

Управление проектами реконструкции внешних трубопроводных сетей жилищно-коммунального хозяйства

Меженский А. Н.,

Луганский политехнический колледж ДонГАСА, г. Луганск

Уваров П. Е.

«Академпромжилреконструкция», г. Луганск

Приведены основные положения методики управления проектами на основе расчетных показателей надежности ресурса трубопроводов по их проектным материалам. Методика основана на трехкомпонентной модели суммарного потока отказов трубопровода.

В настоящее время общепризнанно, что сложившаяся практика проектирования эксплуатации трубопроводов водоподачи и водоотведения, основанная на принципах ликвидации аварий и их последствий, является многозатратной и малопроизводительной. Тем не менее, она имеет распространение и в развитых странах Западной Европы. Поэтому там ставятся задачи перехода к политике проектно-ориентированной на цель – результат “стратегического планирования и управления проектами реконструкции и капитального восстановления” не только внешних трубопроводных сетей, но и городских инфраструктур в целом. Такой подход на основе управления проектами является актуальным и для реконструкции и модернизации жилищно-коммунального комплекса Украины. Под управлением проектами внешних трубопроводных сетей будем понимать методологию организации, планирования и координации ресурсами на протяжении проектного цикла: создания, реализации (строительства и пуско-наладки), эксплуатации, рекон-

струкції і ліквідації, направлено на ефективне досягнення його цілей (життєдіяльності, життєспособності) путем застосування сучасних методів розрахунку, техніки і технології управління для досягнення визначених в проекті результатів по складу і обсягу робіт, вартості, часу, якості і задоволенню учасників проекту.

Одною з основних причин, що ускладнюють експлуатуваному підприємству реалізовувати систему управління проектами реновації і планово-предупредительних ремонтів трубопроводів, є відсутність інформаційної бази об рівнях надійності кожного ділянки мережі трубопроводів, обслуговуваних їм. Обмеженість інформації об зміні надійності трубопроводів з часом, смонтованих з тих інших видів труб, змушує експлуатувані організації проектувати реновацію зовнішніх мереж не в проектно-орієнтованому на результат - плановому порядку (за винятком ремонтів колодців і запорно-регулюючої арматури), а по мірі виявлення несправностей (відмов) на ділянках мережі, несучи суттєві втрати від строкості і не якості виконання аварійно-восстановительних робіт, і наслідків від переривів в водопостачанні або водоотведенні. Наявність розрахункової бази достовірних даних об надійності залишкового ресурсу трубопроводів дозволить планувати їх відновлення, звести до мінімуму невиробничі витрати в несприятливі для міста і ремонтно-будівельної організації періоди часу і скоротити загальні витрати на експлуатацію трубопроводних мереж водопостачання і водоотведення.

Таким чином, важливою передумовою для управління поведінкою проекту зовнішніх мереж і практичного втілення принципів проектно-орієнтованих на результат - планово-предупредительних заходів при експлуатації і реновації трубопроводів водопостачання і водоотведення є отримання обґрунтованої інформації об рівнях надійності залишкового ресурсу трубопроводних мереж. При наявності такої інформації з'являється можливість виявити ділянки, які мають найнижчі рівні надійності. Включення цих ділянок в перелік реновації і першочергових планово-предупредительних ремонтів і виконання цих ремонтів може повністю або в значительній мірі виключити виникнення аварій на трубопроводах в наступному плановому періоді.

Авторами розроблена методика управління параметрами проекту на основі розрахунків показників надійності ресурсу трубопроводів по їх проектним матеріалам. Методика ґрунтується на трьохкомпонентній моделі сумарного потоку відмов трубопровода. Цей потік складають три незалежних потоки:

- 1) відмови, викликані виробничими дефектами (не виявлені дефекти труб, з'єднань і т.д.);

- 2) стационарный поток отказов трубопровода от внешних природных и техногенных воздействий;
- 3) поток отказов, вызванных дефектами старения трубопровода. Каждому из этих видов отказов соответствует определенный закон распределения вероятностных событий, то есть отказов. Так, отказы по причине производственных дефектов могут быть описаны степенной функцией, используемой при моделировании процессов распада (в физике); поток отказов, возникающих от внешних воздействий на трубопровод, отображается экспоненциальным законом; отказы старения описываются нормальным законом распределения вероятностей (законом Гауса).

