

4 **Кудина, Е.Ф.** Применение волокнистых материалов в технологиях очистки воды / Е.Ф. Кудина // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; редкол. : Е.Ф. Кудина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 42–47.

5 **Вострова, Р.Н.** Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р.Н. Вострова, Д.В. Макаров // Вестник Брестского государственного технического университета. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012. – № 2. – С. 43–45.

## **PROSPECTS FOR USE OF PRODUCTION WASTE FOR WASTEWATER TREATMENT**

*K.V. DUBOVIK, A.E. BASHARIMOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.11:004.94

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОСТИ РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ ГОРОДСКОЙ СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*А.В. ЕВДОКИМОВА, К.В. ЖУРО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,*

Поддержание высокой работоспособности систем водоснабжения и водоотведения (т. е. своевременное и эффективное техническое обслуживание, ремонт и реконструкция трубопроводов и оборудования) остается для городских коммунальных служб приоритетным [1].

Находящиеся в эксплуатации водопроводные и водоотводящие трубопроводы подвергаются как естественному старению, так и преждевременному износу, что требует их восстановления или санации. Восстановление предполагает проведение ремонтных работ на всем протяжении поврежденного участка трубопровода, а санация – проведение пространственно ограниченных ремонтно-восстановительных работ на отдельных участках трубопроводов, включая сооружения и арматуру на сети (колодцы, задвижки и т. д.). В результате санации участку трубопровода придается требуемая механическая прочность, полное восстановление структуры (отсутствие дефектов по длине труб и в местах стыковок) и соблюдение проектной пропускной способности (установленных гидравлических параметров). В свою очередь, под восстановлением структуры трубопровода следует понимать ликвидацию дефектов:

- структурных (например, свищей, сквозных отверстий, микротрещин и других повреждений, которые провоцируют экс- и инфильтрацию);
- вызванных некачественным монтажом труб при их укладке в траншеи (например, деформаций труб);

– вызванных временными факторами (например, старением) и неудовлетворительной эксплуатацией системы водоснабжения и водопроводных сетей (например, появлением ржавчины на внутренних стенках труб, биообрастаний, бугристых наростов в виде уплотненных окислов железа, марганца и извести, инородных включений, проникающих в трубопроводы при любом вмешательстве извне, – сварке, ремонте и замене запорно-регулирующей арматуры и т. д.).

Под отказом участка трубопровода понимается событие, заключающееся в нарушении его работоспособности, при котором необходимо отключение трубопровода на ремонт с выполнением раскопочных работ [2].

Отказы трубопроводов возникают из-за ряда причин:

– неправильного выбора материала труб для конкретных условий строительства, класса их прочности, отвечающего фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод;

– несоблюдения технологии производства работ по укладке и монтажу трубопроводов;

– отсутствия необходимых мер по их защите от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды;

– неправильного выбора типа трубопроводной арматуры и других факторов.

Нарушения работы трубопроводов городской водопроводной сети, препятствующие нормальному выполнению заданных функций, обуславливаются различными случайными событиями. Единственным путем оценки возможности появления таких событий, закономерностей их возникновения и повторения являются сбор и обработка статистических сведений по эксплуатации сети. Эти сведения позволяют установить численно вероятность возникновения случайных событий, которые могут привести к отказу участка трубопровода и нарушению нормального функционирования сети в целом.

Решение о необходимости восстановления (санации) или обновления (перекладки) конкретного участка трубопровода должно приниматься на основании оценки технической и экономической целесообразности дальнейшей эксплуатации участка трубопровода и с учетом опыта эксплуатации.

Анализ электронной планшетной карты аварийности трубопроводов городской водопроводной сети позволяет выбрать планшет с максимальной аварийностью трубопроводов.

В пределах планшета функционирование базы данных позволяет выполнить ранжирование участков трубопроводов по приоритетности их восстановления и сформировать списки и паспорта потенциальных объектов восстановления, т. е. участков трубопроводов городской водопроводной сети от колодца до колодца.

Необходимо отметить, что выбор характерных для городов первоочередных объектов восстановления (санации) протяженной водопроводной сети в условиях эксплуатации, значительная часть трубопроводов, которых, как пра-

вило, исчерпала нормативный срок службы и имеет высокий риск возникновения аварий, является сложной многофакторной задачей. Для ее решения может использоваться математический аппарат (теории графов) и методы математической статистики.

