

*д.т.н. Дрозд Г.Я.,
к.т.н. Хвортова М.Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Приведені результати теоретичних досліджень надійності каналізаційних трубопроводів, виконана класифікація каналізаційних колекторів за ступенем їх потенційної аварійності, визначена вірогідність безвідмовної роботи залізобетонних трубопроводів з урахуванням фізичного зносу, техногенних дій і дефектів виготовлення.

Ключові слова: каналізаційні трубопроводи, надійність, вірогідність, корозія, аварія.

Приведены результаты теоретических исследований надежности канализационных трубопроводов, выполнена классификация канализационных коллекторов по степени их потенциальной аварийности, определена вероятность безотказной работы железобетонных трубопроводов с учетом физического износа, техногенных воздействий и дефектов изготовления.

Ключевые слова: канализационные трубопроводы, надежность, вероятность, коррозия, авария.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Канализационные системы в Украине обладают низкой эксплуатационной надежностью. Этим объясняется значительный рост аварийности водопроводно-канализационных объектов. Как правило, следствием аварий являются социальные, технические и экологические проблемы, требующие ликвидации в кратчайшие сроки.

Эффективным решением проблемы безопасной эксплуатации канализационных систем и минимизации риска аварий и повреждений является предварительная оценка надежности на стадии проектирования, строительства и эксплуатации.

Анализ исследований и публикаций.

Ранее проведенными исследованиями [1, 2, 3] было отмечено, что основными факторами, обуславливающими повреждение конструкций трубопроводов, являются внешние воздействия (различного вида нагрузки, просадки и неоднородность грунтов основания), внутренние механические и коррозионные воздействия (абразивный износ, техногенное загрязнение грунта, эксплуатационная среда), ошибки при проектировании, изготовлении конст-

рукций, строительстве, эксплуатации и превышение сроков нормативного периода эксплуатации.

Целью исследования является разработка классификации канализационных коллекторов по степени их надежности и аварийности и обоснование методики расчета вероятности безотказной работы трубопроводов.

Для дифференциации к подходу долговечности и надежности в таблице 1 предлагается выполнить классификацию канализационных коллекторов по степени их потенциальной аварийности.

Согласно приведенной классификации коллекторы, в которых возможно образование сероводородной газовой среды, что является причиной малых сроков безаварийной эксплуатации вследствие коррозии и значительных техногенных последствий в результате аварий, относятся к I классу аварийности. К категории Ia относятся сооружения, эксплуатирующиеся в агрессивной среде (биологический фактор), в которых конструктивные особенности способствуют снижению долговечности и, как следствие, повышению риска аварий.

Для конструкций, отнесенных к категории Iб, Iв на стадиях проектирования и строительства должны быть предусмотрены мероприятия, снижающие влияние агрессивной среды эксплуатации (конструктивные решения, антикоррозионная защита или мероприятия, снижающие степень агрессивности эксплуатационной среды).

К классу II отнесены все виды трубопроводов, потенциально подверженных физико-механическому влиянию на отдельных участках. Для обеспечения безаварийной работы сооружений, отнесенных к II, следует предусмотреть повышенные требования к конструкциям, выполненных из традиционных материалов.

К III классу отнесены все виды трубопроводов, потенциально поддающихся случайным механическим влияниям или внешней коррозии. При проектировании сооружений, отнесенных к III классу, возможно использование традиционных материалов и технологий.

На рисунке 1 приведены характерные повреждения трубопроводов, отнесенных в соответствии с предлагаемой классификацией к различным классам аварийности. Некоторые виды повреждений, связанных с производственными дефектами, приведены на рисунке 2.

Таблица 1 – Классификация канализационных коллекторов по степени аварийности

Классы		I класс	II класс	III класс
Характеристика		Высокая вероятность биологического фактора коррозии, масштабные последствия аварии	Повреждения и аварии вследствие физико-механического влияния на отдельных участках	Случайные механические и коррозионные повреждения на отдельных участках
Признаки	Конструктивные	А В начале коллектора размещен напорный трубопровод; самотечный коллектор имеет перепады или быстротоки	Наличие наземных или надземных участков трубопровода; наличие преград (реки, дороги, другие трубопроводы)	Обычная конструкция и условия по длине трубопровода
	Условия	Б Стоки с органическими веществами при ХПК ≥ 350 мг/л или сульфиды ≥ 1 мг/л	На отдельных участках техногенное влияние (подработки, ударные или вибрационные нагрузки, слабые грунты)	Наличие на трассе коллектора агрессивных грунтов или блуждающего тока
Категория		I – признаки А и Б I – только А I – только Б	II – признаки А и Б II – только А II – только Б	III – признаки А и Б III – только А III – только Б

