

## ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫХ ТРУБ: ОТ ПРОИЗВОДСТВА ДО ЭКСПЛУАТАЦИИ

### DURABILITY OF PRE-INSULATED PIPES: FROM PRODUCTION TO OPERATION

Леонович И. А. (Белорусско-Российский университет, г. Могилев, РБ)  
Leonovich I. A. (Belarusian-Russian University)

*Представлен анализ факторов, влияющих на долговечность предварительно изолированных труб, начиная от процесса производства труб и заканчивая эксплуатацией теплопровода.*

*Analysis of main factors of production and operation, that provides durability of pre-insulated pipes for heat supply networks.*

**Ключевые слова:** пенополиуретановая теплоизоляция, полиэтиленовая оболочка, герметичность труб, нормализованный вектор приоритетов, матрица попарных сравнений

**Key words:** polyurethane foam insulation, polyethylene jacket, impermeability of pipes, normalized priority vector, pairwise comparison matrix

Минимальная теоретическая долговечность предварительно изолированных труб (далее ПИ-труб) составляет 25-30 лет, что позволяет полностью окупить их себестоимость и получить существенный экономический эффект от повышения энергоэффективности тепловой сети и снижения межремонтного срока ее эксплуатации. В технологической цепочке, начиная от выбора материала и конструктивного решения на предприятии-изготовителе, качества проекта тепловой сети и его реализации строительной организацией, до особенностей эксплуатации труб существует множество факторов, ведущих к ускоренной разгерметизации трубы. В этой связи предлагаемая работа, направленная на выявление, систематизацию и определение важнейших факторов, обеспечивающих заданную долговечность трубопроводов, является весьма актуальной.

В Республике Беларусь предварительно изолированные трубы производятся в соответствии с СТБ 2251-2012, СТБ 2252-2012, СТБ 2270-2012. Проектирование и монтаж тепловых сетей регламентируются стандартами ТКП 45-4.02-89-2007 и ТКП 45-4.02-182-2009, а также СТБ EN 13941-2009, который идентичен европейскому стандарту EN 13941:2009. Нами рассматривались также межгосударственные стандарты Российской Федерации: ГОСТ 30732-2006, СП 41-105-2002, СНиП 3.05.03-85, СНиП 41-02-2003, ПБ 10-573-03 и общеевропейские нормативные документы: EN 253:2009, EN 448:2009, EN 449:2009, EN 14419:2009. Опираясь на указанные нормативные документы и другие, практические и теоретические данные [1-7], выбрано 49 ключевых факторов, систематизированных в зависимости от временной стадии, на которой находится ПИ-труба и, соответственно, закладывается долговечность:

- стадия планирования производства ПИ трубы (исходный материал);
- стадия получения готового изделия (процесс производства);
- стадия отгрузки с завода до начала монтажа трубопровода (транспорти-



ровка и хранение труб);

– стадия от начала монтажа тепловой сети до сдачи ее в эксплуатацию (строительство теплотрассы);

– стадия безаварийной работы (эксплуатация тепловой сети).

В результате отбора в первую группу «*Исходный материал*» вошло 10 факторов: коррозионная стойкость стали ( $\Phi_1$ ); толщина стенки стальной трубы ( $\Phi_2$ ); наличие спиральных и поперечных сварных швов в трубе ( $\Phi_3$ ); применение труб, бывших в употреблении ( $\Phi_4$ ); наличие в трубе микротрещин и коррозии ( $\Phi_5$ ); вид вспенивателя для ППУ ( $\Phi_6$ ); качество компонентов ППУ ( $\Phi_7$ ); толщина стенки внешней оболочки ( $\Phi_8$ ); марка полиэтилена ( $\Phi_9$ ); применение вторичного сырья для оболочки ( $\Phi_{10}$ ).

Во вторую группу «*Процесс производства*» вошло 6 следующих факторов: сушка и очистка поверхности стальной трубы ( $\Phi_{11}$ ); подготовка внутренней поверхности оболочки ( $\Phi_{12}$ ); качество сборки (соосность труб и проводников СОДК) ( $\Phi_{13}$ ); качество запенивания (способ, дозировка, температура) ( $\Phi_{14}$ ); температурно-влажностные условия отвердевания пены ( $\Phi_{15}$ ); уровень технического контроля качества этапов производства ( $\Phi_{16}$ ).

