**Инновационные методы мониторинга трубопроводов**

**Чурин К.Е., Таракановский Н.В., Вахламов М.О.**

**Научный руководитель: Кошелева Л. А.**

*Муниципальное автономное образовательное учрждение города Нижнего Новгорода «Лицей № 82», 10Б класс,*

*Г. Нижний Новгород, Россия,*

*Email:* [*kirillchurin07@mail.ru*](mailto:kirillchurin07@mail.ru)*,* [*maxvahlamov2008@yandex.ru*](mailto:maxvahlamov2008@yandex.ru)*,* [*taraknv@mail.ru*](mailto:taraknv@mail.ru)

**Innovative methods of pipeline monitoring**

**Churin K.E., Tarakanovski N.V., Vakhlamov M.O.**

**Scientific director: Kosheleva L.A.**

*Municipal autonomous educational institution of the city of Nizhny Novgorod "Lyceum № 82", 10”Б” class,*

*Nizhny Novgorod, Russia,*

**Аннотация**

Разработка инновационного способа мониторинга трубопроводов, анализ уже существующих, разработка наглядной модели.

**Abstract**

Development of an innovative method for monitoring pipelines, analysis of existing ones, development of a visual model.

**Ключевые слова:**

Трубопровод, система обнаружения утечек, Arduino, SWOT-анализ.

**Keywords:**

Pipeline, Leak Detection System, Arduino, SWOT Analysis.

**Введение**

В 1989 году случилась одна из крупнейших железнодорожных катастроф, причиной которой стала утечка газа. На перегоне Аша — Улу-Теляк Башкирской АССР взорвались 2 пассажирских состава. Общее число жертв, по разным данным, составило от 575 до 645 человек, в том числе 181 ребёнок. Расследование длилось 6 лет. Причиной аварии стала утечка природного газа с близлежащего трубопровода. Газ постепенно накапливался в долине, где проходила железнодорожная магистраль. Случайная искра из-под одного из локомотивов спровоцировала детонацию. [8]

Подобных случаев немало в истории человечества.

Утечки газа могут негативно сказываться на окружающей флоре и фауне, а при некоторых обстоятельствах могут привести к очень печальным последствиям как для отдельных людей, так и для государства в целом. [7, 10]

**Цель работы** заключается в создании инновационного метода мониторинга трубопроводов, а также в создании модели для его иллюстрации.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи:

1. Изучить классификацию трубопроводов по различным признакам, причины утечек, цели и особенности их контроля;
2. Проанализировать существующие на данный момент способы мониторинга трубопроводов;
3. Разработать собственный способ мониторинга трубопроводов, провести анализ для его оценки и модель, наглядно показывающую принцип работы разработанного способа

**Теоретическая часть**

**Трубопроводы и их классификация:**

**Трубопровод** — инженерно-техническое сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, пылевидных и разжиженных масс, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.

В зависимости от **вида прокладки и/или перехода** (типа опоры) трубопроводы классифицируются на:

* надземный/наземный — укладывается выше уровня земли на отдельных опорах. Может быть арочный, висячий, балочный.
* подземный — укладывается непосредственно на грунт в траншеях, канавах, насыпях, штольнях, на опорах в тоннелях и дюкерах;
* подводный — укладывается по дну водоёмов, рек или в траншеях, прорытых на дне;
* плавающий — укладывается на поверхности болот, а также озёр, рек и других водоёмов с креплениями к поплавкам (чаще пластмассовыми)

Также трубопроводы подразделяются на:

* Массопровод — предназначен для транспортировки гидроторфа на торфоразработках, различных сыпучих материалов на складах и промышленных предприятиях, золоудалители теплоэлектростанций и т. п.
* Теплопровод — предназначен для передачи теплоносителя (вода, водяной пар) от источника тепловой энергии в жилые дома, общественные здания и промышленные предприятия.

**По расположению относительно зданий и сооружений** разделяются на наружные и внутренние.

**В зависимости от длины, диаметра и количества передаваемой энергии** подразделяются на:

* магистральные (от источника энергии до микрорайона или предприятия),
* распределительные (от магистральных до трубопроводов, идущих к отдельным зданиям),
* ответвления (от распределительных трубопроводов до узлов присоединения местных потребителей тепла).

Газопроводы **по максимально возможному давлению газа внутри них** классифицируются на:

* низкого давления – до 5 кПа (избыточных);
* среднего давления – 5 кПа–0,3 МПа;
* высокого давления II категории – 0,3–1,2 Мпа.