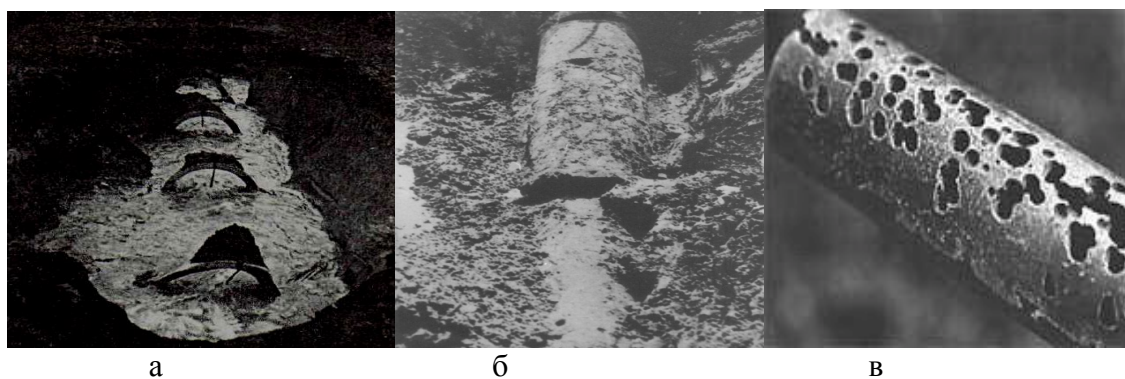


Рисунок 1 – Повреждения, характерные для I (а), II (б) и III (в) классов аварийности



а) заводской брак; б) монтажный брак ; в) монтажные механические повреждения.

Рисунок 2 – Виды производственных дефектов

Упреждение аварийных ситуаций затрудняется из-за отсутствия информации о уровнях надежности участков системы трубопроводов.

Отказы трубопроводов вызваны:

- отказами от внешних воздействий;
- отказами от производственных дефектов;
- отказами физического износа.

Основой для определения надежности систем трубопровода являются проектные материалы, срок эксплуатации, материалы обследований, данные о техногенных процессах, материал и диаметр труб, толщина стенок, глубина заложения трубопровода, геологические условия, уклоны, скорости транспортирования жидкостей, наличие агрессивных сред, абразивных компонентов.

Расчет вероятности безотказной работы участка трубопровода $P(t)$ выполняется по формуле (1)

$$P(t) = P_T(t) + P_c(t), \quad (1)$$

где $P_T(t)$ – вероятность безотказной работы трубопроводов при учете только техногенных воздействий, $P_c(t)$ - вероятность безотказной работы трубопроводов при учете только физического износа в период эксплуатации.

Отказы, вызванные техногенными воздействиями, не зависят от предыдущей безотказной работы системы и не связаны с физическим износом. Вероятность безотказной работы в этом случае описывается экспоненциальным законом

$$P_T(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где λ – интенсивность отказов, t – время работы системы.

Число отказов, вызванных физическим износом трубопроводов в процессе эксплуатации, связана с предыдущими периодами работы трубопроводов и с течением времени растет. Подобные отказы описываются двухпараметрическим законом нормального распределения вероятностей (законом Гаусса).

$$P_c(t) = F_0 \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n} \right) \text{ при } \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n} \right) > 0, \quad (3)$$

$$P_c(t) = 1 - F_0 \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n} \right) \text{ при } \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n} \right) < 0, \quad (4)$$

где α_n , σ_n - проектные значения параметров нормального распределения, $F_0 \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n} \right)$ - табулированная функция нормального распределения.

Отказы трубопроводов от производственных дефектов имеют обратную направленность относительно отказов старения – от максимального количества отказов при пуске трубопроводов к постепенному уменьшению их до нуля.

Схематически поток отказов трубопроводов приведен на рисунке 3.

Значения интенсивности отказов железобетонных канализационных трубопроводов различных диаметров (по результатам обследований) приведены в таблице 1.

На основе обработки данных обследований работы железобетонных трубопро-

водов диаметром 600 мм с использованием зависимостей (2-4) построены графики вероятности безотказной работы железобетонного трубопровода диаметром 600 мм в зависимости от физического износа (старения), техногенных (внешних) воздейст-

вий и производственных дефектов (рисунок 4,а). Интегральный график вероятности безотказной работы железобетонного трубопровода приведен на рисунке 4,б.

