

УДК 338.4

Об экономической эффективности технологий реконструкции тепловых сетей**Заединов А.В.** zaedin.and@gmail.comКанд. физ.-мат. наук **Гагулина Н.Л.** nlgagulina@itmo.ru

Университет ИТМО

197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49 литер А

Рост числа аварий обостряет проблемы обеспечения надежной и бесперебойной работы тепловых сетей, заставляет искать новые, экономически более эффективные технологии реконструкции тепловых сетей. В статье проанализирована эффективность альтернативных способов восстановления внутренней поверхности трубопроводов тепловых сетей с последующим поддержанием в работоспособном состоянии на срок до 50 лет на примере участка сети длиной 1 километр и диаметром 1200 мм. Первый способ заключается в демонтаже и полной замене участка трубопровода со сроком службы более 25 лет без проведения каких-либо предварительных обследований. Второй способ подразумевает проведение внутритрубной диагностики устаревшего участка с помощью роботизированного комплекса с последующим локальным устранением обнаруженных дефектов. Третий способ для России все еще является инновационным – это санация трубопровода. Существует несколько методов санации, в данной работе подразумевается нанесение специального защитного покрытия на внутреннюю поверхность трубопровода. Для предложенных вариантов в условиях, соответствующих городу Санкт-Петербургу, выполнена оценка экономических показателей. Все случаи рассматривались как инвестиционные проекты, а для анализа и сравнения их экономической эффективности использовалась главным образом чистая приведенная стоимость, рассчитываемая на основе вложений на реализацию проекта и изменении доходов теплоснабжающей организации при принятии того или иного варианта. Целью работы является сравнение и выбор наиболее экономически эффективного из предложенных проектов. В результате анализа самым привлекательным признан второй вариант, так как он является наименее затратным.

Ключевые слова: теплоснабжение, ремонт тепловых сетей, чистая приведенная стоимость, экономическая эффективность, экономический эффект.

DOI: 10.17586/2310-1172-2020-13-4-59-69

About the economic efficiency of heat network reconstruction technologies**Zaedinov A.V.** zaedin.and@gmail.comPh.D. **Gagulina N.L.** nlgagulina@itmo.ru

ITMO University

197101, Russia, Saint Petersburg, Kronverksky Ave., 49, letter A

The increase in the number of accidents exacerbates the problems of ensuring the reliable and uninterrupted operation of heating networks. It also forces us to look for new, more cost-effective technologies for the reconstruction of these heating networks. This article analyses the effectiveness of alternative methods for restoring the internal surface of the heat network's pipelines with subsequent maintenance in working condition for up to 50 years on the example of a network section with a length of 1 kilometer and a diameter of 1200 mm. The first method is to dismantle and completely replace a section of the pipeline, with a service life of more than 25 years, without conducting any preliminary surveys. The second method involves conducting in-line diagnostics of an outdated section using a robotic system, followed by the local elimination of detected defects. The third method, which is still innovative for Russia, is the rehabilitation of the pipeline. There are several methods of debridement. This paper particularly refers to the application of a special protective coating on the inner surface of the pipeline. For the proposed options, in the conditions corresponding to the city of Saint Petersburg, an assessment of economic indicators was performed. All cases were considered as investment projects, and for the analysis and comparison of their economic efficiency, the net present value was mainly used, calculated based on investments in the project implementation and changes in the income of the heat supply organization when adopting a particular option. The purpose of the work is to compare and select the most cost-effective of the proposed projects. As a result of the analysis, the second option is considered to be the most attractive, since it is the least expensive.

Keywords: heat supply, repair of heating networks, net present value, economic efficiency, economic effect.

Введение

Число аварий на источниках теплоснабжения в Российской Федерации возросло с 846 в 2018 году до 871 в 2019 г. По Северо-Западному федеральному округу наблюдается схожая тенденция – с 81 до 103 аварий, соответственно [1]. Количество аварий на теплосетях Санкт-Петербурга также увеличивается: по данным МЧС, в 2018 г. произошло 5384 коммунальные аварии, в 2019 г. – более 6000 коммунальных нарушений. По мнению главы комитета по энергетике Санкт-Петербурга Бондарчука А., в отопительном сезоне 2018/19 гг. число аварий на теплосетях выросло на 11%. В сложившейся ситуации тематика повышения эффективности технологий реконструкции теплосетей особенно актуальна, так как проблемы с обеспечением безаварийной и бесперебойной работы тепловых сетей ставят под угрозу жизнь и здоровье людей, наносят ущерб зданиям и сооружениям, окружающей среде. Все перечисленное имеет вид денежных потерь не только для теплоснабжающих организаций, но и для всех сторон, вовлеченных в круг данных проблем.

Тепловая сеть – это один из основных фондов любой теплоснабжающей организации. Через них осуществляется реализация основного продукта таких компаний – тепловой энергии. Надежные тепловые сети обеспечивают бесперебойную передачу теплоносителя от источника до потребителя. Состоянием трубопроводов обусловлена величина тепловых потерь в тепловой сети и утечек, которая является одним из показателей эффективности работы теплоснабжающей организации. Чем меньше потери, тем эффективнее расходуется топливо, а значит, тем экономичнее производство и реализация тепловой энергии.

