

## АНАЛИЗ ПРИЧИН ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ СТАНЦИЯХ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ

**Коростовенко В.В., Гронь В.А., Галайко А.В., Мелтонян Е.С., Герасимова А.Г.**  
*Институт цветных металлов и материаловедения ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: korostovenko@mail.ru, kafedra\_tb@mail.ru, e.s.meltonian@yandex.ru*

В настоящее время самым экологически обоснованным видом транспорта для транспортировки, хранения и перекачивания являются промежуточные линейные перекачивающие станции и магистральные нефтепроводы. Но в то же время это сложный комплекс с находящимися в нем опасными веществами. При эксплуатации таких комплексов возникают техногенные аварии, приводящие к разливам углеводородного сырья в огромных количествах, пожарам, взрывам, а также оказывают катастрофическое воздействие на почвенный покров, изменяя его агрохимические свойства, загрязняя при этом водоемы, уничтожая флору и фауну. Основными причинами аварий на таких объектах являются различные виды разрушения оборудования, скрытые дефекты различного происхождения (металлургические, сварные, коррозионные, механические), а также возможны конструктивные ошибки в системе, нарушение правил эксплуатации трубопроводов и емкостей для хранения сырья. Оценка риска и прогнозирование возможных внезапных аварий является актуальной задачей. Для предотвращения таких аварий необходима система мониторинга и диагностики состояния всего комплекса технологических объектов, с использованием различных информационных систем, которые позволяют анализировать надежность работы производственного оборудования и управления распределительных объектов. Так же при проведении технической диагностики оборудования используются различные методы, одним из которых является способ акустической диагностики сварных швов. При этом осуществляется ударное возбуждение акустических затухающих колебаний, расположенных вдоль сварного шва участков с последующей регистрацией колебаний. Наиболее перспективной является система внутритрубной диагностики производственного оборудования (профилемером внутритрубным), выполненного в виде снаряда батитермографа в форме герметичной капсулы с ведущим монтажом из мягкой резины с преобразователями.

**Ключевые слова:** нефтепроводы, аварии, взрывы, пожары, негативное воздействие, мониторинг, диагностика, внутритрубный профилемер

## TECHNOLOGICAL ACCIDENTS ANALYSIS AND MEASURES TO ACCIDENTS PREVENTION ON TRANSITORY IN-LINE PUMP STATIONS

**Korostovenko V.V., Gron V.A., Galayko A.V., Meltonyan E.S., Gerasimova A.G.**  
*School of Non-Ferrous Metals and Material Science, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: korostovenko@mail.ru, kafedra\_tb@mail.ru, e.s.meltonian@yandex.ru*

Nowadays transitory in-line pump stations and main oil pipelines are the most environmentally friendly transport for transportation, maintenance and repumping. Simultaneously it's complicated hazardous substance complex. Technological accidents are occurred under the complex operations. The accidents lead to huge raw hydrocarbons pouring, fires and explosions, disastrously influence on soil and agrochemical properties; it pollutes water, flora and fauna. The main complex causes of the accident are different equipment fracture modes and various invisible defects (metallurgical, welding, corrosion, mechanical). Also there are possible constructive breaks, pipelines improper operation and tanks for raw keeping in the complex. Risk assessment and sudden breakdown forecasting are important objectives. It's an essential monitoring system and complex technological diagnostics to prevent the accidents with the use of different information systems that will analyze operational industrial equipment reliability and distributing system control. Under technical equipment diagnostics it's used various methods; one of them is weld acoustic diagnostic method. This way there are acoustic decaying oscillation impulse excitations of places that are arranged along weld following of registration oscillation. The most perspective in-line inspection system for industrial equipment (geometry tool) is performed with bathythermosphere in the shape of pressurized capsule with leading rubber assembly with convertor.

**Keywords:** oil pipeline, accidents, explosions, fires, negative effect, monitoring, diagnostic, geometry tool

Линейные нефтепроводы и промежуточные перекачивающие объекты предназначены для транспортирования нефти и нефтепродуктов, а также приема, хранения и перекачивания в емкости резервуарного парка и поставкой в дальнейшем на перерабатывающие предприятия и потребителям.

В настоящее время эти сооружения являются самым экономически обоснованным видом транспортировки и хранения углеводородного сырья. Но в то же время это сложный инженерный комплекс различных технических систем и устройств с находящимися в нем опасными веществами

в обороте, протяженностью нефтепроводов с высокой взрыво- и пожароопасностью.