Указанная методика может быть эффективно использована в теории управления проектами реконструкции для расчетов остаточной надежности ресурса действующих трубопроводов водоподачи и водоотведения на каждый очередной планируемый год их эксплуатации. Полученные при расчетах показатели надежности всех участков сети будут являться основой для принятия решений об очередности и последовательности выполнения планово-предупредительных ремонтов. Из многих показателей надежности для оценки остаточной надежности трубопроводов достаточно определять один показатель — вероятность безотказной работы участка трубопровода на начало, середину и конец планового года $P(t)$, где t — время (в годах) от ввода трубопровода в эксплуатацию до расчетной даты. Расчеты целесообразно осуществлять с учетом только двух видов отказов - от дефектов старения и от внешних динамических воздействий, так как производственные дефекты обычно выявляются при пуско-наладочных работах во время испытаний трубопроводов и в первые годы их эксплуатации.

Основой для выполнения расчетов показателей вероятности безотказной работы участка трубопровода является следующая информационная база знаний и данных: проектные материалы, материалы обследований и паспортизации, статистические данные реестризации, данные СНиП о природных динамических процессах, статистические данные о техногенных процессах на трассе его расположения и другие источники информации. Исходными данными являются: материал и диаметр труб, толщина стенок труб, глубина заложения трубопровода, геологические условия по всей длине участка, уклоны, скорости транспортируемых жидкостей, наличие агрессивных сред внутри и вне трубопровода, наличие абразивных компонентов в стоках (для канализации), дата ввода участка в эксплуатацию.

Расчеты показателя надежности безотказной работы участка трубопровода $P(t)$ осуществляется по формуле (1):

$$P(t) = P_9(t) + P_c(t) - 1, \quad (1)$$

где: $P_9(t)$ — вероятность безотказной работы участка трубопровода с учетом отказов только от внешних динамических воздействий (природных и техногенных);

$P_c(t)$ — вероятность безотказной работы участка с учетом отказов по причине старения;

t — время (лет) от ввода участка в эксплуатацию до даты, для которой выполняется расчет.

Вероятность безотказной работы участка с учетом только внешних динамических воздействий определяется по формуле (2):

$$P_9(t) = e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где: λ — параметр экспоненциального распределения;

λ — число « λ », равное = 2,72. λ

Параметр λ может быть определен на основании обобщения статистических материалов о природных и техногенных динамических процессах на трассе трубопровода и (или) соответствующих экспертных оценках специалистов по формуле:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n v_i P_i + \sum_{j=1}^m \tau_j P_{tj}, \quad (3)$$

где: n — количество динамических природных процессов, проявляющихся на трассе участка трубопровода;

m — количество техногенных динамических процессов;

v_i — частота i -того природного процесса (1/год);

τ_j — частота j -того техногенного процесса (1/год);

P_i - вероятность возникновения отказа трубопровода при действии i -того природного процесса;

P_{tj} — вероятность появления отказа трубопровода при действии j -того

техногенного процесса. Величины v_i , τ_j , P_i , P_{tj} определяются преимущественно на основании экспертных оценок, статистических материалов и аналогов.

К основным природным динамическим процессам относятся: землетрясения (с разделением на группы по баллам); просадки грунтов; сдвиги поверхности грунта (на подрабатываемых территориях); сдвиги при оползнях; оседание земной поверхности (на карстовых территориях); образование провалов (на карстах); изменения нагрузки при наводнениях; размыв засыпки трубопровода и др.

К техногенным воздействиям на трубопроводы относятся: повреждения трубопроводов при взрывных работах вблизи трубопровода; повреждения трубопроводов при бестраншейных прокладках других трубопроводов; соприкосновения с трубопроводом землеройной и буровой техники и другие.