Износ внутренней поверхности трубопровода – очень важная проблема в теплоснабжении. Постоянное воздействие потока жидкости, коррозия и кавитация – все это повреждает тепловые сети изнутри и становится причиной как относительно небольших потерь через утечки, так и аварий, порывов трубопроводов. Это особенно актуально для тепловых сетей со сроком службы более 25 лет, где риск таких аварий значительно выше.

Если теплоснабжающая организация не будет уделять должного внимания контролю и поддержанию рабочего состояния своих тепловых сетей, то это может обернуться значительными финансовыми потерями. Утечки заметно снижают эффективность передачи тепловой энергии, а аварии чаще всего вынуждают полностью прекратить подачу некоторого объема этого основного продукта деятельности теплоснабжающих организаций. Кроме того, нужно будет выделять значительные средства на локализацию и устранение аварий. В связи с этим крайне важно постоянно обследовать тепловые сети со сроком службы более 25 лет и поддерживать их в рабочем состоянии, устраняя все выявленные дефекты вовремя.

Преимущества и недостатки современных технологий реконструкции тепловых сетей

На сегодняшний день накоплен значительный опыт реконструкции тепловых сетей. Целесообразность применения той или иной технологии определяется экономической эффективностью ее применения, которая, в свою очередь, зависит от эффективности отдельных технологических этапов. Чем более протяженной и разветвленной является сеть, чем больше максимальный диаметр магистральных тепловых сетей, тем существеннее становится учет экономической эффективности внедряемых технологий. Особенно актуально это для Санкт-Петербурга, где на протяжении последних 20-и лет потери тепловой энергии на паровых и тепловых сетях не только не сокращаются, но и имеют тенденцию к росту.

На основании данных Единой межведомственной информационно-статистической системы [2] авторами построен рисунок 1, из которого видно, что Санкт-Петербург вносит значительный вклад в общую величину потерь тепловой энергии в Северо-Западном федеральном округе: от 25 до 37%.



Рис. 1. Потери тепловой энергии на паровых и тепловых сетях Санкт-Петербурга и Северо-Западного федерального округа

Общая протяженность тепловых сетей в Санкт-Петербурге составляет более 9000 км в однострунном исчислении. Максимальный диаметр магистральных тепловых сетей на территории Санкт-Петербурга составляет 1400 мм. Основными эксплуатирующими организациями являются ГУП «ТЭК СПб», АО «Теплосеть Санкт-Петербурга» и ООО «Петербургтеплоэнерго» [3].

Каждая организация самостоятельно или под контролем органов государственной власти в соответствии со своей программой развития и согласно с программой развития города принимает решение о том, как обслуживать свои тепловые сети, какие технологии внедрять. Не последнюю роль при этом играет мнение потребителей [4]. Одним из элементов обоснования того или иного решения, в том числе – в вопросах поддержания работоспособного состояния устаревших участков тепловой сети, является проведение сравнительного анализа, основу которого составляет сопоставление альтернативных вариантов. В связи с этим рассмотрим три принципиально разных подхода к восстановлению ресурса участка магистрального трубопровода с диаметром 1200 мм и протяженностью 1 км:

1. Реконструкция или полная замена участка трубопровода;
2. Проведение внутритрубной диагностики и ремонт поврежденных участков;
3. Санация трубопровода.
- 4.

Реконструкция или полная замена трубопровода

Вариант реконструкции или полной замены трубопровода является самым радикальным и дорогостоящим. При выборе данного варианта теплоснабжающая организация без проведения каких-либо предварительных диагностик отключает от сети участок трубопровода со сроком службы более 25 лет, выполняет демонтаж старых труб и устанавливает на их место новые, аналогичные по своим характеристикам.

Этот вариант имеет ряд недостатков:

- организация фактически заново строит участок трубопровода, что приводит к необходимости вложения больших средств;
- такие работы наиболее заметно сказываются на жизни города, особенно крупного – часто приходится перекрывать проезжую часть, что может стать причиной возникновения пробок и изменения маршрутов наземного транспорта;
- низкая эффективность: в виду отсутствия каких-либо исследований состояния внутренней поверхности тепловых сетей велика вероятность замены тех участков, на которых это не требовалось.

В связи с этими недостатками теплоснабжающие организации не могут позволить себе выполнять такие работы в большом объеме. Например, в Санкт-Петербурге теплоснабжающие организации с общей протяженностью тепловых сетей в несколько тысяч километров реконструируют только около десятка километров трубопроводов в год.

Тем не менее, такой подход имеет как минимум одно значительное преимущество по сравнению с остальными, рассмотренными в этой работе: после проведения реконструкции организация получает абсолютно новый участок тепловой сети, которому в следующие 25 лет не понадобятся никакие работы по восстановлению внутренней поверхности трубопровода.

