

Системы обнаружения утечек – гарантия безопасной работы магистральных трубопроводов

*А.Б. Олененко, А.В. Набоков, Ю.В. Огороднова, Т.В. Крижановская,
О.А. Коркишко*

Тюменский Индустриальный Университет

Аннотация: В статье рассматриваются организационные и технические аспекты обнаружения утечек и несанкционированных врезок как важного направления обеспечения безопасности магистральных нефтепроводов. Приоритетным направлением своевременного выявления и предупреждения утечек и несанкционированных врезок на магистральных нефтепроводах является совершенствование технических методов их обнаружения.

Ключевые слова: магистральные нефтепроводы, безопасность, утечки, несанкционированные врезки, предупреждение, технические методы

Одним из важных этапов нефтепереработки является транспортировка нефти и нефтепродуктов по магистральным трубопроводам. Магистральные трубопроводы относятся к стратегически важным объектам, а сам процесс транспортировки нефти и нефтепродуктов является важным элементом промышленной, экономической, экологической и национальной безопасности.

В современных условиях усиления конкуренции в области экспорта нефти и нефтепродуктов большое влияние на повышение конкурентоспособности в данной сфере оказывают такие факторы, как бесперебойность, оперативность (своевременность) и качество поставок. Наличие этих факторов во многом предопределяет спрос на российскую нефть и нефтепродукты и сказывается на экономическом благосостоянии и авторитете РФ как одного из ведущих экспортеров. В последнее время опубликовано существенное количество серьезных и глубоких работ, посвященных решению проблемы обнаружения несанкционированных скачков давления в магистральных трубопроводах [1-3].

Бесперебойность и оперативность транспортировки нефти и нефтепродуктов достигается обеспечением безопасности магистральных трубопроводов, то есть состоянием защищенности систем магистральных трубопроводов от внутренних и внешних угроз.

Магистральные трубопроводы относятся к объектам повышенной опасности, которая определяется совокупностью опасных производственных факторов процесса перекачки и опасных свойств перекачиваемой среды.

Опасными производственными факторами при эксплуатации магистральных трубопроводов являются:

- возгорание продукта при разрушении трубопровода, открытый огонь и термическое воздействие пожара, как следствие разрушение трубопровода или его элементов, сопровождающееся разлетом осколков металла и грунта; обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок;
- токсическое воздействие продукции на окружающую среду.

Причиной возникновения вышеуказанных опасных производственных факторов и основной угрозой для состояния защищенности и бесперебойной работы нефтепроводов являются утечки нефти из магистральных трубопроводов.

Под утечкой нефти понимается нарушение герметичности магистрального трубопровода, сопровождающееся истечением из него нефти или нефтепродукта.

По причине возникновения утечки нефти следует классифицировать на возникшие вследствие внутреннего воздействия на трубопровод и внешнего воздействия на трубопровод.

К факторам внутреннего воздействия относятся: использование недоброкачественных материалов; старение металла; коррозионные процессы; халатность; низкая квалификация работников при строительстве магистральных нефтепроводов.

К факторам внешнего воздействия относятся: акты незаконного вмешательства и форс-мажорные ситуации.

В связи с этим приоритетными направлениями предупреждения утечек (в том числе криминальных врезок) из магистральных трубопроводов являются:

- совершенствование системы ведомственной охраны;
- разработка и совершенствование инженерно-технических средств охраны трубопроводов и технических методов обнаружения утечек.

Вместе с тем деятельность охранных подразделений и применение ИТСО не всегда позволяют эффективно выявлять утечки и оперативно реагировать на их устранение. Это обусловлено климатическими и географическими особенностями, огромной протяженностью трубопроводов, а также высокой стоимостью ИТСО. В связи с этим необходимым направлением предупреждения утечек в магистральных трубопроводах является разработка и применение технических методов обнаружения утечек, а именно систем обнаружения утечек (СОУ) [4].

В РД-13.320.00-КТН-223-09 представлено описание и требования к следующим видам СОУ:

- системы обнаружения утечек по волне давления;
- параметрические системы обнаружения утечек;
- комбинированные системы обнаружения утечек.

Метод определения утечек по анализу профиля давления основан на сопоставлении расчетного профиля давления и наблюдаемого во всех точках нефтепровода. При возникновении утечки или несанкционированной врезки появляется излом в профиле давления [5].

Достоинства: возможность определения интенсивности утечки; обеспечение постоянного мониторинга контролируемого участка и обработки данных.

