижению воздействия на окружающую среду.

Более того, частотные преобразователи играют важную роль в реализации устойчивых и интеллектуальных систем водоснабжения. Они позволяют интегрировать возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, и обеспечивают возможности для удаленного мониторинга и управления. Внедрение частотных преобразователей способствует созданию более эффективных, надежных и устойчивых систем водоснабжения, которые отвечают растущим потребностям населения и защищают водные ресурсы для будущих поколений.

Литература

1. Школа для электрика. Частотный преобразователь - виды, принцип действия, схемы подключения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://electricalschool.info/elprivod/1658-chastotnyjj-preobrazovatel-vidy-princip.html> – Дата доступа: 05.05.2024.

2. Компания Веспер. Частотные преобразователи Веспер [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vespervv.ru/catalog/invertor/> – Дата доступа: 05.05.2024.

3. Частотный преобразователь (электропривод) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> – Дата доступа: 04.05.2024.

4. Промышленная Автоматизация. Частотные преобразователи Siemens [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.promautomatic.ru/products/chastotnii-preobrazovatel-sinamics-v20/> – Дата доступа: 03.05.2024.

5. Альфатэп. Насос и частотный преобразователь. Плюсы применения [Электронный ресурс]- Режим доступа: https://alfatep.ru/article/nasosy/nasos_chastotnyu_preobrazovatel – Дата доступа: 03.05.2024.

Санация водопроводных труб

Шилкова Е.М.

Научный руководитель Грузинова В. Л., к.т.н.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Тема санации водопроводных труб касается процесса восстановления и обновления систем водоснабжения. В ходе санации могут использоваться различные методы, такие как замена устаревших труб, очистка и ремонт существующих трубопроводов. На основании проведенных исследований показано, что существуют пять основных методов санации водопроводных труб.

Эксплуатация водопроводных систем в течение многих лет приводит к увеличению вероятности аварийных ситуаций на трубопроводах. Взаимодействие стальных и железобетонных труб с водой вызывает коррозию, которая приводит к образованию отложений на внутренней поверхности труб, затрудняющих нормальный поток воды и требующих увеличения давления, что, в свою очередь, увеличивает энергопотребление.

Продолжительная коррозия может привести к постепенному уменьшению толщины стенки трубы. Кроме того, из-за процессов старения, деформаций или внешних воздействий (таких как повреждение, движения или вибрации), могут возникать протечки и негерметичности в трубопроводных сетях. Это может привести к дополнительным издержкам из-за потерь в производстве или к дорогостоящим мероприятиям по устранению загрязнения почвы и подземных вод, вызванным утечками в трубопроводах.

Помимо этих проблем, существует также вопрос качества питьевой воды, которое может не соответствовать санитарным стандартам.

Остро стоит задача повышения долговечности труб, поскольку их срок службы в настоящее время в 3—5 раз ниже нормативного из-за способа укладки, условий эксплуатации и других факторов. Это приводит к значительным потерям энергии и большим расходам на ремонт и замену трубопроводов, что существенно превышает стоимость самих труб. Важно найти наиболее экономичное и практичное решение для обеспечения безопасности трубопроводов при минимальных затратах.

Ранее для решения этих проблем применяли обычный ремонт или дорогостоящую замену труб с рытьем котлованов, демонтажу старых и установке новых труб. Для начала надо было перекрыть достаточно

обширный участок в месте замены трубы, затем вскрыть поверхность, при этом нарушая целостность наземной инфраструктуры, которую в последствии надо будет восстанавливать и приводить в порядок. Далее с помощью массивной техники вырывался котлован, и изношенный трубопровод демонтировался, а на его место устанавливался новый трубопровод, который также подвержен коррозии и со временем тоже изнашивается. Это приводило к огромным бюджетным затратам и длительным неудобствам для жителей города и городской инфраструктуры.

На сегодняшний же день используются *технологии санации*. Эти технологии, являясь более дешевой альтернативой замене труб, позволяют работать без серьезных нарушений в дорожном движении, что в крупных городах может являться самым важным фактором при выборе методов производства работ.