Согласно анализу мирового и отечественного опыта, использование таких сооружений показало, что, несмотря на значительные достижения в области проектирования строительства и эксплуатации таких комплексов полностью исключить возникновение техногенных аварий в виде отказов работы производственного оборудования пока не удается. В результате на промышленных объектах возникают аварии, приводящие к разливам углеводородного сырья, взрывам, пожарам и загрязнению всех элементов биосферы. Характерными причинами взрывопожароопасности являются образование опасных концентраций паров углеводородной смеси и в то же время нахождение в этой зоне источников зажигания, что приводит к техногенным авариям, оказывая при этом катастрофическое воздействие на почвенный слой, изменяя ее агрохимические свойства, уничтожаются живые организмы, загрязняются водоемы ядовитыми и токсичными органическими веществами, а также это приводит к серьезным заболеваниям населения и в то же время значительным потерям материальных ценностей. Согласно статистическим данным на объектах, только в Российской Федерации за последние 20 лет произошло около 530 пожаров, из них около 200 случаев приходится на технологические сооружения промежуточных объектов.

### Материалы и методы исследования

Таким образом, определение риска и прогнозирование чрезвычайных ситуаций, вызванных авариями на нефтепроводах и распределительных объектах, а также снижение их негативного воздействия на биосферу является проблемой актуальной. В настоящее время практический интерес с точки зрения промышленной и экологической безопасности представляет Рыбинская распределительная производственная перекачивающая станция, занимающая значительные территории, которая является частью линейного магистрального нефтепровода и является структурным подразделением ОАО «Транссибнефть». Производственная деятельность данного предприятия заключается в приеме, хранении и перекачивании нефти и нефтепродуктов на перерабатывающие предприятия России, а также транспортирование по магистральным нефтепроводам «Омск – Иркутск», «Анжеро-Судженск – Красноярск», участок «Кемчуг – Рыбное», «Красноярск – Иркутск» и т.д. и относится к особо опасному производству.

Территория данного производства составляет около 42 га и имеет три конструктивные схемы сооружения линейной части нефтепроводов: наземная, наземная и подземная. При использовании наземной схемы прокладка труб находится на поверхности спланированного грунта или на искусственно возделанном основании. При наземной схеме трубо-

провод укладывается на опоры, размещенные на конкретном расстоянии друг от друга, что имеет немаловажное значение для обеспечения технологической надежности трубопроводов. Как правило, необходимость в наземной или надземной схеме прокладки трубопроводов возникает при сооружении его в неблагоприятных энергоснабжающих устройствах дистанционного управления. Практический интерес представляет подземная укладка нефтепроводов, протяженностью почти 97%. Согласно этой схеме, трубопроводы проходят ниже естественной поверхности земли и составляют не менее 1 метра. В этом случае транспортируемый продукт не подвергается резким перепадам температур.

Выявлено, что в течение эксплуатации нефтепроводы находятся в напряжении, вследствие поддержания постоянного внутреннего давления перекачиваемого сырья и выступают в роли сосудов высокого давления. К тому же из-за специфики перекачиваемого сырья являются чрезвычайно энергонасыщенными сооружениями. Данное производство представляет систему линейно-протяженных объектов и включает комплекс трубопроводов с отводами, головные сооружения, состоящие из перекачивающей станции и подводящих трубопроводов, с помощью которых сырье и нефтепродукты поступают в резервный парк, где находятся основная и напорная насосные станции, ремонтно-механические объекты, площадка запуска шаровых разделителей, фильтры тонкой очистки, системы общего и оборотного водоснабжения, а также энергоснабжающие устройства, устройства дистанционного управления запорной арматурой, переходами через естественные и искусственные преграды, приборами диагностики производственного оборудования.

Важное значение имеет резервуарный парк, который служит для хранения и перекачивания сырья и нефтепродуктов, их сортировки, а также выполняя функцию приемки в случае аварийной остановки трубопроводов в условиях залегания грунтов. Несмотря на то, что нефтепроводы представляют собой нить сооружений, при этом имеются устройства, с помощью которых отсекаются определенные участки при возникновении аварий для снижения объема потерь транспортируемого сырья и снижения негативного воздействия на элементы биосферы.

В качестве исходного сырья, поступающего на Рыбинский ЛПДС, выступает нефть – маслянистая светло- или темно-бурая горючая жидкость двух видов: сырьевая – природная и товарная, технологически переработанная на нефтеперерабатывающих предприятиях, и направляется потребителям. Технология переработки углеводородного сырья определяется ее физико-химическими свойствами.