Проведение внутритрубной диагностики и ремонт поврежденных участков

Основой рассматриваемого подхода является внутритрубная диагностика тепловых сетей (ВТД). Эта технология заключается в загрузке в трубопровод роботизированного комплекса, оснащенного различными средствами неразрушающего контроля. Внедрение внутритрубной диагностики с использованием телеуправляемого диагностического комплекса (ТДК) – как нового метода диагностики, начала в 2009 г. ОАО «Теплосеть Санкт-Петербурга» совместно с диагностической организацией. Рассмотрим практику применения данной технологии.

Роботизированный комплекс может быть оснащен различными сменными модулями неразрушающего контроля: визуального и измерительного контроля и бесконтактного ультразвукового контроля с применением электромагнитно-акустических преобразователей. Использование электромагнитно-акустических преобразователей позволяет проводить диагностику трубопроводов, в том числе диагностику объектов, имеющих загрязненную поверхность (ржавчина, коррозия и т.д.), без использования контактной жидкости, по неподготовленной поверхности, через воздушный зазор до 1,5 мм. Толщина стенок, доступных для контроля, находится в диапазоне 6-30 мм.

Загрузка такого комплекса производится через существующие горловины теплофикационных камер и тепловых колодцев, а также в местах ремонта. В месте запуска дефектоскопа внутрь трубопровода осуществляется вырезка козырька соответствующих размеров, а также небольшие вырезки в прилегающих камерах для осуществления вентиляции в диагностируемом участке.

Существуют различные варианты и модификации таких диагностических комплексов: разных размеров в соответствии с диаметром обследуемых трубопроводов, а также различной технической оснащенностью. В связи с этим ценовой диапазон подобных устройств довольно широк.

Внутритрубный дефектоскоп обеспечивает поступательное и спиральное перемещение модуля внутри трубопровода, за счет чего реализуются динамические режимы контроля - сплошное сканирование тела трубы или сканирование с заданным шагом от 10 до 200 мм [5].

Внутритрубная диагностика позволяет получать подробную информацию о состоянии внутренней поверхности трубопровода и точно локализовать как уже проявившиеся дефекты, так и потенциально опасные участки. Это дает возможность своевременно выполнять мероприятия по поддержанию работоспособности труб (частичный местный ремонт) и тем самым предупреждать возникновение утечек и порывов, не выполняя полной замены участка тепловой сети.

Помимо локализации поврежденных участков очевидным преимуществом применения ВТД является отсутствие необходимости в перекрытии улицы или проезжей части для получения доступа ко всему трубопроводу, подлежащему обследованию. Чтобы загрузить диагностический комплекс, достаточно небольшой рабочей зоны.

Для теплоснабжающей организации существует два варианта использования внутритрубной диагностики в своих тепловых сетях:

- покупка (или аренда) диагностического комплекса и проведение ВТД собственными силами;
- проведение ВТД силами подрядной организации, предоставляющей такие услуги.
-

Санация трубопровода

Санация (или релайнинг) трубопровода предполагает бестраншейный метод восстановления трубопроводов. Очевидное преимущество – возможность восстановления внутренней поверхности достаточно протяженного участка трубопровода зачастую без раскапывания грунта и демонтажа старого оборудования. По сути, санация является чем-то средним между рассмотренными выше вариантами. С одной стороны, выполняется не локальное устранение дефектов, а полное восстановление участка. С другой стороны, трубопровод не заменяется полностью, в следствие чего такой восстановленный участок имеет расчетный срок службы около 10 лет, вместо 25 лет для нового трубопровода.

В мировой практике существует довольно много различных способов восстановления трубопроводов методом санации. Константин Фомин в своей статье [6] наряду с традиционным способом выделяет такие способы, как санация методами У-лайнер и Омега-лайнер, метод разрушения старого трубопровода с одновременной

протяжкой нового, а также методы, реализуемые посредством установки покрытий из композитных элементов и установки спиральных полимерных оболочек.

Традиционный способ заключается введении новых труб разными способами в старый трубопровод, либо в разрушении старых труб с одновременным протаскиванием новых. Самый популярный вариант – это метод «труба в трубе», то есть протаскивание нового, предварительно сваренного полиэтиленового трубопровода в старый с последующей забутовкой межтрубного пространства. Однако этот способ заметно уменьшает диаметр трубопровода, снижая его пропускную способность.

Методы У-лайнер и Омега-лайнер состоят в использовании полиэтиленовой трубы с заранее измененной формой. В профиле труба в сжатом виде похожа на латинскую букву U (У-лайнер), или на греческую букву Ω (Омега-лайнер). Труба У-лайнер, изготавливаемая из полиэтилена высокого давления, применяется в основном для трубопроводов водоснабжения диаметрами 100–400 мм. Труба для второго метода изготавливается из комбинации ПВХ/ПЭ и используется для систем водоотведения диаметрами 150–450 мм. Длина saniруемого участка может быть до 600 м в зависимости от диаметра и ограничена возможностью намотки лайнера на барабан. Оба метода очень просты и эффективны. Труба, намотанная на барабан, доставляется на объект и при помощи лебедки протаскивается в существующую трубу.