Санация трубопроводов

Санация представляет собой способ ремонта трубопроводов, при котором очистка и замена изношенных участков выполняется без рытья траншей. Суть способа заключается в прокладке новых труб внутри старых или в нанесении специального покрытия изнутри.

Технология санации рекомендована в следующих случаях:

- при возникновении отложений на стенках труб и снижении проходимости;
- при износе внутренней поверхности;
- при наличии трещин и засора трубопроводных систем;
- в случае коррозии труб;
- при нарушении целостности трубопроводов корнями деревьев;
- в случаях разрушения сетей.

Проведение санации труб по сравнению с традиционным способом восстановления или замены трубопроводов имеет следующие преимущества:

- высокая скорость работ: в зависимости от технологии и используемых материалов за 1 ч возможно восстановление до 50-100 м коммуникаций;
- стойкость к коррозии и увеличение скорости потока транспортируемой среды, при санации используются полиэтиленовые материалы стойкие к коррозии, а благодаря гладким внутренним стенкам, скорость потока остается неизменной;
- меньшее воздействие на окружающую среду, поскольку нет необходимости в полном извлечении старого трубопровода, санация может снизить воздействие на окружающую среду, уменьшая количество вынесенного материала и раскопок.

– уменьшение риска повреждения других инфраструктурных объектов, поскольку новый трубопровод укладывается в том же пространстве, что и старый;

– нет необходимости подготавливать проектную, сметную документации на прокладку нового трубопровода, т.к. санация выполняется на готовых участках коммуникаций;

– снижение стоимости работ. Поскольку процесс санации исключает необходимость рытья траншей и удаления старого трубопровода;

– продление срока службы всего санируемого участка;

– компактное размещение оборудования.

Основные недостатки санации трубопроводов можно свести к следующим:

– в Беларуси количество подрядных организаций, выполняющих данные операции достаточно велико, но при этом действительно опытными и квалифицированными можно назвать лишь небольшой процент от общего количества;

– возможность повреждения нового трубопровода. В процессе разрушения старого трубопровода или прокладки нового существует риск повреждения нового материала, особенно при использовании тяжелой техники или при работе в сложных условиях;

– сложности в оценке состояния старого трубопровода. Иногда старый трубопровод может иметь скрытые дефекты или повреждения, которые может быть трудно обнаружить до начала процесса санации, что может привести к дополнительным расходам или задержкам;

– финансовые затраты. Процесс санации может быть дорогостоящим, особенно если требуется привлечение специальной техники для обеспечения безопасности и эффективности процесса;

– экологические последствия. Использование полимерных материалов для санации может иметь негативные экологические последствия в виде накопления пластиковых отходов;

– ремонт может привести к преждевременному износу;

– чаще применяют для труб небольшого диаметра;

– необходимость временного прекращения эксплуатации.

Качественно проведенная санация подземных трубопроводов позволяет достичь следующих результатов:

– предотвратить коррозию металлических стенок трубопроводов;

– обеспечить требуемый уровень надежности трубопроводов и снизить аварийность на подземных сетях;

– сохранить неизменными (в некоторых случаях для трубопроводов больших диаметров даже улучшить) гидравлические характеристики;

– значительно уменьшить или предотвратить полностью явления инфильтрации и эксфильтрации.

Выделяют 5 основных способов санации труб:

1. Протаскивание нового трубопровода в старый с его разрушением или без разрушения (Метод «труба в трубе»).
2. Метод «чулка» (санация полимерным рукавом).
3. Протаскивание гибкой предварительно сжатой полимерной трубы (Свейджлайнинг).
4. Метод U-лайнер.
5. Восстановление трубопроводов различными покрытиями.

Санация методом «Труба в трубе»

Метод «Труба в трубе» позволяет прокладывать (протягивать) в действующие изношенные трубопроводы новые трубы увеличивая при этом пропускную способность (сечение трубопровода).

