
ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРОДОВ ИРАКА И ПОКАЗАТЕЛИ ИХ НАДЕЖНОСТИ

Харун Махмуд, Тами Аль-Харамии

Российский университет дружбы народов
ул. Орджоникидзе, 3, Москва, Россия, 115419

Эксплуатация, обследование и ремонт трубопроводов водоотведения характеризуются повышением ответственности за их техническое состояние и качество выполняемых работ. Это дает возможность более эффективно использовать экономические, материально-технические и трудовые ресурсы при эксплуатации трубопроводов.

Ключевые слова: канализация, повреждения, надежность, трубопровод, эксплуатация.

Трубопроводы инфраструктурных сетей жизнеобеспечения Ирака находятся в очень тяжелом техническом состоянии. Во многих местах канализационные колодцы разрушены, крышки люков разбиты, трубы имеют значительные и разные по видам повреждения и не всегда способны транспортировать сточные воды. В результате сточные воды фильтруются в подстилающий грунт, загрязняя подземные воды, или выходят на поверхность, образуя относительно большие для городской застройки болота, из которых по кюветам или промоинам стекают в сторону понижения рельефа. При этом сточные воды загрязняют водные объекты и земельные угодья, а испарения с поверхности образовавшегося болота загрязняют воздушное пространство города.

Неудовлетворительное техническое состояние сетей канализации является одной из важнейших причин напряженной экологической обстановки в городах, что особенно важно для условий жаркого климата [1—3].

Города Ирака не одинаково оснащены инженерными системами жизнеобеспечения, в частности системами канализации. Большие города (более 200 тыс. жителей) оснащены централизованными системами хозяйственно-бытовой и дождевой канализации. Население, проживающее в малоэтажных секторах города, пользуется вывозной канализацией. В городах с населением до 200 тыс. человек, где застройка состоит из одно-, двухэтажных зданий, применяется, как правило, централизованная дождевая канализация (водосток) и вывозная хозяйственно-фекальная канализация из выгребных ям. Системами централизованной сплавной хозяйственно-бытовой канализации малые города Ирака не оснащены [4].

В связи с тем, что различные города Ирака имеют разные системы жизнеобеспечения, авторами выполнено натурное обследование сетей хозяйственно-бытовой канализации в г. Эд-Дивания и в г. Хилла и сетей дождевой канализации в городах Аль-Шомали, Эль-Мухауиль и Аль-Машруа. В рамках исследования обобщены данные об отказах, характерных для конструктивных элементов, работающих в климатических и организационно-политических условиях Ирака.

Системы хозяйственно-бытовой канализации в г. Хилла и Эд-Дивания реализованы по древовидной схеме самотечного принципа, которая характеризуется двумя недостатками:

— невозможностью управления потоками между бассейнами канализования, что не позволяет решать задачи оптимизации затрат на эксплуатацию сети;

— низким уровнем надежности из-за наличия только одного направления транспортировки сточных вод до очистных сооружений с последующим выпуском в водный объект.

Трубопроводы сетей водоотведения в г. Хилла и Эд-Дивания, как и в других городах Ирака, находятся в очень плохом техническом состоянии.

К анализу приняты данные о техническом состоянии участков канализационных трубопроводов, выполненных из труб одного диаметра и одинакового материала. Керамические трубопроводы $\varnothing 200$ мм представляют собой основную часть сети хозяйственно-бытовой канализации в г. Хилла и Эд-Дивания. Обследование районных участков канализационной сети из керамических трубопроводов $\varnothing 200$ мм в г. Хилла и Эд-Дивания позволило составить перечень наиболее часто встречающихся повреждений и выявить основные проблемы их эксплуатации.

Наибольшее количество повреждений приходится на механические повреждения (проломы, трещины и пр.) — 61 и 59,7%, зарастание корнями растений — 6 и 4,5%, расхождение и смещение стыков — 21 и 28,4%, засорные пробки — 12 и 7,5%.

Для формирования научно обоснованного суждения о возможности экстраполяции полученных результатов на трубопроводы сетей водоотведения в других городах выполнена статистическая обработка данных методами ранговой корреляции. Установлено, что данные обследования технического состояния керамических труб $\varnothing 200$ мм в г. Хилле и Эд-Дивания при уровне значимости $\alpha = 0,05$ взаимно независимы и статистически однородны.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что в городах Хилла и Эд-Дивания с вероятностью $P = 0,95$ керамические трубопроводы $\varnothing 200$ мм находятся в статистически одинаковом техническом состоянии. Это значит, что определяя показатели надежности указанных трубопроводов в одном городе, можно с соответствующей уверенностью полагать, что такие же показатели характерны и для керамических трубопроводов $\varnothing 200$ мм в другом городе.