Метод разрушения старого трубопровода с одновременной протяжкой нового ориентирован на применение машин – гидравлических или пневматических разрушителей труб. Последние при работе создают вибрацию, которая может повредить расположенные поблизости коммуникации. Более прогрессивными и широко используемыми являются гидравлические разрушители, предназначенные для разрушения труб из любых материалов: чугуна, стали, железобетона, керамики. В зависимости от типа материала и тягового усилия, создаваемого машиной, гидравлические разрушители могут работать с трубопроводами диаметром 100–700 мм. Основа разрушителя – рама с гидроцилиндрами, устанавливаемая в приемный котлован непосредственно перед концом старого трубопровода. Через раму в старую трубу проталкиваются штанги длиной 60–100 мм, соединенные между собой при помощи резьбового соединения.

Установка покрытий из композитных элементов

К этому виду санации можно отнести установку стеклопластиковых труб различных диаметров и длин в существующие коллекторы водоотведения диаметрами 1000–4000 мм с последующей забутовкой межтрубного пространства. Трубы выпускаются различными производителями и поставляются на место установки. Например, композитные элементы AARSLEFF спиральных полимерных оболочек устанавливаются для восстановления коллекторов водоотведения диаметром до 1200 мм. Широко применяются продукты Rib-loc и ExpandaPipe производства Австралии. Оба материала – лента, изготовленная из поливинилхлорида шириной 10–15 см, имеющая на боках канавки определенного профиля для фиксации ленты между собой. Лента подается в станок, установленный непосредственно перед входом в saniруемый участок, и, проходя через него, закручивается спиралью, образуя гладкую трубу круглого сечения.

В проведенном исследовании за основу взят способ, при котором на внутреннюю поверхность трубопровода происходит нанесение специального материала.

Оценка эффективности инвестиционных проектов

Выбор критериев оценки и анализа экономической эффективности инвестиционных проектов определяется поставленными целями и задачами, на решение которых они направлены. В зависимости от фактора времени эти критерии можно разделить на статические и динамические. Последние учитывают изменение стоимости денежных средств под влиянием временного фактора, поэтому являются более точными и предпочтительными. Определимся с основными методическими предпосылками проводимого исследования, исходя из базовых категорий оценки эффективности инвестиционных проектов.

Основным динамическим критерием оценки экономической эффективности является чистая приведенная стоимость (NPV) – сумма всех дисконтированных денежных потоков (притоков и оттоков), связанных с инвестиционным проектом [7]. Она показывает величину денежных средств, которую инвестор ожидает получить от проекта после того, как денежные притоки окупят его первоначальные инвестиционные затраты и периодические денежные оттоки, связанные с осуществлением проекта. Поскольку денежные платежи оцениваются с учётом их временной стоимости и рисков, NPV можно интерпретировать как стоимость, добавляемую проектом. Её также можно интерпретировать как общую прибыль инвестора [8].

Для принятия решения о выборе варианта восстановления трубопроводов тепловых сетей теплоснабжающих организаций Санкт-Петербурга, воспользуемся методом чистой приведенной стоимости. Для этого:

1. Определим текущую стоимость затрат (I_0), чтобы ответить на вопрос об объеме инвестиций, который нужно зарезервировать для проекта;

2. Рассчитаем текущую стоимость будущих денежных поступлений от проекта, для чего доходы за каждый год CF (кеш-флоу) приведем к текущей дате.

Общая текущая стоимость доходов от проекта:

$$PV = \sum_{t=0}^n PV_t = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (1)$$

где n – расчетный период реализации проекта; t – год расчетного периода; CF_t – денежный поток для конкретного года расчетного периода; r – ставка дисконтирования (принята равной 10%).

2.1. Итоговый (чистый) денежный поток для каждого года есть сумма положительного и отрицательного потоков:

$$CF_t = CF_t^+ + CF_t^- \quad (2)$$

2.2. Положительный денежный поток – это доход, который получает организация ежегодно от передачи тепловой энергии с одного километра трубопровода:

$$CF_t^+ = Q_{mp.} \cdot k_{zod} \cdot 12 \cdot T \cdot k_i^{t-1}, \quad (3)$$

где $Q_{mp.} = 850$ Гкал/мес. – расчетная нагрузка на трубопровод диаметром 1200 мм; $k_{zod} = \frac{220}{365}$ – коэффициент, учитывающий продолжительность отопительного периода в Санкт-Петербурге 220 суток в году [9]; $T = 2,168$ тыс.руб. – тариф на тепловую энергию [3]; $k_i = 1,02$ – коэффициент, учитывающий индексацию тарифа на 2%.

Например, результат расчета для первого года:

$$CF_1^+ = 850 \cdot \frac{220}{365} \cdot 12 \cdot 2,168 \cdot 1,02^0 = 13328,745 \text{ тыс. руб.}$$

2.3. Отрицательный денежный поток – это налог на имущество, рассчитываемый исходя из остаточной стоимости трубопровода:

$$CF_t^- = k_{нал.} \cdot RV_t, \quad (4)$$

где $k_{нал.} = 0,022$ – налоговая ставка [10]; RV_t – остаточная стоимость трубопровода:

$$RV_t = V_0 - A_t, \quad (5)$$

где $V_0 = 86525,1737$ тыс.руб. – первоначальная стоимость трубопровода [11]; $A_t = V_0 \cdot \frac{t}{t_c}$ тыс.руб. – амортизация;

$t_c = 25$ лет – расчетный срок службы трубопровода.

