

УДК 656.56:004.9.

**РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА
В МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕ- И НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДАХ
С ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ В СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ УЧАСТКОВ
СО СВЕРХНОРМАТИВНЫМИ ПОТЕРЯМИ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

М.А. ПЕТРОЧЕНКО
(Представлено: Л.М. Спириденко)

В статье рассматриваются источники возникновения потерь нефтепродукта на магистральных трубопроводах. Показана актуальность данной проблемы. Авторами определены предмет и объект исследования, поставлены задачи для определения факторов, влияющих на возникновения различных видов потерь нефтепродукта при перекачке, а также определены причины появления аварийных, естественных и эксплуатационных потерь. В статье рассмотрена система точного определения места утечки, которая позволит обеспечить уменьшение сверхнормативных потерь нефти и нефтепродукта при несанкционированных врезках, а также экологических последствий при разливе продукта в окружающую среду.

Введение: Трубопроводный транспорт является наиболее экономически и экологически выгодным для транспортировки нефти и нефтепродуктов на значительные расстояния. Однако при перекачке нефтепродуктов возникают различные виды потерь нефтепродукта, такие как эксплуатационные, естественные и аварийные. Эксплуатационные и естественные потери относятся к нормативным, и их величина в настоящее время рассчитывается и учитывается. Однако потери, возникающие при аварийных разливах нефтепродукта, несанкционированных врезках при хищении перекачиваемых нефтепродуктов нельзя рассчитать. Несанкционированные врезки приносят огромные убытки компаниям, они связаны как с потерей нефтепродукта, так и с экологическими последствиями при разливе продукта в окружающую среду. Экологические последствия разливов нефти носят трудно учитываемый характер, поскольку нефтяное загрязнение нарушает многие естественные процессы и взаимосвязи, существенно изменяет условия обитания всех видов живых организмов и накапливается в биомассе. Нефть и нефтепродукты нарушают экологическое состояние почвенных покровов и в целом деформируют структуру биоценозов. Почвенные бактерии, а также беспозвоночные почвенные микроорганизмы и животные не в состоянии качественно выполнять свои важнейшие функции в результате интоксикации легкими фракциями нефти. От подобных аварий страдает не только животный и растительный мир. Серьезные убытки несут иные отрасли экономики, особенно те предприятия, деятельность которых нуждается в большом количестве воды. В случае, если разлив нефти происходит в пресном водоеме, негативные последствия испытывает на себе и местное население и сельское хозяйство.

Официальная статистика ПАО «Транснефть», которая транспортирует 83% всех нефтепродуктов в Российской Федерации, показала, что в период с 2008 по 2018 годы было зафиксировано более 5000 незаконных врезок в магистральные нефтепроводы. Преступления, связанные с незаконными врезками в магистральные трубопроводы регулярно раскрывают по всей стране: в Московской, Ленинградской, Тульской, Рязанской и других областях. Самая ужасная ситуация сложилась в Московской области – за 10 лет количество врезок в регионе увеличилось в 59 раз. В Ленинградской области – выросло почти на треть [1]. Экономический ущерб от несанкционированных врезок исчисляется сотнями и более тонн в сутки потерянного продукта. Хищения нефти доставляют проблемы и Индии — стране, которая большую часть своего спроса покрывает за счет импорта. Истории о кражах из нефтепроводов в последние годы стали описываться в местной прессе все чаще. Особенно это касается инцидентов на магистрали между городами Джайпур и Матхура [2]. При этом даже о примерных объемах хищений почти ничего не говорится. Для Республики Беларусь также существует проблема несанкционированных врезок, хотя в последнее время она успешно решается. Одним из решений вопроса обнаружения и ликвидации несанкционированных врезок является проведение мониторинга герметичности линейной части нефте- и нефтепродуктопроводов. Основной проблемой выявления несанкционированных врезок является протяженность линейной части магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов. В Республике Беларусь и особенно Российской Федерации протяженность трубопроводов достигает в длину нескольких тысяч километров и при этом на трубопроводах может одновременно существовать десятки, а то и сотни несанкционированных врезок. Поэтому важнейшим вопросом при обнаружении утечек из трубопровода является обеспечение точного места выхода нефти или нефтепродукта, что поможет организовать оперативную работу по обнаружению и устранению несанкционированных отборов. Данная проблема в настоящее время является актуальной для России, Республики Беларусь, а также других стран [3].