Недостатки: возможность применения только при установившемся режиме эксплуатации изотермического трубопровода; возможность частых ложных срабатываний из-за изменения шероховатости труб, вязкости или плотности; невозможность применения в трубопроводных сетях со сбросами и подкачками; снижение точности метода при уменьшении интенсивности утечки; необходимость установки дополнительного измерительного оборудования для создания контрольных точек сравнения расчетного профиля давления и фактического.

Балансовый метод заключается в рассогласовании расходов в начальном и конечном сечении контролируемого участка нефтепровода, позволяет учитывать количество продукта в самой трубе.

Достоинства: возможность диагностирования утечек на больших участках нефтепровода; возможность обнаружения как быстро, так и медленно развивающихся утечек и отборов продукта; использование стандартных контрольно-измерительных приборов (КИП); экономичность; обеспечение постоянного мониторинга контролируемого участка [6].

Недостатки: невозможность определения места утечки или несанкционированной врезки (УНВ); точность метода зависит от точности КИП, следовательно, отсутствует возможность определения УНВ при расходе меньше допустимой ошибки КИП; необходимость требует остановки перекачки по трубопроводу при замене и ремонте турбинных счетчиков; увеличение сложности алгоритма и уменьшение точности при наличии проектных ответвлений, лупингов и других конструкционных усложнений контролируемого нефтепровода.

Метод «давление – расход», основанный на применении математической модели расчета давления и расхода в системе, определяет факт УНВ и ее координаты. Для обеспечения корректных граничных условий

необходимо измерять расход и давление на концах контролируемого СОУ участка. Все измерения должны сопровождаться метками времени.

Достоинства: использование штатных КИП; определение факта присутствия и координат УНВ; экономичность; обеспечение постоянного мониторинга контролируемого участка трубопровода.

Недостатки: низкая точность метода, сложность определения незначительных УНВ; низкая чувствительность метода к величине утечки; невозможность применения при проектных отводах нефти; ложные срабатывания при возникновении местных сопротивлений вследствие загрязнения внутренней полости трубы [7].

Метод диагностики утечек на основе анализа давлений в изолированных секциях при закрытых задвижках – при использовании данного метода необходимо, чтобы были перекрыты линейные задвижки и тем самым нефтепровод был разделен на несколько участков. Метод основан на анализе изменений давления в секциях за определенный период и позволяет определять утечки, имеющие малые величины.

Достоинства: возможность быстрого обнаружения даже малых УНВ; возможность применения на любом автоматизированном нефтепроводе.

Недостатки: необходимость остановки перекачки на определенный период; большая погрешность определения места УНВ (позволяет определить только секцию, на которой есть предполагаемая УНВ); возможность ложных результатов.

Алгоритм определения утечек по волне давления основан на регистрации фронта волны изменения давления, которая возникает в месте утечки из нефтепровода. Место возникновения утечки вычисляют по разнице времени прихода фронта волны в конечные сечения исследуемого участка нефтепровода [8].

Достоинства: непрерывность контроля во времени; оперативное обнаружение несанкционированных врезок; возможность применения независимо от погодных условий; Высокая избирательность.

Недостатки: необходимость поддержания внутри нефтепровода давления, которое обеспечивает полное заполнение сечения нефтепродуктом, то есть неработоспособность при наличии самотечных участков на контролируемом нефтепроводе; неработоспособность для участков со сложным рельефом местности, особенно с большими перепадами высот вблизи пункта приема продукта; низкая чувствительность к величине утечки; неработоспособность в стадии сброса продукта при постоянном расходе; сложность фиксации появления утечки в динамике из-за наличия колебаний давления, вызванных работой насосных агрегатов и запорной арматурой; снижение чувствительности метода при последовательной перекачке различных типов продуктов.

Таким образом, из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1) Основной угрозой для состояния защищенности и эффективности транспортировки нефти и нефтепродуктов являются утечки и несанкционированные врезки в магистральные трубопроводы.

2) Приоритетным направлением своевременного выявления и предупреждения УНВ на магистральных трубопроводах является совершенствование технических методов обнаружения УНВ.

3) Существующие локальные нормативные акты, такие как РД, обладают недостатками и нуждаются в совершенствовании.

4) Качественное составление проектно-сметной документации напрямую влияет на эксплуатационную надежность, безопасность, его инвестиционную привлекательность и эффективность освоения вкладываемых ресурсов [9].

Литература

1. Коркишко А.Н., Совершенствование методов контроля и оценки интенсивности утечек углеводородных жидкостей из магистральных трубопроводов: автореферат дис. кандидата технических наук: -Уфа, 2013. - 122 с.

2. Рахматуллин Ш.И., Гумеров А.Г., Коркишко А.Н., Захаров Н.П., Карамышев В.Г., Способ обнаружения утечек нефти или нефтепродукта из трубопровода // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 2. С. 83-88.

