В условиях характерной для малых населенных пунктов выраженной неравномерности гидравлических нагрузок и состава сточных вод данные сооружения не способны гарантировать стабильное достижение современных нормативных показателей, особенно в части удаления соединений азота и фосфора. Следовательно, обеспечение экологической безопасности водных объектов и устойчивого функционирования инженерных систем диктует необходимость отказа от неадаптированных типовых проектных решений.

Модернизация и реконструкция локальных очистных сооружений должна осуществляться на базе индивидуального подхода, предполагающего учет специфики местных природно-климатических факторов, гидрогеологических условий и внедрение технологий интенсификации процессов биологической очистки.

Список литературы

1 **Урицкая, А. В.** Сравнительная оценка вакуумной и гравитационной систем канализации / А. В. Урицкая, О. К. Новикова // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа : в 2 ч. Ч. 1 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С 268–269.

2 **Новикова, О. К.** Системы канализации малых населенных пунктов: текущая ситуация и проблемные аспекты / О. К. Новикова, А. Б. Невзорова // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2020. – № 2 – С. 183–188.

УДК 628.14

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

А. М. РАТНИКОВА, И. А. САЛЯНКО
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
ratnikova@bsut.by, ila80112@gmail.com

Актуальность. Функционирование современных городов и промышленных предприятий неразрывно связано с надежностью соответствующих систем водоснабжения. Водопроводные сети, являясь важным звеном системы, испытывают интенсивное воздействие целого спектра нагрузок – механических, гидравлических. Это вызывает кумулятивный эффект накопления дефектов, что в конечном итоге приводит к снижению надежности и аварийным ситуациям.

Несмотря на постоянное обновление сетей, средний уровень износа коммунальной инфраструктуры остается достаточно высоким. В этих условиях особую актуальность приобретает задача прогнозирования технического состояния трубопроводов.

Цель работы. Определение влияния различных факторов на срок службы полиэтиленовых трубопроводов систем водоснабжения.

Основные результаты. Для прогнозирования срока службы в определенных условиях принят участок трубопровода холодного водоснабжения со следующими характеристиками: материал ПЭ 100 (*MRS* 10 МПа), *SDR* 17 (номинальное давление *PN* 10 бар), номинальный срок службы – 50 лет, температура воды – постоянная, плюс 10 °С. Температура является величиной постоянной, поэтому при расчете учитывается давление в сети и внешние факторы. Исходя из этих условий, приняты следующие режимы работы сети:

1) базовый – трубопровод работает при давлении до 6 бар (0,6 МПа) (80 % времени);

2) номинальный – наблюдается повышение рабочего давления в часы максимального водоразбора до 10 бар (номинальное давление) (15 % времени);

3) повышенного давления – незначительные колебания давления (кратковременные пики), не превышающие 12 бар (4,997 % времени);

4) аварийные или пиковые нагрузки – труба испытывает пиковые нагрузки до 15 бар (гидроудары и сезонные нагрузки (0,003 % времени (около 15 минут в год)).

Для ПЭ 100 при 10 °С существуют нормативные кривые длительной прочности, показывающие, сколько лет труба выдержит при непрерывном действии данного давления [2]. С учетом коэффициента запаса (для ПЭ обычно 1,25), расчетное напряжение для PN 10 выбрано так, чтобы при указанном давлении, равном 10 бар, труба служила 50 лет.

Значения «напряжение – время до разрушения» для материала ПЭ 100 составляют (при условии постоянного воздействия указанного давления):

– для давления 8 бар (t_1) при таком низком напряжении срок службы огромен, условно принят 300 лет;

– 10 бар (t_2) – срок службы 50 лет (номинальный).

– 12 бар (t_3) – срок службы снижается до 20 лет;

– 15 бар (t_4) – увеличиваются кольцевые напряжения, срок службы составляет 0,5 года (6 месяцев) [2].

Согласно разделу 5 [1], суммарное годовое повреждение *TYD*, %, рассчитывается как сумма долей повреждений:

$$TYD = \sum a_i / t_i, \quad (1)$$

где a_i – доля времени воздействия режима за год, %; t_i – срок службы (в годах) при непрерывном действии этого режима.

Расчет сведен в таблицу 1.

Анализируя результаты таблицы 1, можно сделать вывод, что значение *TYD* = 0,8226 %, т. е. за каждый год эксплуатации участок наружной сети при данном режиме эксплуатации исчерпывает 0,8226 % своего ресурса.