Постановка задач:

– Более точно определять координаты возникших утечек продукта и их интенсивность.
– Разработка мобильного комплекса измерения расхода в МННПП с передачей данных в системы диспетчеризации для локализации участков МННПП.

Основная часть: Данная проблема решается непрерывным мониторингом герметичности магистральных нефте- и нефтепродуктопроводов (МННПП). Непрерывный мониторинг в пределах технологического участка МННПП в режиме реального времени обеспечивается системами обнаружений утечек (далее – СОУ). Основная функция СОУ – это выявление факта возникновения утечки и установление ее координат и интенсивности. Системы работают по заданным алгоритмам на всех режимах функционирования МННПП, включая нестационарные, переходные режимы и режим остановленной перекачки. Система обеспечивает формирование сигнала тревоги о возможном наличии утечки и отображение информации в реальном масштабе времени, помогающей оперативно принять решение по устранению утечки. В Республике Беларусь, России и в странах запада (США, Германия, Франция и др.) наличие СОУ на магистральных трубопроводах регулируется на законодательном уровне [4]. В них представлены описание методов обнаружения утечек и требования к следующим видам СОУ:

- определение утечек по волне давления;
- балансовый метод обнаружения утечек;
- комбинированные системы обнаружения утечек.

Методы, применяемые для обнаружения утечек на МННПП основываются на различных принципах измерения давления и расхода потока [5]. Каждый из этих методов имеет преимущества и недостатки.

1. Метод определения утечек по изменению волны давления основан на сопоставлении данных расчетного профиля наблюдаемого давления во всех точках трубопровода. При возникновении утечки или несанкционированной врезки появляется излом в профиле давления. Алгоритм определения утечек по волне давления основан на регистрации фронта волны изменения давления, которая возникает в месте утечки из трубопровода. Место возникновения утечки вычисляются по разнице времени прихода фронта волны в конечные сечения исследуемого участка МННПП.

2. Балансовый метод включает определение расходов в начальном и конечном сечении контролируемого участка трубопровода, что позволяет учитывать количество продукта в самой трубе.

3. К комбинированным методам СОУ относятся:

– метод «давление – расход» основан на применении математической модели расчета давления и расхода в системе, он определяет факт утечки и ее координаты. Для обеспечения корректных граничных условий необходимо измерять расход и давление на концах контролируемого СОУ участка. Все измерения должны сопровождаться метками времени.

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

Все вышеперечисленные методы требуют с использованием стационарной установки оборудования, кроме того, перечисленные методы не позволяют обеспечить точные координаты утечки продукта в трубопроводе. Для более точного определения места утечки предложена разработка мобильного комплекса измерения расхода в МННПП с передачей данных в системы диспетчеризации для локализации участков МННПП. Главным условием работы мобильного комплекса является его передвижение между уже существующими, врезными расходомерами, которые показывают разницу в расходе. Мобильный комплекс представляет собой передвижную базу, состоящую из спецавтомобиля, который оснащен расходомерами. Основным требованием к выбору спецавтомобиля является высокая его проходимость и возможностью работы в экстремальных условиях.

В автомобиле должны быть предусмотрены пассажирский и технологический отсеки. В технологическом отсеке располагается все необходимое оборудование, в пассажирском отсеке расположены блоки принятия пищи, отдыха и ночлега, в случае длительных командировок. Для измерения расхода можно использовать накладные ультразвуковые расходомеры. Данные расходомеры имеют ряд преимуществ, к которым можно отнести возможность в короткое время организовать точку измерения расхода на новых и существующих объектах, монтаж накладных датчиков осуществляется без врезки в трубопровод и следовательно, что позволяет уменьшить затраты на установку расходомера.

