

Список литературы

- 1 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.
- 2 Об утверждении гигиенических нормативов : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021 г. № 37 // ЭТАЛОН: информ.-поисковая система (дата обращения: 23.06.2025).
- 3 Propolsky, D. Iron and Manganese Removal from Groundwater: Comprehensive Review of Filter Media Performance and Pathways to Polyfunctional Applications/ D. Propolsky, V. Romanovski // Environmental Science: Water Research & Technology. – 2025. – Vol. 11. – P. 2499–2515.
- 4 Пропольский, Д. Э. Фильтрующие материалы для обезжелезивания и деманганации подземных вод: критерии подбора, разновидности и условия применения / Д. Э. Пропольский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2025. – № 4. – С. 10–19. – DOI: 10.35776/VST.2025.04.02.
- 5 Пропольский, Д. Э. Концентрационные параметры растворов нитратов для нанесения монофункциональных покрытий фильтрующих материалов / Д. Э. Пропольский, А. Д. Шеко // IV Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования с международным участием : сб. материалов форума, Гомель, 18–20 мая 2025 г. / редкол. : Д. Л. Коваленко (гл. ред.) [и др.] ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2025. – С. 65–67.
- 6 Шеко, А. Д. Определение максимальных концентраций растворов нитратов для синтеза монофункциональных модифицированных фильтрующих материалов / А. Д. Шеко ; науч. рук. Д. Э. Пропольский // Материалы 81-й студенческой науч.-техн. конф. в рамках Междунар. молодежного форума «Креатив и инновации 2025», 22 мая 2025 г. / Белорус. нац. техн. ун-т, кафедра «Водоснабжение и водоотведение» ; сост.: С. А. Дубенок, А. А. Куралёнок. – Минск : БНТУ, 2025. – С. 62–65.
- 7 Пропольский, Д. Э. Принципиальная схема синтеза полифункциональных фильтрующих материалов методом экзотермического горения в растворе / Д. Э. Пропольский // Вода. Газ. Тепло – 2025 : материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 15–16 мая 2025 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: С. В. Харитончик, Д. Г. Ливанский, В. А. Кусяк [и др.]. – Минск, 2025. – С. 165–168.
- 8 Пропольский, Д. Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский, Е. В. Романовская // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Водохоз. строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 47–50.
- 9 Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2020. – № 4. – С. 103–111.
- 10 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. – IF 6.2 Q1. DOI: 10.1016/j.envres.2019.108996.

УДК 628.144

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАДЕЖНОСТЬ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

А. М. РАТНИКОВА, И. А. САЛЯНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам безопасности функционирования различных систем, и надежность функционирования систем становится все более значимым аспектом. Надежность трубопроводных систем – это свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения своих параметров, характеризующих способность обеспечивать заданный режим работы. Являясь комплексным свойством, надежность в зависимости от назначения объекта и условий применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств [1].

Рассматривая в качестве примера систему водоснабжения, можно выделить ряд факторов, влияющих на надежность системы:

- нормативный срок эксплуатации трубопровода;
- фактический срок эксплуатации трубопровода;
- материал труб;
- диаметр труб;
- гидравлические показатели (скорости течения, напорные характеристики);
- глубина залегания труб, тип грунта;
- механические воздействия на трубопровод (за счет движения транспорта и др.);
- конфигурация сети;

– качественные характеристики транспортируемой воды.

Для повышения надежности системы водоснабжения необходимо не только учитывать существующее состояние систем, но и предусматривать различные способы повышения показателей надежности при реконструкции систем.

Для обеспечения надежности системы (исключения перерыва в водообеспечении потребителей) необходимо планировать структурное резервирование системы водоснабжения, которое предусматривает закольцовывание тупиковых участков [2], устройство перемычек.

Водопроводные сети городов Республики Беларусь имеют значительный срок эксплуатации, иногда значительно превышающий нормативный, что часто ведет к авариям на сети водоснабжения.

Основными причинами аварий трубопроводов являются:

- износ трубопроводов;
- неправильный выбор материала труб и класса их прочности;
- несоблюдение технологии производства работ по укладке и монтажу трубопроводов;
- недостаточность или отсутствие необходимых мер по защите трубопроводов от агрессивного воздействия и т. п.

Использование труб из полимерных материалов позволяет во многом решить проблемы, обозначенные выше. Например, максимальный срок службы напорного трубопровода для систем хозяйственно-питьевого водоснабжения при температуре $T_{\text{макс}} = 20$ °С составляет 50 лет.

Для систем хозяйственного водоснабжения в последнее время преимущественно используются трубы из полимерных материалов. Для стабильного функционирования системы имеет важное значение правильный выбор типа трубопровода с характеристиками, отвечающими заданным требованиям.

В качестве исходных данных при выборе серии напорных полимерных труб учитываются:

- назначение напорного трубопровода;
- расчетный срок службы напорного трубопровода;
- вид и рабочие параметры транспортируемой среды (давление и температура);
- коэффициенты запаса прочности;
- способ прокладки напорного трубопровода.

При выборе типа труб и соединительных деталей следует учитывать рабочее давление в напорных трубопроводных системах, температуру и агрессивность транспортируемой среды, необходимый срок службы труб, способ соединения труб, виды фасонных частей (фитингов) и технико-экономические показатели. Выбор типа напорных труб и соединительных деталей должен быть обоснован гидравлическими и прочностными расчетами.