В третью группу «*Транспортировка и хранение труб*» вошло 7 факторов: качество дорожного покрытия ( $\Phi_{17}$ ); количество ярусов труб ( $\Phi_{18}$ ); использование амортизирующих подкладок ( $\Phi_{19}$ ); вид строп ( $\Phi_{20}$ ); применение сбрасывания, скатывания, волочения ( $\Phi_{21}$ ); защита теплоизоляции от намокания ( $\Phi_{22}$ ); защита от атмосферных осадков и солнечных лучей ( $\Phi_{23}$ ).

Учитывая многофакторность стадии «*Строительство теплотрассы*», произведено её разделение на две подгруппы: «*Основные работы*» и «*Монтаж стыков*». В подгруппу «*Основные работы*» вошло 10 факторов: недочеты при проектировании ( $\Phi_{24}$ ); квалификация рабочих ( $\Phi_{25}$ ); уровень контроля производства работ ( $\Phi_{26}$ ); устройство песчаного основания ( $\Phi_{27}$ ); устройство водоотведения ( $\Phi_{28}$ ); попадание мусора внутрь трубы ( $\Phi_{29}$ ); наличие амортизирующих прокладок для компенсации температурных расширений, их толщина ( $\Phi_{30}$ ); наличие мусора и камней в грунте обратной засыпки ( $\Phi_{31}$ ); наличие маркировочной ленты ( $\Phi_{32}$ ); устройство защиты труб под улицами и дорогами ( $\Phi_{33}$ ). В подгруппу «*Монтаж стыков*» вошло 7 факторов: точность соединения стальных труб ( $\Phi_{34}$ ); качество сварки ( $\Phi_{35}$ ); качество проведения гидравлических испытаний ( $\Phi_{36}$ ); качество соединения проводников ( $\Phi_{37}$ ); качество монтажа (усадки) муфты ( $\Phi_{38}$ ); качество проверки герметичности стыка муфты ( $\Phi_{39}$ ); качество заливки компонентов ППУ в муфтах ( $\Phi_{40}$ ).

В пятую группу «*Эксплуатация тепловой сети*» вошло 9 факторов: частота сброса теплоносителя из системы ( $\Phi_{41}$ ); температура теплоносителя ( $\Phi_{42}$ ); уровень регулирования отпуска тепла ( $\Phi_{43}$ ); качество считывания показателей СОДК ( $\Phi_{44}$ ); вандализм по отношению к наземным коверам СОДК ( $\Phi_{45}$ ); наличие избыточного давления ( $\Phi_{46}$ ); наличие гидравлических ударов ( $\Phi_{47}$ ); коррозионная активность теплоносителя ( $\Phi_{48}$ ); наличие блуждающих токов ( $\Phi_{49}$ ).

Для определения весомости (значимости) факторов использовался метод анализа иерархий (МАИ), основанный на аддитивной свертке, который позволяет не только найти наилучшее решение, но и оценить его достоверность [8-9].



На первом этапе анализа составляется матрица попарных сравнений факторов внутри каждой группы, на втором этапе вычисляется *нормализованный вектор приоритетов* (НВП) для каждого фактора, на третьем этапе – проверяется согласованность составленной матрицы. При попарном сравнении факторов оценивалась степень их влияния на долговечность труб (трубопровода) как в положительную, так и в отрицательную сторону.

Так как выбранные группы являются отдельными временными стадиями, начиная от изготовления ПИ-труб и заканчивая эксплуатацией построенного трубопровода, т.е. факторно не связаны друг с другом, то, следовательно, в нашей иерархии альтернативы независимы друг от друга. Поэтому на заключительном этапе определялась «весомость» самих групп, по которой корректировался НВП каждого фактора, что давало возможность более достоверно сравнить значимость всех факторов, независимо от того, к какой группе они принадлежат.

Инструментом расчета является матрица попарных сравнений отдельных факторов, элементы которой получены в результате присвоения лингвистической оценке относительной важности количественного значения [9]. Субъективность оценок при попарном сравнении, как самих факторов, так и групп нивелировалась определением согласованности матриц попарных сравнений. Методика расчета НВП факторов и показателей согласованности матриц попарного сравнения приведены в [10].

В таблице 1 показана результирующая выборка десяти наиболее значимых факторов, расположенных по мере убывания их значимости, с последующей нормализацией вектора приоритетов.