Устанавливать расходомеры Стримлюкс можно несколькими способами:

- устанавливать расходомер отдельно от тела трубы рисунок;
- устанавливать расходомер на тело трубы рисунок;
- устанавливать расходомер отдельно от трубы в виде модуля рисунок.

При любом из перечисленных способов расходомер использует два накладных ультразвуковых датчика, которые работают одновременно как ультразвуковой передатчик и ультразвуковой приемник.

Накладные ультразвуковые датчики крепятся к трубопроводу снаружи на определенном расстоянии друг от друга. Ультразвуковые датчики могут быть установлены следующими способами:

- V-образным, когда ультразвук пересекает трубу дважды;
- W-образным (используется редко), когда ультразвук пересекает трубу четыре раза;
- Z-образным, когда накладные ультразвуковые датчики монтируются на противоположных сторонах трубы и ультразвук пересекает трубопровод один раз.

Выбор способа монтажа зависит от трубопровода и характеристик жидкости. Расходомер работает по принципу поочередной передачи и приема частотно-модулированного всплеска звуковой энергии между двумя ультразвуковыми датчиками и измерения времени, за которое звуковой сигнал проходит между ними. Разница в измеренном времени прохождения сигнала прямо и точно определяет скорость жидкости в трубопроводе.

Расходомер включает в себя стандартный интерфейс связи RS-485 и необходимый протокол передачи данных. Его аппаратные средства поддерживают модем для передачи данных по сети на базе телефонной линии. С помощью преобразователя RS232/RS485, расходомер может быть подключен к сетевой шине RS485. Можно также использовать модуль кратких сообщений GSM для передачи данных расхода жидкости на удаленный компьютер. С помощью модуля GSM, можно проверять данные расхода жидкости и статус расходомера с сотового телефона.

При работе данной системы можно использовать накладной расходомер, датчики которого устанавливаются на тело трубы. В этом случае управление расходомером может совершаться с удаленного компьютера. Протокол передачи данных основан на принципе ведущий/ведомый. Ведущий (удаленный компьютер) отправляет команду, ведомый (расходомер) реагирует на нее

При установке датчиков расходомера на тело трубы необходимо произвести земляные работы по вскрытию участка трубопровода. Для производства земляных работ, на спецавтомобиль предлагается установить мини экскаватор на прицепе. В настоящее время спецавтомобили комплектуются с гидравлическими манипуляторами. Недостатком этой комплектации является работа навесного оборудования от вала отбора мощности или штатной гидравлики. Использование мини экскаватора на прицепе позволит производить земляные работы вне зависимости от спецавтомобиля, но в его составе при передвижении к контрольному участку трубопровода.

Вывод: Мобильный комплекс для измерения расхода в МННПП с передачей данных в системы диспетчеризации позволит:

- проводить непрерывный мониторинг герметичности МННПП;
- оперативно обнаруживать утечки нефти и нефтепродукта для локализации участков МННПП;
- более точно определять координаты возникших утечек продукта и их интенсивность.

Применение мобильного комплекса для мониторинга и обнаружения утечек на МННПП позволит обеспечить уменьшение сверхнормативных потерь нефти и нефтепродукта при несанкционированных врезках, что даст минимизировать экономический ущерб трубопроводным организациям при транспортировке нефти и нефтепродукта. Кроме этого, оперативная реакция обслуживающей организации на разлив продукта обеспечит уменьшение экологических последствий при разливе продукта в окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов Г.Б. Примеры и некоторые статистические данные о разливах нефти и нефтепродуктов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2021. №4 (41). С.123-128.
2. Illegal tapping into oil pipelines remains an unsolvable problem for law enforcement and lawmakers, 2018 Потапенкова О.В.
3. Российский статистический ежегодник 2021 : статистический сборник / Под ред. П.В. Малкова. М.: Изд-во Федеральной службы государственной статистики, 2021. 692 с.
4. Мансуров А.С.у. Способы борьбы с аварийным разливом нефти // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. статей XLII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 15 февраля 2021 г.). Пенза: Наука и Просвещение, 2021. С. 40–42.
5. Плехина, Е.Е. Метод обнаружения несанкционированных врезок на трубопроводах//Вестник Оренбургского государственного университета №16 2011.