Перед производством работ старая труба тщательно очищается, стыковые соединения ремонтируются.

При использовании данного метода применяют полиэтиленовые трубы низкого давления длиной более сотни метров, с минимальным проведением земляных работ. Старые существующие трубы коммуникаций используются как корпус для модернизации магистрали.

Санация методом разрушения старого трубопровода с одновременной протяжкой нового.

Санация методом разрушения старого трубопровода с одновременной протяжкой нового — это процесс замены или обновления старых трубопроводов путем уничтожения существующих конструкций и установки новых в том же пространстве. Этот метод часто используется в случаях, когда старый трубопровод имеет существенные повреждения или устарел, и требуется быстрая и эффективная замена.

Для работы этим методом предназначены машины — разрушители труб. В зависимости от типа материала и тягового усилия, создаваемого машиной, гидравлические разрушители могут работать с трубопроводами диаметром 100–900 мм.

Метод обладает несколькими преимуществами: не требуется никакой очистки и телеинспекции, новый трубопровод может быть проложен большего диаметра, чем старый.

Санация методом «чулка»

Метод «чулка» (санация полимерным рукавом). Характеризуется тем, что в трубу, подлежащую восстановлению, вводится гибкий композитный рукав, который после отверждения представляет собой новую трубу, полностью перенимающую все функции старой.

На сегодняшний день наиболее перспективной является созданная в Германии в конце 90-х годов и усовершенствованная в дальнейшем технология санации методом «чулка», основанная на применении ультрафиолетового излучения для отверждения полимерного рукава.

Санация методом «Свейджлайнинг»

Этот метод пришел на замену методу «труба в трубе». Он позволяет провести восстановление разрушенного трубопровода, не оставляя зазоров между старой и новой трубой. При санации трубопроводов данным методом введенная в существующий трубопровод новая полиэтиленовая труба способна выдержать полную нагрузку окружающего грунта, а также внутреннее рабочее давление независимо от состояния существующей трубы.

Полиэтиленовые трубы свариваются вместе на поверхности и протягиваются внутрь имеющегося трубопровода с помощью гидравлической лебедки. Перед введением в старый трубопровод новая полиэтиленовая труба проходит через специальную матрицу с меньшим диаметром, после чего обжатая до меньшего диаметра труба легко протягивается внутри старой. После отсоединения тянущего троса новая полиэтиленовая труба приобретает свой изначальный объем, чем и достигается плотное прилегание.

Санация методом У-лайнера

Метод предполагает использование полиэтиленовой трубы с предварительно измененной формой. В профиле труба в сжатом виде похожа на латинскую букву U (У-лайнер). Труба У-лайнер, изготавливаемая из полиэтилена высокого давления, применяется в основном для трубопроводов водоснабжения диаметрами 100–800 мм. Длина saniруемого участка может быть до 600 м в зависимости от диаметра и ограничена возможностью намотки лайнера на барабан. Труба, намотанная на барабан, доставляется на объект и при помощи лебедки протаскивается в существующую трубу.

Восстановление трубопроводов различными покрытиями

Существует несколько типов покрытий, которые могут использоваться для санации водопроводных труб. Эти покрытия обычно применяются для защиты внутренней или внешней поверхности труб от коррозии, уменьшения трения и улучшения долговечности.

Некоторые из наиболее распространенных видов покрытий:

- эпоксидные покрытия; они образуют защитный слой, который предотвращает контакт воды с металлической поверхностью трубы, тем самым предотвращая коррозию;

– полиуретановые покрытия: они также используются для внутренней санации труб и обладают высокой стойкостью к агрессивным средам и химическим веществам.

– полимерные покрытия: могут быть применены как внутри, так и снаружи трубы. Они обычно образуют прочный защитный слой, который предотвращает коррозию и уменьшает трение в потоке воды.

– цинковые покрытия: могут использоваться для внешней санации труб, чтобы предотвратить коррозию в результате воздействия атмосферы и влаги.