Интенсивность отказов изменяется от $\lambda_{\min} = 0,15 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$ до $0,62 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$

при среднем значении $0,40 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$ для участка трубопровода $\varnothing 200$ мм.

Вероятности безотказной работы данного участка сети водоотведения составляют $P_{\min} = 0,54$; $P_{\max} = 0,86$; $P_{\text{ср}} = 0,68$.

В связи с тем, что система водоотведения имеет древовидную схему реализации, вероятностные показатели безотказности при оценке надежности участков сети могут быть приняты достаточными. Это обусловлено тем, что при древовидной

схеме сети водоотведения нет возможности резервирования участков трубопроводов или перераспределения потоков по перемычкам. В этих условиях работоспособность участка сети достаточно оценить по принципу «отказал-не отказал» [4].

Для оценки уровня надежности трубопроводов сети водоотведения определено изменение вероятности безотказной работы и вероятности отказа в пятилетней прогнозной перспективе, которое показало, что при существующих темпах восстановления поврежденных участков сети, замены и ремонта трубопроводов канализационная система может остановиться полностью и что вероятность отказа достигнет своего критического значения уже через три-четыре года.

В городах Эль-Мухауиль, Аль-Машруа и Аль-Шомали население пользуется вывозной системой канализации, так как в этих городах системы хозяйственно-бытовой канализации сплавного типа не построены. В указанных городах существуют сети дождевой канализации, которые по различным причинам очень часто не выполняют свои функции. Для обоснованного суждения о техническом состоянии сетей водоотведения в указанных городах выполнены соответствующие обследования и дана оценка их надежности. В городах Эль-Мухауиль, Аль-Шомали и Аль-Машруа водосточная сеть выполнена по древовидной схеме преимущественно из керамических труб $\varnothing 160$, $\varnothing 200$, $\varnothing 250$ —500 мм и работает по самотечному принципу. По данным анализа записей в журналах регистрации работ, на сети установлены количественные показатели повреждений на трубопроводах.

В г. Эль-Мухауиль наибольшее количество повреждений происходит из-за расхождения стыков труб — 55%. Отложение осадка и образование наносов составляет 39% от общего количества повреждений, кольцевые проломы — 6%.

В г. Аль-Шомали наибольшее количество повреждений приходится на механические разрушения — 50%. Грязь и отложение осадков, засорные пробки составляют 13%, расхождение и смещение стыков — 28%, зарастание корнями — 9%.

В количественном отношении повреждения в г. Аль-Шомали существенно отличаются от числа повреждений в г. Эль-Мухауиль, однако по числу повреждений на 1 км длины трубопровода показатели сопоставимы и, по предварительной оценке, равнозначны.

В г. Аль-Машруа наиболее часто встречающимися повреждениями являются грязь, отложения осадков и засорные пробки — 21%, механические повреждения — 52%, зарастание корнями — 7%, расхождение стыков — 21%.

Известно, что условия функционирования инфраструктурных систем жизнеобеспечения в городах любой страны не одинаковы. В то же время для этих систем могут быть общие или статистически однородные проблемы и особенности. Для обоснованного суждения о возможности обобщения показателей надежности водоотводящих трубопроводов в этих городах необходима соответствующая статистическая обработка данных. Установлено, что керамические трубы в городах Аль-Шомали, Эль-Мухауиль и Аль-Машруа характеризуются взаимной независимостью и статистической однородностью повреждений при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Следовательно, показатели надежности, определенные для одного из городов, могут быть экстраполированы на условия других городов из этой группы.

На рис. 1 представлены диаграммы изменения интенсивности отказов керамических трубопроводов дождевой канализации в городах Аль-Шомали, Аль-Машруа и Эль-Мухауиль.