Таблица 1 – **Расчет накопленного повреждения для участка наружного водопровода холодного водоснабжения**

Режим эксплуатации	Рабочее давление, бар	Доля времени от года a_i, %	Срок службы при непрерывном действии данного давления t_i, лет	Ежегодная доля повреждения a_i / t_i, %
Базовый	6	80,0	300	80 / 300 = 0,2667
Номинальный	10	15,0	50	15 / 50 = 0,300
Повышенного давления	12	4,997	20	4,997 / 20 = = 0,2499
Аварийные или пиковые нагрузки	15	0,003	0,5	0,003 / 0,5 = 0,006
Итоговое суммарное годовое повреждение (*TYD*)	–	–	–	0,8226

Максимально допустимое время эксплуатации t_x (до полного исчерпания ресурса, когда сумма повреждений достигнет 100 %) рассчитывается по формуле

$$t_x = 100 / TYD = 100 / 0{,}8226 \approx 121{,}56 \text{ лет.}$$

Полученное значение (более 120 лет) свидетельствует о том, что при данных условиях эксплуатации трубопровод имеет огромный запас прочности. Для условий наружного холодного водоснабжения с давлением, не превышающим номинальное (и лишь кратковременно его слегка превышающим), механизм усталостного разрушения по правилу Майнера не является лимитирующим. Реальный срок службы трубопровода из материала ПЭ 100 при температуре транспортируемой воды 10 °С будет ограничиваться не правилом Майнера, а другими механизмами разрушения, которые необходимо рассматривать отдельно:

– деградация полимера;

– распространение трещин;

– внешние механические повреждения (земляные работы, просадки грунта).

Выводы. Применение методики, приведенной в ГОСТ [1], к наружным сетям холодного водоснабжения показывает, что при корректном выборе *SDR* (класса давления) и отсутствии систематических гидроударов, накопление усталостных повреждений трубопроводов весьма мало. Расчет подтверждает, что основными факторами, влияющими на надежность полимерных наружных сетей, являются качество монтажа, внешние факторы и долговременная химическая стойкость, а не циклическое изменение давления воды в трубопроводе.

Список литературы

1 Трубы из пластмасс для транспортирования жидкостей под давлением. Правило Майнера. Метод расчета накопленного повреждения : ГОСТ ISO 13760-2024. – Введ. 29.11.2024. – Минск : Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2024. – 8 с. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data/845/84540.pdf?ysclid=mflioz13fx109124102 (дата обращения: 10.02.2026).

2 Трубы напорные из термопластов и соединительные детали к ним для систем водоснабжения и отопления. Общие технические условия = Трубы напорныя з тэрмапластаў і злучальныя дэталі да іх для сістэм водазабеспячэння і ацяплення. Агульныя тэхнічныя ўмовы : ГОСТ 32415-2013. – Введ. РБ 01.03.16. – Минск : Госстандарт, 2016. – 73 с.

УДК: 628.3.036:662.6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД

И. А. САЛЯНКО

Белоруский государственный университет транспорта, г. Гомель, ila80112@gmail.com

Актуальность. Проблемы утилизации осадков сточных вод (ОСВ) связаны с постоянным ростом количества сточных вод, причем в городских условиях величина этих отходов составляет от 30 до 45 % от общего количества отходов. Для их хранения и складирования необходимы свободные территории вблизи городов, ресурсы для строительства и эксплуатации очистных сооружений, в противном случае это приводит к экологическому ущербу для окружающей среды. С другой стороны, осадки сточных вод могут быть использованы в качестве альтернативных источников энергии. Размещение осадков сточных вод на иловых площадках требуют значительных площадей рядом с источниками загрязнения [1].

ОСВ более чем на 50 % состоит из органических веществ, что определяет возможности использования в качестве возобновляемого энергетического ресурса для выработки тепла и электроэнергии [2].

Цель работы. Оценка и сравнение эффективности различных методов использования энергетического потенциала осадка сточных вод, таких как пиролиз, сжигание и анаэробное сбраживание.

Основные результаты. Сжигание представляет процесс полного окисления органических веществ при высоких температурах (850–1100 °С).

Перед сжиганием необходимо максимально снизить содержание влаги в осадке путем механического обезвоживания. Обезвоженный осадок перед сжиганием подвергается термической обработке, включающей нагрев материала, испарение влаги и выделение летучих веществ. К оборудованию для