

Использование теплоизоляционного материала пенополиуретан в обеспечении работы тепловых сетей

Ф.Р. Хайбиев, А.Ю. Власова, Р.Ф. Камалиева

Казанский государственный энергетический университет

Аннотация: Снижение потерь тепловой энергии в теплосетях и повышение их надежности является актуальной задачей для теплоэнергетики. Использование пенополиуретановой (ППУ) изоляции трубопроводов на сегодняшний день рассматривается как наиболее перспективное решение данной проблемы. Однако, построение долговечного и экономичного трубопровода с ППУ изоляцией требует определенных условий. Несмотря на преимущества использования ППУ-изоляции, опыт внедрения таких трубопроводов выявил проблемы, возникающие в результате аварийных ситуаций, напрямую влияющие на снижение энергоэффективности. Для решения данных проблем вводится система оперативного дистанционного контроля (СОДК) для устранения аварий и отслеживания увлажнения изоляции. В работе представлен анализ внедрения СОДК на базе LoRaWan на тепловых сетях в Республике Татарстан. Исследование показывает, что в первый год эксплуатации количество дефектов было выше из-за налаживания системы сбора информации и установки датчиков. Однако, второй год эксперимента продемонстрировал снижение количества дефектов и аварий, что свидетельствует о повышении эффективности системы. Рекомендуется внедрение трубопроводов с ППУ-изоляцией и СОДК для повышения надежности и эффективности тепловых сетей.

Ключевые слова: трубопроводы, тепловые сети, пенополиуретановая изоляция, надежность, долговечность, энергетическая эффективность, система оперативного дистанционного контроля.

Энергетическая эффективность является важным критерием оценки возможности применения теплоизоляционного материала в тепловых сетях. При корректной организации работы тепловых сетей и использования качественного изоляционного материала можно снизить потери тепла в десять и более раз [1,2]. Использование некачественных и недолговечных материалов влечет за собой снижение срока эксплуатации трубопроводов и увеличивает потери тепла. На сегодняшний день наиболее перспективным решением в выборе изоляционного материала является использование пенополиуретановой (ППУ) изоляции. Данный материал обладает: высокой долговечностью, экологичностью, гидрофобностью, широким температурным диапазоном эксплуатации, отсутствием возможности

размножения нежелательных микроорганизмов [3,4]. Но для построения долговечного, экономичного и отвечающего всем современным требованиям трубопровода в ППУ-изоляции необходимо строгое выполнение трех условий:

- использование высококачественных материалов при изготовлении;
- грамотное проектирование тепловых сетей;
- квалифицированное и добросовестное проведение строительномонтажных и ремонтных работ [5,6].

Но опыт внедрения трубопроводов с ППУ-изоляцией показал, что несмотря на имеющиеся положительные характеристики материала, все равно возникают аварийные ситуации, которые связаны с режимом эксплуатации трубопроводов. Чаще всего аварийные ситуации связаны с истечением теплоносителя [7,8]. Данный фактор существенно ухудшает показатели эффективности изоляции. В результате попадания влаги образуются пустоты, которые негативно сказываются на коэффициенте теплопередачи, процент потерь резко увеличивается, а энергетическая эффективность снижается [9,10]. Поэтому, для быстрого устранения аварий и отслеживания начала увлажнения изоляции существует система оперативного дистанционного контроля (СОДК). Для корректного функционирования трубопроводов с ППУ-изоляцией необходима установка контроллеров. Совокупная работа контроллеров дает полную информацию о намокании изоляции, об обрыве сигнального проводника, а также о нарушении целостности структуры изоляции. Стоит также отметить, что установка СОДК рациональна на трубопроводах, которые только что введены в эксплуатацию. Установка системы на эксплуатируемые в течение долгого времени трубопроводы приводит к неинформативности считываемых показателей и невозможности качественного контроля целостности трубопроводов. Программа дистанционного сбора показаний

СОДК-трубопроводов с использованием контроллеров АСУТП-объектов представлена на рис. 1.