Трубопроводные системы являются одним из самых экономичных и безопасных способов транспортировки газов, нефти, нефтепродуктов и других жидкостей. Большая часть трубопроводов в независимости от транспортируемой среды разрабатываются исходя из срока эксплуатации порядка 25 лет. Но по мере старения они начинают отказывать, появляются утечки в точках коррозии и участках, имеющих небольшие структурные повреждения. Кроме того, есть и другие причины, приводящие к появлению утечек, например, террористические акты, диверсии, воровство продукта из трубопровода и т. д.

**Основные цели контроля трубопроводов:**

* Быстрое обнаружение возникновения неполадки или утечки;
* Оповещение персонала о проблеме и её характере;
* Предоставление точной информации о характере и координатах возникшего дефекта.

**Особенности и возможные преимущества дистанционного контроля трубопроводов:**

* Контроль состояния всего трубопровода в режиме реального времени;
* Централизованный мониторинг и управление процессам из единого рабочего места;
* Возможность диагностики труднодоступных отрезков;
* Улучшение надёжности и безопасности работы всего трубопровода;
* Быстрое обнаружение и оповещение о возникновении утечек и проблем, что позволяет снизить ущерб;
* Мониторинг осуществляется без нарушения целостности и остановки работы трубопровода.

**Система обнаружения утечек:**

Система обнаружения утечек (СОУ) - автоматизированная информационная система, контролирующая целостность стенки трубопровода.

Главная задача систем обнаружения утечек состоит в том, чтобы помочь владельцу трубопровода выявить факт утечки и определить её местоположение. СОУ обеспечивает формирование сигнала тревоги о возможном наличии утечки и отображение информации, помогающей принять решение о наличии или отсутствии утечек.

СОУ подразделяются на системы на базе процессов, происходящих в трубопроводе и СОУ на базе процессов, происходящих вне трубопровода. Системы первого вида используют контрольно-измерительное оборудование (*расходомеры, датчики* и т.д.) для мониторинга параметров транспортируемой среды в трубопроводе. Системы второго вида используют контрольно-измерительное оборудование (*ИК-радиометры, тепловизоры, детекторы паров, акустические микрофоны, волоконно-оптические датчики* и т.д.) для контроля параметров вне трубопровода.

Для разработки собственного способа мониторинга трубопроводов необходимо проанализировать уже существующие. Ниже представлены некоторые из них:

* Распределённый мониторинг деформации на основе DSS (Distributed Strain Sensing) [8] — это новейший метод контроля и диагностики протяжённых объектов. Оптоволоконный кабель крепится непосредственно к инфраструктуре, то есть к трубопроводу. На него передаётся любое удлинение или сжатие поверхности трубопровода, что фиксирует аппаратура и сообщает о несанкционированных действиях на объекте.
* Сравнение расходов – контролируется объем транспортируемой среды в начальной и конечной точке. При большой разнице включается аварийное оповещение.
* Также широко используются изделия из пенополиуретана (ППУ). Производить мониторинг на них позволяет система СОДК: на трубу устанавливают датчики, измеряющие влажность, электропроводимость изоляции.

Существуют также способы обнаружения утечек при помощи природных факторов, например:

* В Чехии над газопроводом высаживают люцерну. При воздействии даже небольшого количества газа люцерна ощутимо меняет свой рост и цвет. С вертолёта или дрона отлично видно такие места.
* В США для обнаружения утечек используют грифов. Для этого в газ добавляют вещество с запахом тухлого мяса. Грифы питаются падалью, и, чуя запах тухлого мяса, начинают кружить над местом утечки. Обходчику легко заметить крупных птиц и обнаружить место утечки.

Самым эффективным из рассмотренных нами способов является первый, где изменения в газопроводе фиксируются оптоволоконным кабелем. Но он достаточно сложен в установке и подходит только для новых трубопроводов. Установка данной системы на старые газопроводы либо очень сложна, либо невозможна, так как он требует плотного прилегания кабеля к поверхности трубы.

Второй рассмотренный нами способ достаточно дорогой, так как при серьёзной утечке теряется много содержимого трубопровода, а также много времени уходит на то, чтобы обнаружить утечку, из-за чего этот способ не годится для больших трубопроводов.

Третий способ недорогой и достаточно простой, однако подходит преимущественно для труб из ППУ, что ограничивает область его использования.

Способы, основанные на природных факторах, требуют обходчика, который будет наблюдать за трубопроводом на протяжении всей его длины. Это влечёт за собой затраты на транспорт или дронов.

**Разработанный способ**

Предлагаемый способ мониторинга трубопроводов заключается в расстановке по всей длине газопровода датчиков давления и температуры, получающих информацию непосредственно из внутренней среды трубы. Информация с каждого датчика будет поступать в контрольный центр, где будет осуществляться наблюдение за показаниями и принятие решения о ремонте конкретного участка трубы. Тревога определяется при обнаружении сильного отклонения показаний датчиков от нормы, которая, в свою очередь, будет высчитываться во время первого запуска газопровода в заведомо исправном состоянии.