– полимербетонные покрытия: Эти покрытия применяются для восстановления поверхности бетонных труб и обладают высокой стойкостью к агрессивным средам и механическим воздействиям.

– цементно-песчаные покрытия: обладают хорошей адгезией к металлическим поверхностям, обеспечивают защиту от коррозии и механических повреждений, а также способствуют увеличению срока службы трубопроводов.

Выбор конкретного покрытия зависит от типа материала трубы, условий эксплуатации и требований к защите от коррозии.

Сравнительный анализ методов санации труб приведен в таблице.

Таблица

Сравнительный анализ методов санации труб [3]

Сравнительные показатели	Нанесение цементно-песчаных покрытий	Протаскивание нового трубопровода в старый	Свейдж-лайнинг	U-лайнер	Санация полимерным рукавом (чулок)
1	2	3	4	5	6
Диапазон диаметров, мм	80-2200	100-900	80-300	100-800	100-1500
Максимальная протяженность участка, м	180	100	200	600	300
Виды повреждений (дефектов)	Мелкие трещины, коррозия	Любые повреждения	Любые повреждения	Средние трещины и сколы	Крупные трещины, сколы
Материал ремонтного покрытия	Цементно-песчаная смесь	ПП, ПВХ, ПЭ	ПЭ	ПЭ высокого давления	Композит на основе ПЭС и ЭП
Требования к подготовке	Очистка скребками и швабрами	Не требуется	Очистка водой под давлением	Очистка водой под давлением	Очистка водой под давлением

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6
Время ремонта участка 100 м, рабочих смен	3-5	2-3	1	1	1
Потери диаметра, %	5-10	Нет	3-5	10-15	3-5
Срок службы ремонтного покрытия, лет					
Прогноз	30	50	50	50	30
Реальность	Более 20	Более 30	Более 30	Более 10	Более 20

В заключение необходимо отметить, что для выбора метода восстановления требуемой работоспособности трубопроводов городской водопроводной сети необходимо рассмотреть два варианта принятия решения по его дальнейшей эксплуатации:

1. вкладывание дополнительных средств на поддержание требуемой работоспособности трубопровода;
2. возможность перекладки трубопровода или проведение специальных работ по его восстановлению (санации).

Рассмотрим пример. Стальной напорный трубопровод диаметром 900 мм можно санировать четырьмя методами: ЦПП; полимерным рукавом; протягиванием в старый трубопровод новой полиэтиленовой трубы; установкой стеклопластиковых труб. Самым экономичным методом будет ЦПП, но он обычно обеспечивает около 20 лет службы и не подходит для труб с отверстиями. Самый дорогостоящий вариант – замена на стеклопластиковые трубы, но он самый долговечный. Также этот метод, как и протяжка полиэтиленовой трубы, существенно уменьшает диаметр трубопровода (на 100 мм). В сравнении с протягиванием полимерного рукава, который уменьшает диаметр на 18 мм.

При выборе конкретного метода санации кроме его стоимости следует обращать внимание на срок службы трубопровода после санации, а также на уменьшение его диаметра (значительное или не очень). Также необходимо учитывать стоимость подготовительных работ.

Литература

1. Производственная Фирма «СТИС» Бестраншейный ремонт трубопроводов на территории городов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pf-stis.com/gorodskie-seti.html> – Дата доступа: 26.04.2024
2. Положение о санации водопроводных и водоотводящих сетей, утверждено на заседании НТС ГОССТРОЯ РОССИИ от 16.09.2003 № 01-НС-15/3.

3. Релейнинг [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki> – Дата доступа: 27.04.2024.

4. Производственная компания Ниотекс. Санация трубопровода [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nioteks.ru/articles/sanatsiya-truboprovoda> – Дата доступа: 27.04.2024.

5. Журнал СОК. Методы санации трубопроводов водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.c-ok.ru/articles/metody-sanacii-truboprovodov-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya> – Дата доступа: 27.04.2024.