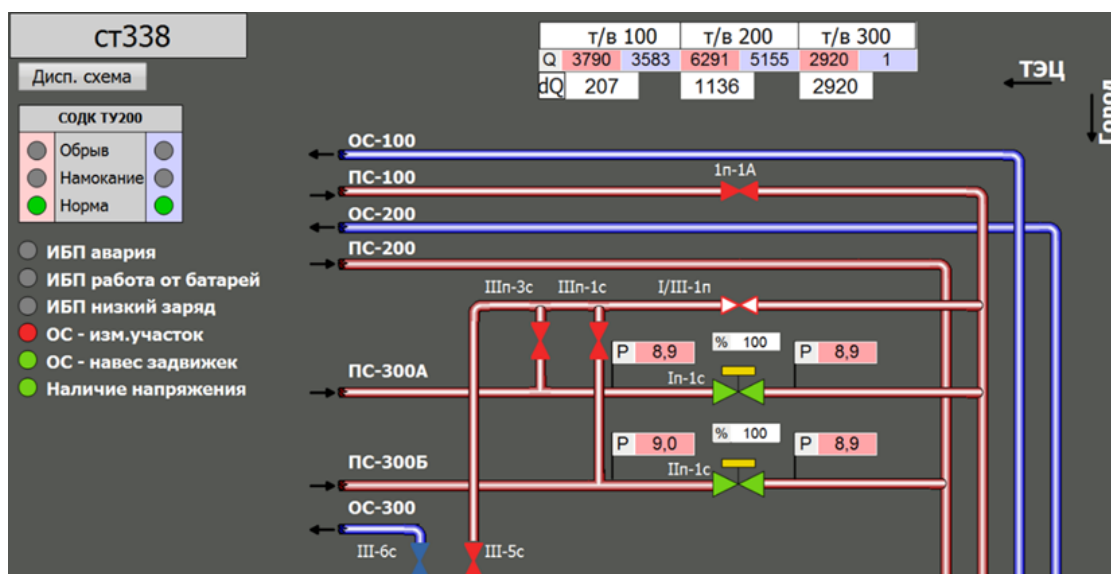


Рис. 1. – Показания СОДК-трубопроводов с использованием контроллеров АСУТП

Установка датчиков практически не зависит от локации и может быть осуществлена на различных объектах (рис. 2).

LoRaWan, протокол, разработанный в 2015 году компанией Semtech Corporation при содействии IBM Research, имеет упрощенную архитектуру сети и не требует постоянной ретрансляции пакетов данных между узлами. Вместо этого, конечные устройства (узлы) напрямую передают информацию на несколько шлюзов одновременно по нескольким каналам связи. Каждый шлюз, в свою очередь, пересылает полученные данные в облачный сервер сети.

Данная система характеризуется низким энергопотреблением, широкой зоной покрытия и высокой степенью безопасности и была апробирована на тепловых сетях в одном из городов Республики Татарстан. После реконструкции и замены большей части тепловых сетей, были монтированы датчики, позволяющие в короткие сроки определить не только аварийный участок, но и степень срочности за счет цветовой индикации (рис. 3,4).



Рис. 2. – Дистанционный сбор показаний системы оперативного дистанционного контроля трубопроводов с использованием технологии LoRaWAN. Базовая станция на крыше жилого дома (слева), устройство диагностики в наземном ковре (верхний рисунок справа), устройство диагностики в тепловой камера (нижний рисунок справа)



Рис. 3. – Web-интерфейс технологии LoRaWAN для сбора показаний СДОК

Система мониторинга состояния СОДК теплоснабжения на базе LoRaWAN

Общий мониторинг Казанские тепловые сети Нижнекамские тепловые сети Набережночелнинские тепловые сети Диспетчер НЧТС 14:23:41 16.10.2023