Вероятность безотказной работы участка трубопровода с учетом только дефектов его старения рассчитывается по формулам (4) и (5):

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

$$P_c(t) = 1 - F_0\left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right) \text{ при } \left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right) \ll 0; \quad (5)$$

где: α_n — проектное значение параметра α нормального распределения;

σ_n — проектное значение параметра σ нормального распределения;

$F_0\left(\frac{\alpha_n - t}{\sigma_n}\right)$ — табулированная функция нормированного нормального

распределения;

В общем виде α_n определяется по формуле (6):

$$\alpha_n = \frac{(a + 1) \cdot K^m}{K_\Gamma}, \quad (6)$$

где: K_Γ — коэффициент глубины заложения трубопровода (табличные данные);

m — показатель стойкости к разрушению и коррозии материала труб (табличные данные);

α — нормативное значение параметра нормального распределения отказов для данного типа труб (определяется по таблице);

K — коефіцієнт інтенсивності руйнування стенок труб.

Нормативні значення параметра α нормального розподілення, приведені в таблиці для різних типів труб, визначені на основі узагальнення існуючих в літературі даних про їх середні строки служби. В розрахунках надійності відновлюваних об'єктів параметр α відповідає середньому строку їх служби (T_{cp}), що виражається залежністю: $(T_{cp}) = \alpha$. Тому середні строки служби трубопроводів різних типів в нормальних умовах їх експлуатації визначають нормативні значення параметра α .

Коефіцієнт інтенсивності руйнування стенок труб визначається по формулі (7):

$$K = \frac{S}{\alpha(\delta + \delta_n)} \quad (7)$$

де: S — товщина стенок труб в мм (з таблиці);

δ — інтенсивність руйнування стенок труб від корозії, мм/год;

δ_n — інтенсивність руйнування стенок труб від абразивного износа.

Інтенсивність корозії δ стенок труб залежить від показателів агресивності рідин в трубопроводах (і в зовнішній ґрунтовій масі) і може бути визначена за допомогою графіків, таблиць, формул і інших джерел. Інтенсивність абразивного износа δ_n стенок труб може бути визначена по формулам:

$$\delta_{u.б.} = 0,037 \cdot v^{4,388} \quad (8)$$

$$\delta_{и.м.} = 0,006 \cdot v^{2,91} \quad (9)$$

де: $\delta_{u.б.}$ — інтенсивність абразивного износа бетонних, залізобетонних, асбестоцементних і керамічних труб, мм/год;

$\delta_{и.м.}$ — інтенсивність абразивного износа сталевих і чугунних труб, мм/год;

v — швидкість потоку стічної води, м/сек.

Другим параметром нормального розподілення σ_n розраховується по формулі (10):

$$\sigma_n = \frac{\sigma \cdot K_\Gamma}{(2 - K)^m \cdot K^m}; \quad (10)$$

где: σ — нормативное значение параметра (определяется по таблице); остальные символы такие же, как и в формуле для определения α_n .

Физический смысл параметра σ при расчетах показателей надежности трубопроводов (как восстанавливаемых элементов) заключается в том, что величина его числовых значений зависит от времени появления отказов трубопроводов в период их средних сроков службы. Если отказы появляются задолго до окончания среднего срока службы трубопровода, то этой ситуации соответствуют большие числовые значения параметра σ , если отказы появляются только перед достижением среднего срока службы трубопровода, то числовые значения σ в этом случае малы. Раннее или позднее появление отказов трубопровода зависит от толщины стенок труб и от свойств материала труб, учитываемых показателем m (табличные данные). При высокой плотности, изотропности, водонепроницаемости, коррозионной устойчивости материала труб имеет место позднее появление дефектов старения трубопровода. С учетом этих факторов в таблице приведены усредненные числовые значения параметра σ для нормальных условий эксплуатации, определенные на основании имеющихся статистических данных об отказах трубопроводов. Оценочные значения параметра σ определялись путем подбора его числовых значений, дающих значения интенсивностей отказов, соответствующих статистическим данным.

Приведенные в таблице числовые значения параметров α и σ следует рассматривать как первое приближение к нормативным их значениям для различных типов трубопроводов.

По мере накопления статистических данных об отказах трубопроводов различных типов по годам их эксплуатации нормативные значения параметров α и σ должны уточняться.