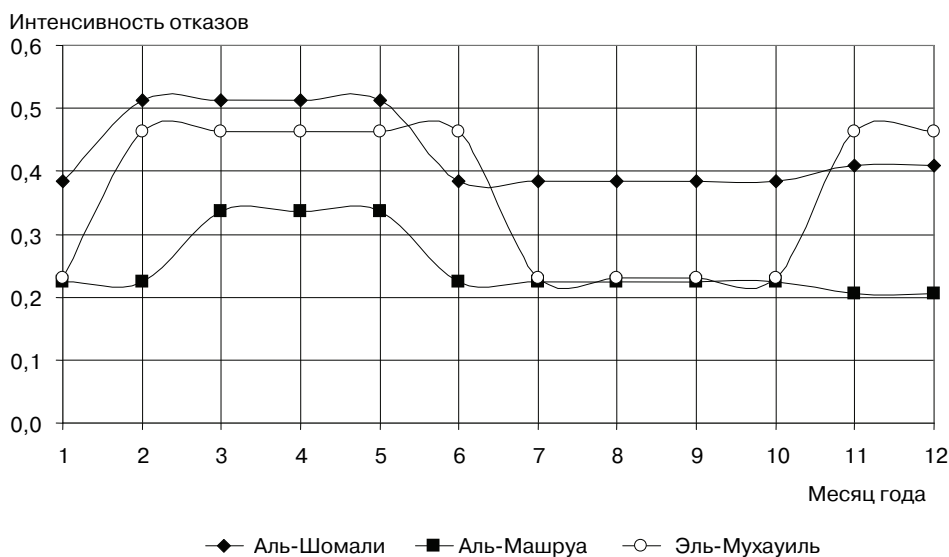


Рис. 1. Изменение интенсивности отказов керамических трубопроводов дождевой канализации в гг. Аль-Шомали, Аль-Машруа и Эль-Мухауиль

Из рис. 1 видно, что интенсивность отказов керамических трубопроводов водосточных сетей в г. Аль-Шомали, Аль-Машруа и Эль-Мухауиль близки по абсолютным значениям, что подтверждает вывод об однородности их технического состояния. Это позволяет утверждать, что показатели надежности трубопроводов сетей водостока в этих городах однородны.

Системы водоотведения относятся к восстанавливаемому инженерному оборудованию, которое ремонтируют по мере отказов (выхода из строя). Для обоснования расчетной модели, которую можно предложить к использованию при диагностике и управлении эксплуатацией канализационных трубопроводов, рассмотрена система дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -\sum_{i=1}^n \lambda_i P_0(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n \lambda_i P_0(t) \end{cases}, \quad (1)$$

где $P_0(t)$ — вероятность нахождения участка канализационного трубопровода в рабочем состоянии (0) по истечении времени t с начала эксплуатации; $P_1(t)$ — вероятность нахождения участка канализационного трубопровода в состоянии отказа (1); λ — интенсивность отказов.

С использованием преобразования Лапласа, с учетом того, что в начале процесса эксплуатации трубопровод был в рабочем состоянии (0), т.е. $P(0) = 1$,

а $P_1(0) = 0$, а в процессе эксплуатации трубопровод после отказа восстанавливается, находим, что расчетная система имеет вид

$$\frac{dP_i}{dt} = \lambda_{i-1}P_{i-1}(t) - (\lambda_i + \mu_i)P_i(t) + \mu_{i+1}P_{i+1}, \quad (2)$$

где $\lambda_{-1} = \lambda_n = \mu_0 = \mu_n = \mu_{n+1} = 0; 0 \leq i \leq n; \sum_{i=1}^n P_i(t) = 1; i$ — номер состояния участка трубопровода; 0 — состояние, когда трубопровод исправлен; n — общее число возможных состояний трубопровода; λ_i, μ_i — интенсивность отказа, ремонта трубопровода в i -м состоянии.

Тогда вероятность безотказной работы канализационного трубопровода определяется по формуле

$$P_i(t) = \lambda_{i-1}P_{i-1} - (\lambda_i + \mu_i)P_i(t) + \mu_i P_i(t). \quad (3)$$

На рис. 2. представлены диаграммы изменения вероятности безотказной работы керамических трубопроводов водосточных сетей в пятилетней перспективе.

