

УДК 697.34

## ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПИ-ТРУБ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТЕПЛОТРАСС

В. В. ТИТОВ

Научный руководитель И. А. ЛЕОНОВИЧ, канд. техн. наук, доц.  
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Современные предварительно изолированные трубы (ПИ-труб) для тепловых сетей являются высокотехнологическим продуктом. В большинстве случаев труба, по которой доставляется теплоноситель, выполняется из стали. В качестве тепловой изоляции используется вспененный полиуретан (пенополиуретан – ППУ). Материалом защитной оболочки служит полиэтилен высокой плотности или тонколистовая оцинкованная сталь в зависимости от вида прокладки трассы (подземная или надземная). В слое теплоизоляции размещаются провода системы оперативного дистанционного контроля (СОДК) для фиксирования и локализации места намокания пенополиуретана при протечке трубы.

Из-за несоблюдения правил транспортировки и хранения труб и технологического процесса прокладки теплотрасс возможны нарушения целостности внешней гидрооболочки, коробление торцов труб и другие повреждения, которые, в конечном счете, приведут к ускоренной коррозии стальной трубы и нарушению ее герметичности. Наиболее уязвимыми являются трубы с внешней оболочкой из полиэтилена, который довольно легко повреждается. Опасность нарушения оболочки повышается при бесканальной прокладке, особенно в зимний период, когда в грунт засыпки могут попадать комья мерзлой земли.

Основным направлением исследования в работе является поиск наиболее весомых факторов снижения долговечности предварительно изолированных труб с момента их отгрузки с предприятия и до начала эксплуатации. Для достижения поставленной цели использовался метод анализа иерархий (МАИ), позволяющий определить весомость фактора в виде нормализованного вектора приоритетов (НВП) при обработке матрицы попарных сравнений [1–3].

В результате изучения нормативной документации и публикаций в открытой печати было выделено 24 фактора, которые были разбиты на три группы: транспортировка и хранение труб, основные строительные работы, монтаж стыков.

На первом этапе исследований составляется матрица попарных сравнений факторов внутри каждой группы, на втором – вычисляется нормализованный вектор приоритетов (НВП) для каждого фактора, на третьем – проверяется согласованность составленной матрицы (ОС – отношение согласованности). По величине НВП выявляются те факторы, которые оказывают наибольшее влияние на долговечность ПИ-труб.

Инструментом расчета является матрица попарных сравнений отдельных факторов, элементы которой получены в результате присвоения лингвистической оценке относительной важности количественного значения [2]. В лингвистической шкале рассматривалось 9 градаций (от равной важности – 1, до очень сильного превосходства – 9). При попарном сравнении факторов оценивалась степень их влияния на долговечность труб (трубопровода) как в положительную, так и в отрицательную сторону.

Результат расчета нормализованного вектора приоритетов выделенных факторов показан в табл. 1.

Табл. 1. Нормализованный вектор приоритетов для факторов, влияющих на долговечность ПИ-труб

№	Фактор	НВП
<i>Группа «Транспортировка и хранение труб»</i>		
1	Качество дорожного покрытия для обеспечения плавности движения при транспортировке	0,1028
2	Количество ярусов труб	0,0804
3	Использование амортизирующих подкладок	0,0843
4	Вид строп	0,1845
5	Применение сбрасывания, скатывания, волочения	0,3923
6	Защита теплоизоляции с торцов от намокания	0,0856
7	Защита от атмосферных осадков и солнечных лучей	0,0702
<i>Группа «Основные строительные работы»</i>		
1	Недочеты при проектировании	0,1095
2	Квалификация рабочих	0,1174
3	Уровень контроля производства работ	0,1609
4	Устройство песчаного основания	0,0508
5	Устройство водоотведения	0,0779
6	Попадание мусора внутрь трубы	0,0413
7	Наличие амортизирующих прокладок для компенсации температурных расширений, их толщина	0,1404
8	Наличие мусора и камней в грунте обратной засыпки	0,0765
9	Наличие маркировочной ленты	0,0765
10	Устройство защиты труб под улицами и дорогами	0,1487
<i>Группа «Монтаж стыков»</i>		
1	Точность соединения стальных труб	0,2027
2	Качество сварки	0,2703
3	Качество проведения гидравлических испытаний	0,1215
4	Качество соединения проводников	0,0677
5	Качество монтажа (усадки) муфты	0,1506
6	Качество проверки герметичности стыка муфты	0,0817
7	Качество заливки компонентов ППУ	0,1056

Оценки в матрице, которые отражают субъективное мнение авторов исследований, считаются согласованными, если  $OC \leq 10...15\%$ , в противном случае их надо пересматривать. В представленной работе все матрицы попарных сравнений оказались согласованными.

Анализ группы «Транспортировка и хранение труб» показал, что в наибольшей степени на сохранность труб влияет фактор *применения сбрасывания, скатывания и волочения*. Следующие за ним факторы (вид строп и качество дорожного покрытия) обладают более чем в два раза меньшей значимостью. Это говорит о том, что приведенные примеры манипуляций с трубами наносят им наиболее серьезные повреждения.

Анализ группы «Основные строительные работы» выделил несколько наиболее значимых факторов, указанных в порядке убывания НВП: *уровень контроля производства основных строительных работ*, устройство защиты труб под улицами и дорогами, наличие амортизирующих прокладок для компенсации температурных расширений. Правила обращения с ПИ-трубами хорошо известны и подробно расписаны во многих нормативных документах, как общегосударственного, так и ведомственного значения. Эти правила не требуют особой квалификации исполнителей, они лишь требуют точного соблюдения определенных требований. Поэтому контроль над их соблюдением обладает наибольшей «весомостью».

Работа трубопроводов при бесканальной прокладке тепловых сетей имеет определенную специфику. Благодаря сопротивлению грунта продольным и боковым перемещениям на порядок возрастают осевые усилия, вследствие чего такие трубопроводы имеют более низкую компенсирующую способность. Поэтому *наличие амортизирующих прокладок для компенсации температурных расширений* – в числе лидирующих факторов. Под фактором *устройство защиты труб под улицами и дорогами* подразумевается отсутствие требуемой защиты.

Анализ группы «Монтаж стыков» выделил особо два фактора, которые взаимосвязаны: *качество сварки стыков и точность соединения стальных труб*. Высокая значимость также у фактора *качество монтажа муфты*, поэтому следует обратить повышенное внимание и на квалификацию соответствующих работников и на разработку более технологичных конструкций муфт.

В дальнейших исследованиях предполагается из двух последних групп сформировать одну, включающую не более 10 наиболее значимых факторов, согласно [2, 3]. Используя полученный опыт, предполагается пересмотреть систематизацию факторов, укрупнив взаимосвязанные операции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Саати, Т.** Аналитическое планирование. Организация систем : пер. с англ. / Т. Саати, К. Керис. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.
2. **Романов, В. Н.** Основы системного анализа: учеб. пособие / В. Н. Романов. – СПб : СЗГЗТУ, 1996. – 206 с.
3. **Романов, В. Н.** Системный анализ для инженеров / В. Н. Романов. – СПб : СЗГЗТУ, 2006. – 186 с.