Филиал АО "Татэнерго" - Набережночелнинские тепловые сети

Схема мониторинга работы устройств УСПД на объекте НЧТС

№	Начало и конец участка	Изоляция	Линия	U батареи	Связь	Общее	№	Начало и конец участка	Изоляция	Линия	U батареи	Связь	Общее
43	TK-100 - TK-113 - ж/д 5/20	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	64	TK-160/1 - TK-160/3	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
44	TK-113/1 - ж/д 5/20	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	65	TK-144 - TK-145	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
45	ж/д 5/8 - ж/д 5/7	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	66	TK-249 - C18	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
46	TK-90 - TK-91	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	67	TK-164 - TK163	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
47	TK-142 - ж/д 8/11	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	68	ж/д 10/23 - ж/д 10/1	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
48	ж/д 8/30 - ж/д 8/4а	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	69	ТУ-164 - TK182	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
49	TK-144 - ж/д 8/11	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	70	ж/д 10/36-2 - ж/д 10/36-3	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
50	TK-145 - ж/д 8а/1	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	71	ж/д 10/36-1 - ж/д 10/36-2	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
51	TK-146 - ж/д 8б/3	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	72	ж/д 10/36-3 - д/сад № 43	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
52	TK-151 - ж/д 8/18	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	73	ж/д 10/36-3 - ж/д 10/92	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
53	TK-148/1 - ж/д 8/31	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	74	TK-170 - TK-157	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
54	TK-151/1 - TK-151	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	75	TK-171 - TK-170	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
55	TK-53/2 - TK-53/3	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	76	ж/д 10/38 - TK-172	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
56	TK-89/2 - TK-56/1	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	77	TK-23 - ж/д 15/7	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
57	TK-56/2 - TK-56/3	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	78	TK-122/1 - ж/д 18/11	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
58	TK-161/3 - ж/д 9/3б	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	79	TK-188 - ж/д 10/13	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
59	TK-160 - ж/д 9/5	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	80	TK-190 - ж/д 10/14	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
60	TK-160/1 - TK-161	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	81	TK-191 - TK190	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
61	TK-161/3 - ж/д 9/3б	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	82	TK-191 - ж/д 10/18	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма
62	TK-58/4 - TK-58/1, TK58/3	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма	83	TK-226 - ж/д С1	Нормально	Общая	Нормально	Нет связи	Норма

Рис. 4. – Web-интерфейс с учетом всех линии трубопроводов

Для реализации и ввода в эксплуатацию трубопроводов с СОДК требуются значительные экономические вложения, поэтому, как правило процесс внедрения носит поэтапный характер. Для конкретного города был рассчитан объем диспетчеризации с учетом планового перехода на СОДК (таблица №1).

Таблица №1

Информация об объеме диспетчеризации СОДК трубопроводов в ППУ

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	НЧТС
1	Общая протяженность тепловых сетей в однострубно́м исчислении	км	724
2	Протяжённость стальных трубопроводов в ППУ-изоляции	км	315
3	Доля стальных трубопроводов в ППУ-изоляции от общей протяженности	%	43
4	Общее количество единичных участков систем ОДК	шт.	1801
5	Участки трубопроводов в ППУ-изоляции, оснащенные СОДК с диспетчеризацией с применением адаптеров сотовой связи и контроллеров АСУТП:		

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	НчТС
	- количество единичных участков системы ОДК	шт.	78
	- протяженность трубопроводов	км	20
6	Системы ОДК, подлежащие охвату системой мониторинга состояния ОДК системы теплоснабжения на базе сквозной технологии беспроводной связи LoRaWAN:		
	- количество точек контроля	шт.	242
	- количество единичных участков системы ОДК	шт.	416
	- протяженность трубопроводов	км	61
7	Объем диспетчеризации систем ОДК трубопроводов в ППУ изоляции тепловых сетей:		
	- единичных участков системы ОДК	%	27,43
	- трубопроводов с системой LoRaWAN + ACCB + WinCC	%	25,97
	- трубопроводов с системой LoRaWAN	%	19,49

Для оценки эффективности и пригодности данной системы в рамках города была собрана информация за два года о количествах аварий, возникших за период эксплуатации (таблица №2).

Таблица №2

Количество аварийных ситуаций за два года с интеграцией за год

Год	2022	2023
Всего дефектов	204	174
Отсутствие связи	112	139
Обрыв	68 (1 на трубе)	32 (1 на трубе)
Намокание	24 (12 на трубе)	3 (2 на трубе)

В рамках проведенного анализа видно, что за первый год эксплуатации количество дефектов было на 15% выше, в два раза чаще были обрывы и намокания. Предполагаем, что причины кроются в налаживании рабочей системы сбора информации и корректной установки датчиков на

трубопроводы. В первый год эксплуатации процент причин, связанных с человеческим фактором, значительно больше, так как персонал впервые отработывал навыки на данной системе. Второй год эксперимента показал, что количество дефектов снизилось и значительно сократились крупные аварийные ситуации, связанные с намоканием изоляционного материала. Данный опыт позволяет рекомендовать к внедрению трубопроводы с ППУ-изоляцией с СОДК.