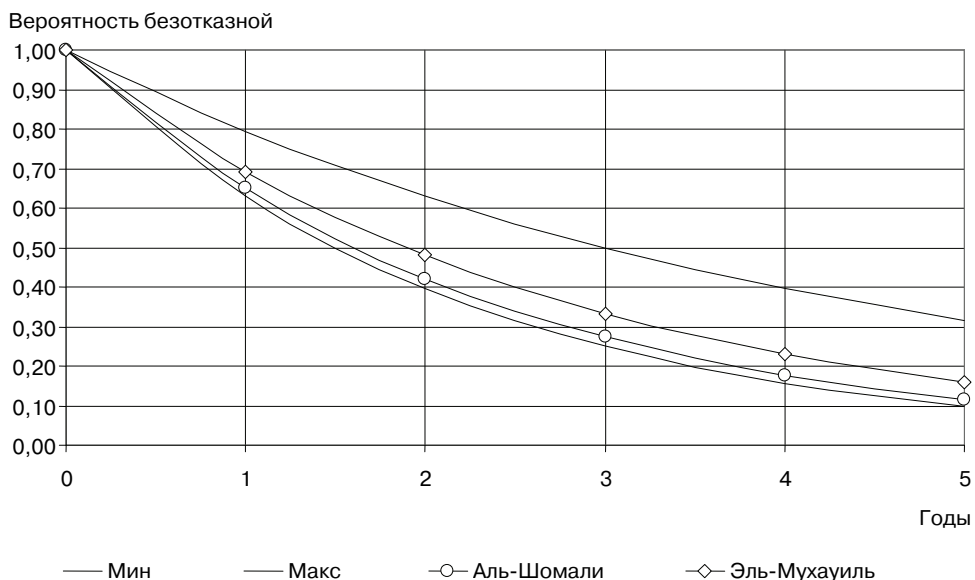


Рис. 2. Изменение безотказности керамических трубопроводов водосточных сетей в пятилетней перспективе

Из рис. 2. видно, что при существующих условиях и методах эксплуатации водоотводящих сетей в городах Эль-Мухауиль и Аль-Шомали системы водостока могут выйти из строя уже через два-три года.

В связи с тем, что техническое состояние трубопроводов сетей водостока в городах Эль-Мухауиль, Аль-Машруа и Аль-Шомали статистически однородны с уровнем значимости $\alpha = 0,05$, можно полагать, что вероятность безотказной работы в г. Аль-Машруа составляет в среднем $P^*_{cp} = 0,65—0,70$.

В перспективе предложенный метод позволит прогнозировать риск появления аварий на трубопроводной сети системы водоотведения.

Таким образом, в результате исследований установлено следующее.

Техническое состояние трубопроводов сетей хозяйственно-бытовой канализации в городах Хилла и Эд-Дивания статистически однородно с обеспеченностью $\alpha = 0,05$, а вероятность безотказной работы составляет: $P^*_{\min} = 0,47—0,50$; $P^*_{\max} = 0,86—0,87$; $P^*_{\text{cp}} = 0,68—0,70$ при интенсивности отказов $\lambda^*_{\min} = 0,14—0,15 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$; $\lambda^*_{\max} = 0,68—0,70 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$; $\lambda^*_{\text{cp}} = 0,38—0,40 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$.

Техническое состояние трубопроводов водосточных сетей в городах Эль-Мухауиль, Аль-Шомали и Аль-Машруа статистически однородно с обеспеченностью $\alpha = 0,05$, а вероятность безотказной работы составляет: $P^*_{\min} = 0,60—0,63$; $P^*_{\max} = 0,68—0,69$; $P^*_{\text{cp}} = 0,65—0,70$ при интенсивности отказов $\lambda^*_{\min} = 0,21—0,23 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$; $\lambda^*_{\max} = 0,46—0,51 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$; $\lambda^*_{\text{cp}} = 0,25—0,37 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}}$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Тейшейра П.Д., Свинцов А.П.* Оценка технического состояния канализационных трубопроводов г. Луанда // Вестник РУДН. Серия «Строительство». — 1999. — № 1. — С. 52—55.
- [2] *Квартенко В.С., Свинцов А.П.* Экологические проблемы водоснабжения населения // Экология и промышленность России. — 2008. — № 11. — С. 63—67.
- [3] *Свинцов А.П., Квартенко В.С.* Водопотребление и водоснабжение в жилищном фонде // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 10. — С. 35—38.
- [4] *Свинцов А.П., Аль-Харамии Тами.* Оценка надежности трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения в городах Ирака // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2011. — № 2. — С. 5—10.

STATE INFRASTRUCTURE OF LIFE MAINTENANCE OF THE CITIES OF IRAQ AND THEIR RELIABILITY INDICATORS

Kharun Makhmud, Al-Harami Tami

Peoples Friendship University of Russia
Ordshonikidze str., 3, Moscow, Russia, 115419

Maintenance, inspection and repair of drainage pipes are characterised by increased responsibility for their technical condition and quality of work. This allows more efficient use of economic, logistical and human resources in the maintenance of pipelines.

Key words: drainage, damage, reliability, pipes, maintenance.