Например, расчет для первого года имеет вид:

$$\text{Амортизация } A_1 = 86525,1737 \cdot \frac{1}{25} = 3461,007 \text{ тыс.руб.}$$

$$\text{Остаточная стоимость оборудования } RV_1 = 86525,1737 - 3461,007 = 83064,17 \text{ тыс.руб.}$$

$$\text{Отрицательный денежный поток } CF_1^- = 83064,17 \cdot 0,022 = 1827,412 \text{ тыс.руб.}$$

Важно отметить, что для вариантов №2 и №3 расчет остаточной стоимости осуществляется с учетом того, что для проведения ВТД или санации рассматриваются трубопроводы, отработавшие 15 лет и более. В данном случае приведен расчет для варианта №1, когда трубопровод абсолютно новый.

$$\text{Тогда чистый денежный поток составит } CF_1 = 13328,745 - 1827,412 = 11501,333 \text{ тыс.руб.}$$

5. Текущая стоимость инвестиционных затрат (I_0) сравнивается с текущей стоимостью доходов (PV). Разность между ними составляет чистую приведенную стоимость (NPV):

$$NPV = PV - I_0$$

Если капитальные вложения, связанные с предстоящей реализацией проекта, осуществляют в несколько этапов (интервалов), то формула расчета показателя имеет вид:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+r)^t} \quad (6)$$

Добавим еще несколько дополнительных показателей эффективности инвестиционных проектов. Индекс доходности инвестиций (*PI*) рассчитывается следующим образом:

$$PI = \frac{PV}{I} ,$$

где *I* – сумма всех инвестиций, вложенных в проект в течение расчетного периода.

Этот показатель характеризует соотношение дисконтированных денежных потоков поступлений и выплат в течение инвестиционного периода [12].

Для оценки разномасштабных ИП предлагается «индекс скорости удельного прироста стоимости» (*IS*), который рассчитывается по формуле:

$$IS = \frac{NPV}{n \cdot I_0} , \quad (7)$$

где *I*₀ – сумма инвестиций, осуществляемых в текущий (0-й) момент времени, руб., *n* – расчетный период.

IS связывает два экономических принципа – «быстрее» и «больше». Единицы измерения – руб./руб. в год. *IS* показывает, сколько рублей (копеек) чистой текущей стоимости даст каждый рубль инвестиций за каждый год реализации проекта. Из нескольких альтернативных проектов более эффективным является тот, у которого *IS* больше [13].

Исходные положения расчетов

Стоит отдельно отметить, что в данной работе анализ эффективности проектов по восстановлению трубопроводов выполняется из расчета на 1 километр тепловой сети. Это позволяет сравнивать проекты между собой и масштабировать результаты анализа в любых масштабах. Еще одно допущение: все альтернативные варианты выполняются с сохранением пропускной способности трубопровода, а значит и дохода, получаемого от передачи по нему тепловой энергии. Поэтому для всех случаев положительный денежный поток является одинаковым и приведен в предыдущем разделе.

Отрицательный денежный поток также для всех вариантов определяется как размер налога на имущество. Отличие первого варианта заключается в том, что с 25-го года рассматривается фактически новый трубопровод. Это значит, что остаточная стоимость также считается заново. Для двух других вариантов расчет остаточной стоимости начинается с 15-го года службы трубопроводов.

Детализируем исходные данные об инвестициях, необходимых для реализации рассмотренных вариантов проекта.

Вариант №1. Реконструкция или полная замена трубопровода

В данном варианте размер первоначальных инвестиций равен стоимости строительства нового трубопровода и составляет *I*₀ = 86525,17 тысяч рублей на 1 км.

Расчетный срок службы нового трубопровода составляет 25 лет, что и будет являться одним полным циклом реализации вложенных средств. Это означает, что после истечения данного срока потребуются аналогичное вложение на новую замену участка.

Вариант №2. Проведение внутритрубной диагностики и ремонт поврежденных участков с участием подрядной организации

Предлагается выполнять ВТД и частичный ремонт одного и того же участка каждые пять лет. При этом размер инвестиций составит *I*₀ = 12647,01 тыс.руб., в числе которых:

- на ВТД подрядной организацией понадобится 5500 тысяч рублей за 1 км по данным, предоставленным одной из теплоснабжающих организаций Санкт-Петербурга;

- на проведение ремонта $86525,17 \cdot 0,1 \cdot 0,8 = 6922,01$ тысяч рублей за 1 км на основе стоимости строительства из расчета, что на 1 километр трубопровода приходится суммарно 100 метров поврежденных участков, 0,8 – поправочный коэффициент;

- на экспертизу промышленной безопасности 225 тысяч рублей за 1 км по данным, предоставленным одной из теплоснабжающих организаций Санкт-Петербурга.