После определения значений α_n и σ_n вычисляются величины $(\alpha_n - t) / \sigma_n$, на основании которых определяются числовые значения табулированных функций $F_o(\alpha_n - t) / \sigma_n$ и вычисляются значения соответствующих показателей вероятностей безотказной работы трубопровода $P_c(t)$ с учетом отказов старения по формулам (4) или (5).

На основании вычисленных показателей $P_o(t)$ и $P_c(t)$ для некоторого одного периода t работы трубопровода определяется по формуле (1) интегральный показатель вероятности безотказной работы трубопровода $P(t)$.

Как видно из изложенного выше, рассмотренная методика расчетов остаточной надежности управления проектами ресурса действующих трубопроводов водоподачи и водоотведения достаточно проста и вполне может быть освоена специалистами технических отделов организаций, осуществляющих эксплуатацию систем водоподачи и водоотведения. Такие расчеты явятся, наряду с другими факторами, объективной основой для принятия решений об очередности ремонтов участков трубопроводных сетей и для постепенного перехода к системе проектирования планово-предупредительных ремонтов, предотвращающей их аварии.

На основании разработанной методики подготовлены предложения по дополнению второй главы СНиП 2.04.03-85 методами расчетов надежности проектируемых трубопроводов водоподачи и водоотведения по проектным материалам.

Перелік посилань

1. **Дерюшев Л. Г.** Оценка периодичности восстановления трубопроводов коммунального водоснабжения // Инженерное обеспечение объектов строительства. Экспресс-информация. — Вып.5/6. — М.: ВНИИПНТПИ в строительстве. 1998. — С. 18-29.
2. **Меженский А. Н., Дрозд Г. Я.** Методика выбора и нормирования показателей надежности трубопроводов водоподачи и водоотведения // Всеукр. науч.-практ. конференция по проблемам водоснабжения и водоотведения (сборник докладов) / ИЭП НАН Украины; Донецкая гос. обл. адм., Донецк, ИЭП НАН Украины, 2001.
3. **Монтаж и укладка** чугунных, железобетонных и асбестоцементных трубопроводов водоснабжения и канализации: Пособие к СНиП 3.05.04-85: — М.: ВНИИВОДГЕО 1985. — 223 с.
4. **Пехурскі Ф.** Технічні можливості спорудження та відновлення водопровідно-каналізаційних систем // Ринок інсталяційний. — 1997. — №3. — С. 5-9.
5. **Дрозд Г. Я.** Про необхідність підвищення рівня надійності каналізаційних мереж України // Будівництво України. — 1998. — №2. — С. 26-28.
6. **Примин О. Г., Храменков С. В.** Проблемы и пути обеспечения надежности трубопроводов водопроводной сети и напорной канализации города // Строительство и архитектура. Серия «Инженерное обеспечение объектов строительства»: ИЭ/ВНИИПНТПИ. — М., 1999. — Вип.2. — С. 8-18.
7. **Положение о безопасной и надежной эксплуатации** внешних сетей и сооружений водоснабжения и канализации: Утв. Госком. ср., арх. и жилищной политики Украины 03.04.1998 // Вестник законодательства Украины. — 1998. — № 48. — С. 56-64.

8. **Дрозд Г. Я., Зотов Н. И., Маслак В. Н.** Канализационные трубопроводы: надежность, диагностика, санация. — Донецк, ИЭП НАН Украины, 2000. — 260 с.
9. **Найманов А. Я., Насонкина Н. Г., Маслак В. Н., Зотов Н. И.** Основы надежности инженерных систем коммунального хозяйства. — Донецк: ИЭП НАН Украины, 2001 — 152 с.
10. **Гончаренко Д. Ф., Коринько И. В.** Ремонт и восстановление канализационных сетей и сооружений. Харьков: «Рубикон», 1999. — 368 с.
11. **Колотилкин Б. М.** Надежность функционирования жилых зданий. — М.: Стройиздат, 1989. — 376 с.
12. **Правила обследований**, оценки технического состояния и паспортизации внешних сетей и сооружений водоснабжения и канализации. — К.: Госстрой Украины, 1998. — 9 с.
13. **Положение о безопасной и надежной эксплуатации** внешних сетей и сооружений водоснабжения и канализации. — К.: Госстрой Украины, 1998. — 8 с.