3. Рахматуллин Ш.И., Коркишко А.Н., Карамышев В.Г., Математическое моделирование истечения жидкости при аварийном разрыве трубопровода // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 3. С. 133-136.

4. Султанов Р.Г., Карамышев В.Г., Файзулин Р.Н., Коркишко А.Н., Определение места повреждения участка трубопровода с температурной неоднородностью // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 4. С. 54-59

5. Коркишко А.Н., Рахматуллин Ш.И., Карамышев В.Г., Локация утечек нефти, нефтепродуктов и нестабильных углеводородных жидкостей на магистральных трубопроводах // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 2. С. 142-147.

6. Рахматуллин Ш.И., Захаров Н.П., Коркишко А.Н., Карамышев В.Г., Об оценке коэффициента расхода жидкости через аварийные щели по экспериментальным данным проливок // Нефтяное хозяйство. 2012. № 3. С. 106-108.

7. Рахматуллин Ш.И., Карамышев В.Г., Коркишко А.Н., Султанов М.Х., Расчет истечения жидкости из щели при разрыве стенки трубопровода в

неквадратичной области гидравлического сопротивления // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 4. С. 135-140.

8. Шестаков Р.А. К вопросу о методах обнаружения утечек и несанкционированных врезок на магистральных нефтепроводах // Тр. РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2015. № 1. С. 85–94.

9. Койнов Н.И., Коркишко А.Н. Подходы в экспертизе проектно-сметной документации в СССР и Российской Федерации//Актуальные проблемы архитектуры, строительства, энергоэффективности и экологии -2016. (Тюмень, 27-29 апреля 2016). -Тюмень, 2016. -С. 182-187.

10. Айроян З. А., Коркишко О. А., Сухарев Г. В., Мониторинг магистральных нефтепроводов с помощью беспилотных летательных аппаратов // Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3898.

11. Никишин А.В., Коркишко О.А., Применение «Метода кривых» при строительстве и ремонте магистральных нефтегазопроводов через естественные препятствия // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4000.

12. Maltseva T.V., Nabokov A., Chernikh A., Reinforced sandy piles for low-rise buildings. Procedia Engineering. 2015. V. 117. pp. 239-245.

13. Maltseva T., Nabokov A., Novikov Y., Sokolov V., The method of calculating the settlement of weak ground strengthened with the reinforced sandy piles. matec Web of Conferences. 2016. T. 73. p. 01015.

References

1. Korkishko A.N., Sovershenstvovanie metodov kontrolya i otsenki intensivnosti utechek uglevodorodnykh zhidkostey iz magistral'nykh truboprovodov [Improvement of methods for monitoring and evaluation of leakage rates of hydrocarbon liquids from main pipelines]: avtoreferat dis. kandidata tekhnicheskikh nauk: Ufa, 2013. 122 p.



2. Rakhmatullin Sh.I., Gumerov A.G., Korkishko A.N., Zakharov N.P., Karamyshev V.G., Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2011. № 2. pp. 83-88.
3. Rakhmatullin Sh.I., Korkishko A.N., Karamyshev V.G., Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2011. № 3. pp. 133-136.
4. Sultanov R.G., Karamyshev V.G., Fayzulin R.N., Korkishko A.N., Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2011. № 4. pp. 54-59
5. Korkishko A.N., Rakhmatullin Sh.I., Karamyshev V.G., Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2011. № 2. pp. 142-147.
6. Rakhmatullin Sh.I., Zakharov N.P., Korkishko A.N., Karamyshev V.G. Neftyanoe khozyaystvo. 2012. № 3. pp. 106-108.
7. Rakhmatullin Sh.I., Karamyshev V.G., Korkishko A.N., Sultanov M.Kh., Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov. 2011. № 4. pp. 135-140.
8. Shestakov R.A. Tr. RGU nefi i gaza im. I.M. Gubkina, 2015. № 1. pp. 85–94.
9. Koynov N.I., Korkishko A.N. Aktual'nye problemy arkhitektury, stroitel'stva, energoeffektivnosti i ekologii -2016. (Tyumen', 27-29 aprelya 2016). Tyumen', 2016. pp. 182-187.
10. Ayroyan Z. A., Korkishko O. A., Sukharev G. V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3898.
11. Nikishin A.V., Korkishko O.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4000.
12. Maltseva T.V., Nabokov A., Chernikh A., Procedia Engineering. 2015. T. 117. pp. 239-245.



13. Maltseva T., Nabokov A., Novikov Y., Sokolov V., The method of calculating the settlement of weak ground strengthened with the reinforced sandy piles. matec Web of Conferences. 2016. T. 73. p. 01015.