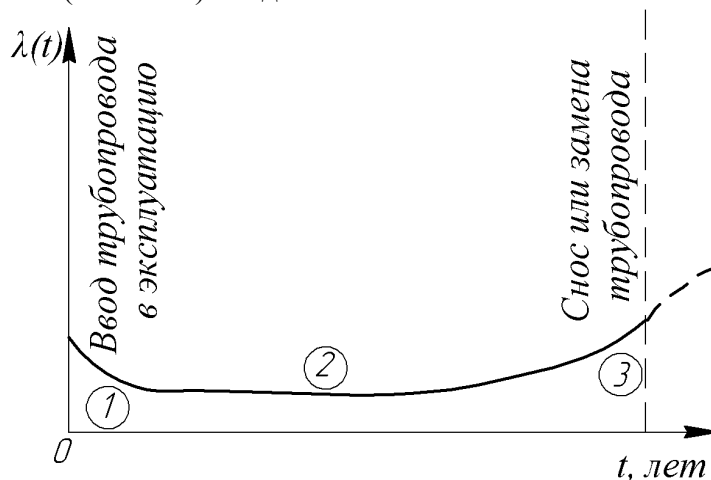


Рисунок 3 – Суммарный поток отказов трубопроводов:
1 – отказы от дефектов изготовления; 2-отказы от внешних воздействий;
3- отказы от физического износа.

Таблица 1 – Интенсивность отказов железобетонных трубопроводов

Диаметр, мм	Интенсивность отказов, λ , 1/км · год	Диаметр, мм	Интенсивность отказов, λ , 1/км · год
600	0.10	1600	0.05
800	0.10	2000	0.03
1000	0.08	3600	0.005

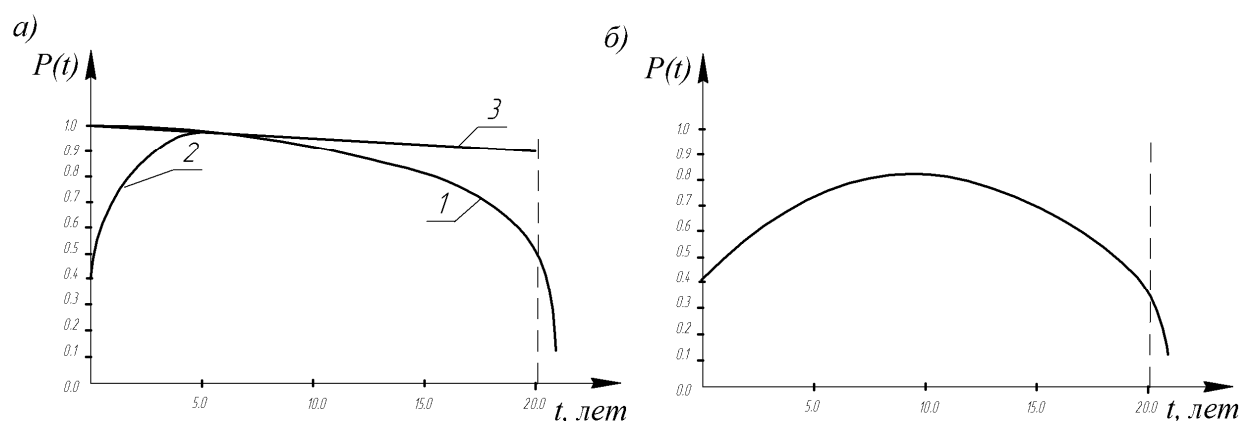


Рисунок 4 - Графики вероятностей безотказной работы железобетонного трубопровода:
1 – в зависимости от физического износа (старения); 2- от производственных дефектов;
3 – от внешних воздействий.

Выводы

1. Предложен дифференцированный подход к определению надежности канализационных коллекторов в зависимости от степени их аварийности, условий эксплуатации и конструктивных особенностей.

2. Разработанный алгоритм расчета вероятности безотказной работы канализационных трубопроводов с учетом имеющихся дефектов и условий эксплуатации позволяет определить время безаварийной работы сооружений.

Библиографический список

1. Дрозд Г.Я. Канализационные трубопроводы: надежность, диагностика, санация / Г.Я. Дрозд, Н.И. Зотов, В.Н. Маслак ; НАН Украины, Ин-т экономики промышленности. - Донецк : 2000. - 259 с.

2. Дрозд Г.Я. Про необхідність удосконалення вітчизняних будівельних норм / Г.Я. Дрозд, М.І. Зотов, М.В. Ситниченко // Будівництво України. – 2003. - №1. – С. 31-33.

3. Дрозд Г.Я. О техническом состоянии канализационных сетей Украины / Г.Я. Дрозд, М.Ю. Хвортова // Водопостачання та водовідведення. – 2012. - №1. – С. 34-40.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Должиковым П.Н.