Таблица 4 – Показатели наиболее значимых факторов исследования

№	Фактор влияния на долговечность	ВП	НВП
1	Уровень контроля производства общих строительных работ (Ф26)	0,0719	0,141
2	Качество сварки стыков (Ф35)	0,0666	0,130
3	Наличие в трубе микротрещин и коррозии (Ф5)	0,0530	0,104
4	Применение труб, бывших в употреблении (Ф4)	0,0497	0,097
5	Уровень технического контроля качества в процессе производства труб (Ф16)	0,0497	0,097
6	Применение сбрасывания, скатывания и волочения при транспортировке труб (Ф21)	0,0475	0,093
7	Качество сборки на предприятии (соосность трубы и проводников СОДК) (Ф13)	0,0447	0,087
8	Качество монтажа (усадки) муфты (Ф38)	0,0430	0,084
9	Устройство защиты труб под улицами и дорогами (Ф33)	0,0426	0,083
10	Недочеты при проектировании (Ф24)	0,0425	0,083

В наибольшей степени, по нашему анализу, влияет на долговечность трубопровода *уровень контроля производства общих строительных работ* (Ф26),





который предполагает соблюдение норм и правил прокладки теплотрассы, заложенных в нормативной документации, и связанный с ним фактор Ф35: *качество сварки стыков*. Два последующих фактора Ф4 и Ф5 по значимости одинаковы. Если применяются трубы, бывшие в употреблении, то однозначно можно утверждать, что в материале будут присутствовать микротрещины и ржавчина. Новые трубы также могут содержать дефекты, выявление которых, а также контроль за сборкой трубы на предприятии (Ф13) напрямую относятся к службе технического контроля качества (Ф16). Среди всех выделенных факторов особое внимание, по нашему мнению, заслуживает фактор Ф21 (*применение сбрасывания, скатывания и волочения при транспортировке труб*), так как при этих работах возникает большинство внешних повреждений. Высокая значимость у фактора Ф38 (*качество монтажа муфты*), что требует повышенного внимания квалификации соответствующих работников и разработке более технологичных конструкций муфт. Под фактором Ф33 следует понимать *отсутствие положенной защиты труб под улицами и дорогами*. Аналогичную значимость имеет фактор Ф24 (*недочеты при проектировании*). В число наиболее «весомых» не вошли факторы стадии «Эксплуатация тепловой сети» из-за ее собственной низкой значимости по сравнению с другими стадиями.

#### Список использованных источников

1. Матвеев, В. И. Определение состояния металла трубопроводов тепловых сетей по результатам обследования индикаторов коррозии и инженерной диагностики / В. И. Матвеев, С. Я. Алибекова // *Новости теплоснабжения*. 2007. № 12 (88). Режим доступа: [http://www.ntsnu.ru/12\\_2007.html](http://www.ntsnu.ru/12_2007.html). Дата доступа: 16.01.2016.
2. Опасность применения труб, бывших в использовании, при производстве труб в ППУ изоляции / С. К. Павлюк [и др.] // *Новости теплоснабжения*. 2010. № 11 (123). С.25–29.
3. Шалыжин, К. А. О преимуществах изделий в ППУ изоляции, изготовленных с применением циклопентана / К. А. Шалыжин // *Новости теплоснабжения*. 2012. № 9 (145). Режим доступа: [http://www.ntsnu.ru/9\\_2012.html](http://www.ntsnu.ru/9_2012.html). Дата доступа: 17.01.2017.
4. Келлнер, Ю. Способы производства полиуретановых предизолированных труб для систем центрального отопления / Ю. Келлнер // *ПОЛИМЕР-СТРОЙ*, 2012. Режим доступа: [http://www.nny.ru/statyi\\_26\\_04\\_04\\_phtml](http://www.nny.ru/statyi_26_04_04_phtml). Дата доступа: 12.03.2016.
5. Иванов, С. А. Вероятность гидравлического удара в системе теплоснабжения, причины и последствия / С. А. Иванов // *Новости теплоснабжения*. 2005. № 2. С.44–46.
6. Умеркин, Г. Х. Еще раз о ППУ изоляции / Г. Х. Умеркин, С. В. Романов // *Новости теплоснабжения*. 2007. № 4(80).
7. Заглубоцкий, Н. З. Трубы в пенополиуретановой изоляции. Пора решать проблемы / Н. З. Заглубоцкий, Г. В. Круталевич // *Новости теплоснабжения*. 2011. № 4 (128). Режим доступа : [http://www.ntsnu.ru/4\\_2011.html](http://www.ntsnu.ru/4_2011.html). Дата доступа : 17.01.2017.
8. Саати, Т. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / Т. Саати, К. Керис. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
9. Романов, В. Н. Системный анализ для инженеров / В. Н. Романов. СПб: СЗГЗТУ, 2006. 186 с.
10. Леонович, И. А. Анализ основных производственных факторов, обеспечивающих долговечность ПИ-труб для тепловых сетей / И. А. Леонович, А. А. Александриков, В. В. Титов // *Вестн. Бел.-Рос. ун-та. Могилев*, 2017. №2. С.142-152.