Современная концепция подхода к определению первоочередного объекта реабилитации трубопроводов городской водопроводной сети базируется на выделении и количественном и качественном определении приоритетного базового (основного) фактора, которым служит его надежность, а также комплексной оценки значительного количества косвенных факторов, влияющих на показатели надежности участков трубопроводов в реальных условиях эксплуатации [3].

К основным косвенным факторам, влияющим на уровень надежности трубопровода и, следовательно, на риск возникновения его отказа, относятся: год укладки трубопровода; диаметр трубопровода (в том числе толщина стенок); наличие защиты от электрокоррозии; гидравлические характеристики (скорость, коэффициент гидравлического трения); давление (напор) воды; глубина заложения трубопровода; качественные показатели транспортируемой воды; тип (характер) грунтов; наличие подземных вод; интенсивность транспортных и пассажиропотоков вблизи объекта потенциальной реновации водопроводной сети; плотность населения вблизи объекта потенциальной реновации и другие.

Влияние косвенных факторов на базовый, к которому отнесена надежность участка трубопровода. Определение их рангов приоритетности по балльной системе производится с помощью математической модели (теории графов) посредством составления матриц доминирования, устанавливающих общую связность (т. е. наличие или отсутствия связей вершин графа) всех элементов системы с учетом множества возможных сочленений и выявлении ранга доминирования или значимости. При этом значимость каждого из описанных факторов определяется количеством связей с подобными ему из числа перечисленных и основным фактором.

Таким образом, приоритетными среди выбранных на первом этапе потенциальных участков трубопроводов для проведения восстановительных работ будут считаться те участки сети, где суммы баллов составляют максимальные значения. Данной процедурой завершается второй этап, который позволяет сузить рамки исходной многофакторной задачи, обобщив всю имеющуюся информацию по косвенным факторам и выделив ограниченное число потенциальных для восстановления, т. е. неблагоприятных в техническом отношении участков.

### Список литературы

1 Невзорова, А.Б. Определение физического износа систем водоснабжения зданий 1990-х годов постройки / А.Б. Невзорова // С.О.К. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2021. – № 10. – С. 25–27.

2 **Иванов, О.И.** Водоснабжение в системе территориального планирования / О.И. Иванов // АБС. – № 1(38). – 2020. – С. 20–30.

3 **Москвитин, Б.А.** Оборудование водопроводных и канализационных сооружений / Б.А. Москвитин, Г.М. Мирончик, А.С. Москвитин. – М. : Стройиздат, 1984. – 200 с.

## **PRIORITIZATION OF REPAIR OF PIPELINES OF THE CITY WATER SUPPLY NETWORK**

*A.V. EVDOKIMOVA, K.V.ZHURO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 626.80:502.51

## **СБЕРЕЖЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*К.В. ЕФИМЧИК, Е.Ф. КУДИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,  
efim\_by@mail.ru*

Вода является основой жизни на Земле и необходимым компонентом жизнедеятельности человека. Однако (по данным ООН) [1, 2]:

- 1,1 миллиарда людей не имеют доступа к чистой питьевой воде;
- 2,2 миллиона людей в мире ежегодно умирают от недостатка питьевой воды и отсутствия должных санитарно-гигиенических условий;
- около 6000 детей погибают ежедневно от болезней, связанных с недостатком чистой питьевой воды;
- 90 % сточных вод в странах не подвергаются очистке.

Качество воды является в настоящее время основной проблемой. Причина тому – загрязнение, связанное с ростом ее промышленного и бытового потребления. Считается, что при увеличении населения в два раза потребление пресной воды возрастает в пять раз. Потребности в чистой воде стран Европы оцениваются в 306 млрд м<sup>3</sup>/г., а стран СНГ – 260 млрд м<sup>3</sup>/г. [1]. По данным Европейской комиссии ООН, государство, водные ресурсы которого на одного человека составляют менее 1500 м<sup>3</sup>, считается водообеспеченным. Удельная величина водообеспеченности на одного жителя России составляет 25400, Беларуси – 3300, Франции – 2900, Польши – 1400 м<sup>3</sup>.

Учитывая, что пресная вода является важным элементом жизни, устойчивое развитие любой страны требует рационального подхода к использованию ограниченных мировых ресурсов пресной воды. Экологические проблемы не имеют государственных границ. В настоящее время уже не обойтись без общепланетарных дискуссий для разработки эффективного плана действий по сохранению природной среды.