Требуемая серия напорных полимерных труб для ряда максимальных рабочих давлений и определенного класса эксплуатации определяется в зависимости от величины расчетного напряжения в стенке трубы (σ). При выборе требуемой серии напорных полипропиленовых труб необходимо, чтобы было выполнено следующее условие: серия $S_{\text{треб}} \leq$ расчетной серии $S_{\text{макс}} = \sigma / p_{\text{макс}}$.

При проектировании трубопроводов системы водоснабжения можно спрогнозировать срок службы трубопровода, находящегося в определенных условиях [3].

К преимуществам использования труб из полимерных материалов следует отнести:

- небольшой вес изделия, по сравнению с металлическими в 3,5–4 раза легче, соответственно отсутствует необходимость применения тяжелой техники;
- срок службы при грамотной эксплуатации около 50 лет;
- низкая шероховатость внутренней поверхности обеспечивает снижение гидравлического сопротивления потока, что в свою очередь дает устойчивость к образованию отложений на внутренней поверхности труб;
- стойкость внутренней и наружной поверхности к воздействию грунтовых вод;
- высокая коррозионная стойкость по сравнению с металлическими трубами и изделиями.

Исходя из вышесперечисленного можно сделать вывод, что надежность системы водоснабжения во многом зависит от правильности выбора конфигурации сетей, материала, диаметров и толщины стенок труб, учитывающих конкретные условия эксплуатации систем.

Список литературы

- 1 ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – Введ. 01.07.1990. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 37 с.
- 2 СН 4.01.01-2019 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 09.07.2020. – Минск : Минстройархитектуры Респ. Беларусь, 2018. – 75 с.
- 3 ГОСТ ISO 13760-2024. Трубы из пластмасс для транспортирования жидкостей под давлением. Правило Майнера. Метод расчета накопленного повреждения. – Введ. 29.11.2024 / подготовлен обществом с ограниченной ответственностью «Группа ПОЛИПЛАСТИК». – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2024. – III, 8 с. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data/845/84540.pdf?ysclid=mflioz13fx109124102> (дата обращения: 10.09.2025).

УДК 628.35:628.395

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ: ОПЫТ МОДЕРНИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОЛОГИЧЕСКОГО УДАЛЕНИЯ АЗОТА И ХИМИЧЕСКОГО ОСАЖДЕНИЯ ФОСФОРА

А. А. РОДЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Реконструкция городских очистных сооружений является важнейшей задачей в условиях роста антропогенной нагрузки на водные объекты и ужесточения экологических нормативов сброса сточных вод. Устаревшие технологии очистки, применявшиеся при строительстве большинства действующих очистных сооружений несколько десятилетий назад, не обеспечивают требуемую степень очистки по таким показателям, как биогенные элементы (азот и фосфор). Кроме того, физический износ оборудования и конструкций приводит к повышенным эксплуатационным затратам, увеличению аварийных ситуаций и снижению эффективности очистки сточных вод.

Кроме технологических аспектов, актуальность реконструкции обусловлена экономическими факторами. Эксплуатация морально и физически устаревших очистных сооружений связана с высокими затратами на ремонты, значительными потерями ресурсов и рисками штрафных санкций за превышение допустимых концентраций загрязняющих веществ. Внедрение энергоэффективного оборудования, цифровых систем мониторинга и современных методов обработки осадка обеспечивает долгосрочную экономию бюджетных средств и снижает экологические риски. Таким образом, реконструкция очистных сооружений представляет собой не только экологическую, но и экономическую необходимость, способствуя устойчивому развитию городской инфраструктуры [1].

Объектом реконструкции являются очистные сооружения г. Владикавказа. Первая очередь очистных сооружений производительностью 123 тыс. м³/сут была введена в эксплуатацию в 1976 году, вторая очередь производительностью 157 тыс. м³/сут – в конце 1990 года. Фактическая производительность очистных сооружений существенно снизилась и составляет 96,5 тыс. м³/сут. Действующие очистные сооружения включают сооружения и оборудование механической (решетки, горизонтальные песколовки, преаэратор, первичные радиальные отстойники) и биологической очистки (четырёхкоридорные аэротенки вытеснители с регенераторами, вторичные радиальные отстойники). В настоящее время в эксплуатации находятся только решетки и горизонтальные песколовки, а далее сточные воды по транспортирующему лотку отводятся в реку Терек. Сооружения по обработке осадка (радиальные илоуплотнители, метантенки) не работают и выведены из эксплуатации. Сырой осадок и избыточный активный ил отводятся на иловые площадки для обезвоживания и складирования.

На основании проведенного обследования очистных сооружений установлено множество дефектов и повреждений основных элементов сооружений:

- сколы, отслоения, продольные и поперечные трещины защитного слоя бетона;
- разрушение бетонного слоя с оголением арматуры;
- коррозия металлоконструкций (ограждений, площадок обслуживания, щитовых затворов) и технологического оборудования (воздуховодов, трубопроводов, решеток);
- признаки глубокой коррозии в местах оголения арматуры.

Критическое состояние существующих очистных сооружений обусловлено совокупностью факторов, среди которых основными являются продолжительная эксплуатация без капитального ремонта и деструктивное влияние климатических условий.