Вариант №3. Санация трубопровода

Создание с помощью внутреннего защитного покрытия надёжного барьера между транспортируемой жидкостью и внутренней поверхностью металлического трубопровода в целях предотвращения процессов внутренней коррозии на срок не менее 10 лет.

Инвестиции, вкладываемые в проект каждые 10 лет, составят $I_0 = 36227,84$ тысячи рублей из расчета на основе аналогичных затрат по данным государственной закупки №32009150764 [14].

Сравнительный анализ инвестиционных проектов

Расчет показателей экономической эффективности для обозначенных инвестиционных проектов выполнялся по выбранной методике с помощью табличного процессора Microsoft Excel.

Для сравнения предложенных вариантов рассмотрим их показатели на различных этапах реализации проектов.

Таблица

Показатели экономической эффективности инвестиционных проектов

Год	Вариант № 1			Вариант № 2			Вариант № 3		
	NPV, тыс. руб.	PI, руб./руб.	IS	NPV, тыс. руб.	PI, руб./руб.	IS	NPV, тыс. руб.	PI, руб./руб.	IS
1	-76069,42	0,12	-0,88	-1222,17	0,90	-0,10	-24733,78	0,32	-0,68
2	-66280,94	0,23	-0,77	9447,28	1,75	0,75	-14001,40	0,61	-0,39
3	-57120,84	0,34	-0,66	19408,28	2,53	1,53	-3983,19	0,89	-0,11
4	-48552,04	0,44	-0,56	28705,17	3,27	2,27	5365,70	1,15	0,15
5	-40539,28	0,53	-0,47	29527,02	2,44	1,44	14087,63	1,39	0,39
6	-33049,10	0,62	-0,38	37618,92	2,84	1,84	22222,52	1,61	0,61
7	-26049,74	0,70	-0,30	45165,30	3,20	2,20	29807,97	1,82	0,82
8	-19511,12	0,77	-0,23	52201,22	3,55	2,55	36879,41	2,02	1,02
9	-13404,76	0,85	-0,15	58759,66	3,87	2,87	43470,14	2,20	1,20
10	-7703,75	0,91	-0,09	59995,69	3,36	2,36	35644,09	1,71	0,71
11	-2382,66	0,97	-0,03	65690,39	3,59	2,59	41338,80	1,82	0,82
12	2582,49	1,03	0,03	70970,94	3,80	2,80	46619,35	1,93	0,93
13	7214,33	1,08	0,08	75867,45	3,99	2,99	51515,86	2,03	1,03
14	11534,17	1,13	0,13	80407,85	4,17	3,17	56056,25	2,12	1,12
15	15562,08	1,18	0,18	81590,44	3,87	2,87	60266,44	2,20	1,20
25	35437,06	1,37	0,37	106994,95	4,40	3,40	83333,08	2,50	1,50
50	55789,97	1,59	0,59	126775,31	4,83	3,83	101864,58	2,74	1,74

Естественным критерием принятия инвестиционного решения является положительное значение NPV. Как видно из рис. 2, самым привлекательным является проект, обозначенный как вариант № 2, менее привлекательный – вариант № 3 и далее – вариант № 1.