**SWOT-анализ:**

Сильные стороны:

1. Быстрое обнаружение места поломки трубы;
2. Не требуется обходчик и затраты на него;
3. Вся информация в центре управления;
4. Простота в установке;
5. Гибкость в использовании;
6. Легкость эксплуатации.

Слабые стороны:

1. Затруднен ремонт (т. к. легко повредить датчик);
2. Проводка, расположенная рядом с газопроводом, может повредиться;
3. На точность измерений влияют много факторов, такие как расстояние между датчиками, их расположение.

Возможности:

1. СОУ конкурентоспособна, на рынке нет подобных систем;
2. Из-за простоты эксплуатации и гибкости использования СОУ может быть востребована в условиях города;
3. Благодаря быстрому обнаружению утечек сохраняется окружающая газопровод флора и фауна.

Угрозы:

1. При неправильной установке может повредиться датчик;
2. При попадании воды, датчик может выйти из строя;
3. Материал (металл) может окислиться, из-за этого возможны аварии.

**Таблица 1**

**Матрица SWOT-анализа**



Для наглядного представления работы разработанного способа мониторинга газопроводов была создана модель. Список компонентов модели см. в таблице ниже:

**Таблица 2**

**Список компонентов модели**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Компонент | Название | Количество, шт |
| Датчик давления и температуры | BME280 | 1 |
| Контроллер | Arduino Pro Mini | 1 |
| Компрессор | Компрессор аквариумный  (NR-841536) | 1 |
| Экран | MT-16S2H | 1 |
| Реостат | Потенциометр | 1 |
| Кнопки | Кнопки | 2 |

**Принцип работы модели:**

В пластиковой трубе с заглушками 3, с одной стороны установлена медная трубка, соединённая с компрессором 6, шлангом/трубкой. С другой стороны установлен датчик давления/температуры 2. Компрессор 6, создает давление в трубе 3 которое регулируется с помощью крана 1. Датчик 2, считывает информацию о давлении, передает информацию на блок управления 5, и полученные значения выводятся на дисплей 4. При отклонении от установленных значений давления и температуры на блоке управления 5, начинает мигать светодиод и пьезодинамик издает звуковой сигнал.