Литература

1. Майзель И.Л. Пути повышения надежности и долговечности тепловых сетей // Энергетика Татарстана. 2007. № 3(7). С. 10–15.
2. Агапов Р.В. Энергосбережение в ОАО «Московская теплосетевая компания» // Энергосбережение. 2009. №1. С. 54–56.
3. Яровой Ю.В., Корсунский В.Х., Бурдыга Ю.Ю. О системе качества трубопроводов в ППУ изоляции НП «Российское теплоснабжение» // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. № 1. С. 20–21.
4. Корытцын В.А. Качество трубопроводов в ППУ изоляции – залог их надежной и эффективной эксплуатации // Новости теплоснабжения. 2008. № 6(94). С. 1–4.
5. Козлова В.Л., Биксина Н.А. Качество поставляемых на российский рынок исходных полиуретановых систем // Эффективные системы менеджмента – гарантии устойчивого развития. 2016. Т. 2. № 5. С. 143–148.
6. Ширинян В.Т. Качество поставляемых на российский рынок исходных полиуретановых систем производителями местного и иностранного происхождения // Новости теплоснабжения. 2009. № 2. С. 1–4.
7. Болотов С.В., Герасименко Н.В. Система оперативного дистанционного контроля состояния пенополиуретановой изоляции трубопроводов тепловых сетей с цифровыми датчиками влажности // Вестник Белорусско-Российского университета. 2016. № 2(51). С. 139–147.

8. Хворостов И.В. К вопросу о надежности теплосетей с трубами в пенополиуретановой изоляции // Новости теплоснабжения. 2000. № 1. С. 10–14.

9. Болотов С.В., Герасименко Н.В. Контроль состояния ППУ-изоляции трубопроводов тепловых сетей цифровыми датчиками влажности // 1-ая дистанционная научно-техническая конференция НККМ-2014 «Приборы и методы неразрушающего контроля композиционных материалов». СПб., 2015. С. 177–183.

10. Цыганкова Ю.С. Оценка транспортных потерь тепловой энергии через теплоизоляционные конструкции трубопроводов тепловых сетей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.14.04. Томск, 2012. 25 с.

References

1. Majzel' I.L. Jenergetika Tatarstana. 2007. № 3(7). pp. 10–15.
2. Agapov R.V. Jenergosberezhenie. 2009. №1. pp. 54–56.
3. Jarovoj Ju.V., Korsunskij V.H., Burdyga Ju.Ju. Jenergobezopasnost' i jenergosberezhenie. 2010. № 1. pp. 20–21.
4. Korytcyn V.A. Novosti teplosnabzhenija. 2008. № 6(94). pp. 1–4.
5. Kozlova V.L., Biksina N.A. Jeffektivnye sistemy menedzhmenta – garantii ustojchivogo razvitija. 2016. T. 2. № 5. pp. 143–148.
6. Shirinjan V.T. Novosti teplosnabzhenija. 2009. № 2. pp. 1–4.
7. Bolotov S.V., Gerasimenko N.V. Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta. 2016. № 2(51). pp. 139–147.
8. Hovorostov I.V. Novosti teplosnabzhenija. 2000. № 1. pp. 10–14.
9. Bolotov S.V., Gerasimenko N.V. 1-aja distancionnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija NKКМ-2014 «Pribory i metody nerazrushajushhego kontrolja kompozicionnyh materialov». SPb., 2015. pp. 177–183.
10. Cygankova Ju.S. Ocenka transportnyh poter' teplovoj jenerгии cherez teploizoljacionnye konstrukcii truboprovodov teplovyh setej. [Assessment of



transport losses of thermal energy through thermal insulation structures of pipelines of thermal networks]: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.14.04. Tomsk, 2012. 25 p.

Дата поступления: 12.03.2024

Дата публикации: 18.04.2024