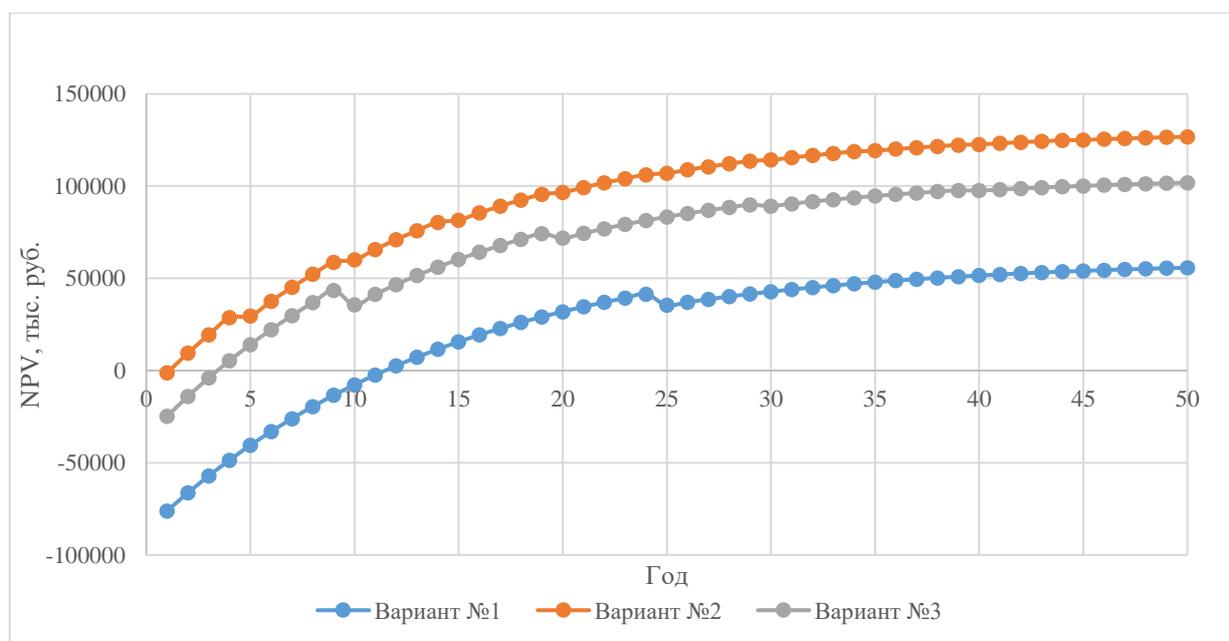


Рис. 2. Чистая приведенная стоимость инвестиционных проектов по восстановлению трубопроводов

Со временем новые инвестиционные вложения перестают оказывать существенное влияние на стоимость проектов.

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Инвестиции в полную замену устаревшего участка трубопровода (вариант №1) представляются наименее привлекательным проектом, на графике это самая нижняя кривая. Инвестиционные вложения в проект в течение 50 лет осуществляются 2 раза. О том, что проект становится выгодным, свидетельствует NPV проекта, значение которого становится положительным только в 12 году. То есть срок окупаемости проекта, предусматривающего полную замену устаревшего участка трубопровода, составляет 12 лет, что подтверждается значением $PI=1,03$. Финальные показатели проекта в 50-й год: $NPV = 55789,97$ тысяч рублей, $PI = 1,59$ руб./руб., $IS = 0,59$.

Несмотря на наибольшую частоту новых вложений (каждые 5 лет), применение внутритрубной диагностики и частичного ремонта окупается уже на 2-й год реализации проекта. На рисунке это самая верхняя кривая. Проект, соответствующий варианту №2, является самым экономичным, так как по сравнению с другими вариантами, на него требуется заметно меньше инвестиций. Финальные показатели проекта в 50-й год: $NPV = 126775,31$ тысяч рублей, $PI = 4,83$ руб./руб., $IS = 3,83$. Это значительно выше предыдущего варианта.

Вариант №3 – самый дорогостоящий, но по своей эффективности является чем-то средним между первыми двумя проектами с небольшим смещением в сторону второго. Инвестиции в санацию трубопроводов должны осуществляться каждые 10 лет, но благодаря их сравнительно небольшому размеру, проект также является весьма привлекательным. Срок окупаемости составляет 4 года, что всего лишь на 2 года больше варианта №2, которому данный проект также немного уступает по всем остальным критериям. Финальные показатели проекта в 50-й год: $NPV = 101864,58$ тысяч рублей, $PI = 2,74$ руб./руб., $IS = 1,74$.

Кроме всего прочего следует отметить, что инвестиционный проект, состоящий в применении внутритрубной диагностики и частичного ремонта тепловых сетей, наилучшим образом соответствует условиям региона, в котором планируется его реализация. Например, для такого крупного и быстро развивающегося мегаполиса, как Санкт-Петербург, немаловажное значение имеет количество и настроения потребителей, которые одновременно будут испытывать дискомфорт в ходе реализации проекта. Так, только ГУП «ТЭК Санкт-Петербурга» обслуживает более 16000 домов, в которых проживает более 2,5 млн человек [15].

Заключение

Поддержание работоспособного состояния трубопроводов тепловых сетей – крайне важная задача для любой теплоснабжающей организации. На фоне значительного количества альтернативных технологических решений необходимы ясные и понятные критерии отбора наиболее подходящего варианта. Экономические показатели традиционно используются в качестве критериев для отбора наиболее привлекательного решения.

С целью поиска инвестиционно привлекательных решений авторами проведена оценка экономической эффективности альтернативных технологий реконструкции тепловых сетей: реконструкция или полная замена

участка трубопровода, проведение внутритрубной диагностики и ремонт поврежденных участков, санация трубопровода.

Анализ результатов расчета чистой приведенной стоимости, индекса доходности инвестиций и индекса скорости удельного прироста стоимости по каждому из проектов позволил выбрать наиболее подходящий вариант реконструкции тепловых сетей, а также определить срок окупаемости каждого инвестиционного проекта с точностью до года.

Наиболее выгодным инвестиционным проектом оказался вариант №2 – внутритрубная диагностика с частичным ремонтом. Этот проект обладает самым большим $IS = 3,83$, окупится за 2 года, а к 50-ому году принесет теплоснабжающей организации более 126 миллионов рублей, что составляет 4,83 заработанных рубля на каждый вложенный.

Вместе с тем, альтернативные проекты обладают своими преимуществами: санация позволяет обновить всю внутреннюю поверхность участка трубопровода, а результатом реализации варианта №1 является абсолютно новый трубопровод. При этом все рассмотренные проекты в длительной перспективе являются экономически выгодными: вариант №1 окупится и начнет приносить прибыль на 12-м году реализации, а вариант №3 – уже на 4-м. Окончательное решение теплоснабжающей организации о том, какой проект реализовывать, будет зависеть от многих других факторов и в первую очередь – от общей стратегии развития.