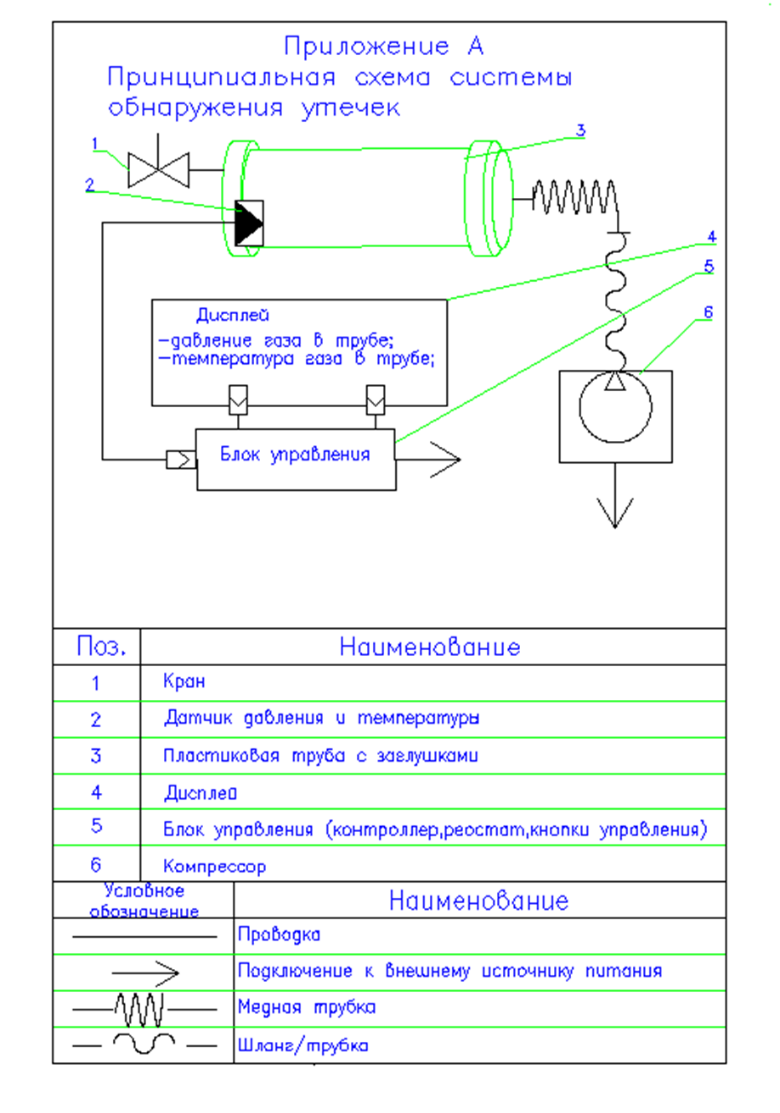
****

Рис.1. Принципиальная схема модели

**Результаты**

На данный момент существует немало разнообразных способов мониторинга трубопроводов. Они имеют как свои преимущества, так и недостатки. Одни дороги в реализации, другие подходят только для определённого вида труб, третьи сложны в установке и требуют специфических условий для работы.

**Преимущества предлагаемого способа:**

* Дистанционное слежение за исправностью газопровода;
* Вся информация с датчиков поступает сразу к оператору;
* Благодаря этому способу обнаружения быстро определяется место утечки, что позволяет уменьшить время простоя газопровода, а также убытки из-за потерянного газа;
* Простота в установке, нетребовательность к типу газопровода, способ не требует специфических условий.

**Сильные и слабые стороны:**

Наиболее значимыми сильными сторонами являются: 1 (легко обнаружить место утечки), 4 (простота в установке), 6 (простота эксплуатации).

Наиболее значимые проблемные стороны: 1 (затруднительный ремонт), 3 (зависимость точности измерения от расстояния между датчиками)

**Заключение**

В ходе работы был разработан новый способ мониторинга трубопроводов. Для этого в полном объёме были выполнены все поставленные задачи.

Предлагаемый способ мониторинга трубопроводов имеет как свои преимущества, так и недостатки. Потенциально он не сможет полностью вытеснить какой(ие)-либо способ(ы) из уже существующих, но в некоторых условиях он может найти применение и функционировать лучше других существующих способов.

Исходный код модели, а также фото её в рабочем состоянии можно увидеть в открытом репозитории GitHub:

Роли участников проекта:

* Таракановский Никита Викторович – Сбор и анализ информации по теме проекта, создание демонстрационной модели
* Вахламов Максим Олегович – Анализ информации по теме проекта, SWOT-анализ разработанного способа мониторинга трубопроводов
* Чурин Кирилл Евгеньевич – Разработка способа мониторинга трубопроводов, создание демонстрационной модели, написание кода для модели.

**Используемые источники**

1. Материалы ежегодных отчетов о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2004-2014 года (http://www.gosnadzor.ru/public/annual\_reports/).
2. Промышленная безопасность и надежность магистральных трубопроводов / Под ред. А.И. Владимирова, В.Я. Кершенбаума. – М.: Национальный институт нефти и газа, 2009.
3. Башкин В.Н., Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Аварийные выбросы природного газа: проблемы и пути их решения // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 8.
4. Лисанов М.В., Савина А.В., Дегтярев Д.В. и др. Анализ Российских и зарубежных данных по аварийности на объектах трубопроводного транспорта //Безопасность труда в промышленности. 2010. № 7
5. Лисанов М.В., Сумской С.И., Савина А.В. и др. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности // Безопасность труда в промышленности. 2010. №3
6. Мокроусов С.Н. Проблемы обеспечения безопасности магистральных и межпромысловых нефтегазопродуктопроводов. Организационные аспекты предупреждения несанкционированных врезок // Безопасность труда в промышленности. 2006. № 9
7. Ревазов А.М. Анализ чрезвычайных и аварийных ситуаций на объектах магистрального газопроводного транспорта и меры по предупреждению их возникновения и снижению последствий // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. 2010. № 1
8. Мониторинг трубопроводов с помощью кабелей-датчиков — возможности и преимущества.URL:https://incabspecialty.ru/techhub/pipeline-monitoring/
9. Шумайлов А.С., Гуменов А.Г., Молдованов О.И. Диагностика магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1992
10. Анализ аварий и несчастных случаев на трубопроводном транспорте России: учеб. пособие для вузов/ Под ред. Б.Е. Прусенко, В.Ф. Мартынюка. – М.: Анализ опасностей, 2003.
11. Шумайлов А.С., Гуменов А.Г., Молдованов О.И. Диагностика магистральных трубопроводов. – М.: Недра, 1992
12. Что такое SWOT-анализ и чем он полезен в проектах - <https://habr.com/ru/articles/829392/>
13. https://github.com/GyverLibs/GyverBME280?ysclid=m88ye81n1d850089180