Литература

1. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Минкомсвязь России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/58105>
2. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС). Минкомсвязь России [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.fedstat.ru/indicator/33926>
3. Схема теплоснабжения Санкт-Петербурга на период до 2033 года (актуализация на 2019 г.)
4. Колларж В.В. Анализ отрасли жилищно-коммунального хозяйства, как перспективной сферы предпринимательской деятельности. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия Экономика и экологический менеджмент. № 1, 2017. С.9-14. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/16569.pdf>
5. Стренадко И.М., Чуйко Д.Е., Цыцеров Е.Н. Практический опыт диагностики и оценки состояния трубопроводов тепловых сетей с использованием внутритрубных дефектоскопов [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2939
6. Фомин К. Методы санации трубопроводов водоснабжения и водоотведения // Сантехника, отопление, кондиционирование: журнал. - М.: ООО Издательский дом «МЕДИА ТЕХНОЛОДЖИ», 2011. – № 10 (118). – С. 20-24.
7. Аткинсон Э.А., Банкер Р.Д., Каплан Р.С., Юнг М.С. Управленческий учёт. — СПб.: ООО «Диалектика», 2019. – С. 504 – 505. – 880 с.
8. Музыка Е.И. Инвестиции в инновационные проекты: новые методы и подходы к оценке. Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2015. № 1. С. 79-89. [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_23142654_17157266.pdf
9. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2)
10. Налоговый кодекс Российской Федерации
11. Нормативные цены строительства (НЦС-2020) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rccs.ru/ntss>
12. Васюхин О.В., Павлова Е.А. Экономическая оценка инвестиций. Учебное пособие. – СПб: СПб НИУ ИТМО, 2013. – 98 с.
13. Коган А.Б. Алгоритм сравнения эффективности альтернативных крупных инвестиционных проектов. Вестник НГУЭУ. 2013 (3). С. 75-82. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-sravneniya-effektivnosti-alternativnyh-krupnyh-investitsionnyh-proektov>
14. Единая информационная система в сфере закупок [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://zakupki.gov.ru>
15. Официальный сайт ГУП «ТЭК СПб» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.gptek.spb.ru/>

References

1. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS). Minkomsvyaz' Rossii [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.fedstat.ru/indicator/58105>
2. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS). Minkomsvyaz' Rossii [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.fedstat.ru/indicator/33926>
3. Skhema teplosnabzheniya Sankt-Peterburga na period do 2033 goda (aktualizatsiya na 2019 g.)

4. Kollarzh V.V. Analiz otrasli zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva, kak perspektivnoi sfery predprinimatel'skoi deyatel'nosti. Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya Ekonomika i ekologicheskii menedzhment. № 1, 2017. S.9-14. [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: <http://economics.ihbt.ifmo.ru/file/article/16569.pdf>
5. Strenadko I.M., Chuiko D.E., Tsyserov E.N. Prakticheskii opyt diagnostiki i otsenki sostoyaniya truboprovodov teplovykh setei s ispol'zovaniem vnutritrubnykh defektoskopov [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2939
6. Fomin K. Metody sanatsii truboprovodov vodosnabzheniya i vodootvedeniya // Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie: zhurnal. - M.: OOO Izdatel'skii dom «MEDIA TEKhnOLODZhI», 2011. – № 10 (118). – S. 20-24.
7. Atkinson E.A., Banker R.D., Kaplan R.S., Yung M.S. Upravlencheskii uchet. — SPb.: OOO «Dialektika», 2019. – S. 504 – 505. – 880 s.
8. Muzyko E.I. Investitsii v innovatsionnye proekty: novye metody i podkhody k otsenke. Gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie. Uchenye zapiski SKAGS. 2015. № 1. S. 79-89. [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: https://elibrary.ru/download/elibrary_23142654_17157266.pdf
9. SP 131.13330.2012 Stroitel'naya klimatologiya. Aktualizirovannaya redaktsiya SNIIP 23-01-99* (s Izmeneniyami N 1, 2)
10. Nalogovyi kodeks Rossiiskoi Federatsii
11. Normativnye tseny stroitel'stva (NTsS-2020) [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: <https://rccs.ru/ntss>
12. Vasyukhin O.V., Pavlova E.A. Ekonomicheskaya otsenka investitsii. Uchebnoe posobie. – SPb: SPb NIU ITMO, 2013. – 98 s.
13. Kogan A.B. Algoritm sravneniya effektivnosti al'ternativnykh krupnykh investitsionnykh proektov. Vestnik NGUEU. 2013 (3). С. 75-82. [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-sravneniya-effektivnosti-alternativnyh-krupnyh-investitsionnyh-proektov>
14. Edinaya informatsionnaya sistema v sfere zakupok [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: <https://zakupki.gov.ru>
15. Ofitsial'nyi sait GUP «TEK SPb» [Elektronnyi resurs] / Rezhim dostupa: <https://www.gptek.spb.ru/>

Статья поступила в редакцию 26.09.2020 г