Основными показателями качества нефти являются: состав фракций, плотность нефти, наличие воды, хлористых солей, различных механических примесей и серы. К технологическим показателям относятся: давление насыщенных паров, вязкость, содержание парафинов. Как известно, наличие механических примесей обусловлено характером залегания нефти и способами ее добычи, они состоят из высокодисперсных частиц твердых пород, которые образуются путем адсорбции на поверхности воды и, в свою очередь, стабилизируют эмульсию нефти. При перегонке нефти примеси частично оседают на стенках оборудования, при этом оказывают отрицательное влияние на прочность и износостойкость. От-

ложение парафина обусловлено тем, что температура стенок трубопроводов и производственного оборудования может быть ниже, чем у перекачиваемой жидкости, и в то же время частицы парафина, вследствие высокой концентрации или колебания температуры, прилипают к стенкам. К сожалению, это непременно приводит к уменьшению внутреннего сечения трубопроводов, а также снижению производительности всей системы.

### Результаты исследования и их обсуждение

Результаты проведенных исследований показывают, что в основном повреждения нефтепроводов и всей технологической системы вызваны действием двух групп факторов. Факторы, связанные со снижением несущей способности трубопроводов, которые происходят вследствие наличия дефектов на стенках труб и непосредственного старения материала. Вторая группа факторов связана с увеличением нагрузок, воздействие которых проявляется при эксплуатации действующих объектов (деформация земной поверхности, давление, воздействие температур окружающей среды и перекачиваемого сырья, давление грунта под трубопроводами и т.д.). Одна из основных причин повреждений нефтепроводов, пролегающих под землей, связана с воздействием внешних сил, которые образуют поверхностные вмятины, разрывы сварных швов, трубопроводов. Так же распространены повреждения, возникающие при ремонтных и строительных работах на месте залегания трубопроводов, такие повреждения являются потенциально опасными, согласно статистике более 15% аварий происходят по причине внешнего воздействия.

Весьма сложной проблемой являются коррозионные повреждения подземного оборудования, что обусловлено воздействием на металл различных газов и жидких электролитов, при этом образуется пленка, состоящая из продуктов коррозии, в результате толщина стенок внутри труб уменьшается равномерно, до 36%.

Наибольшую опасность для нефтепроводов и объектов промежуточных станций представляют гидравлические удары и являются следствием внезапного отключения оборудования или при переключении задвижек, а также при образовании в трубопроводах воздушных пробок, которые могут вызвать точки давления, подобные гидравлическому удару. Также эксплуатационными нагрузками являются внутреннее давление жидкости в трубопроводах и температурный перепад.

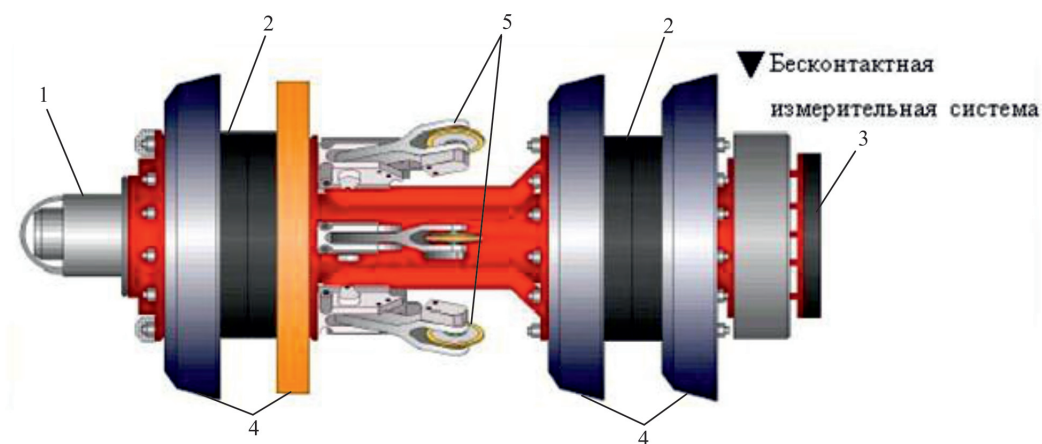
Для предотвращения аварийных ситуаций и пожаровзрывоопасности на промыш-

ленных объектах, связанных с транспортированием и хранением углеводородного сырья, предлагается система мониторинга состояния трубопроводов, а также емкостей резервуарного парка с использованием различных геоинформационных систем, которые позволяют анализировать надежность работы производственного оборудования и управление эксплуатацией пространственно распределительных объектов. В систему мониторинга входит: информация об эксплуатационных характеристиках промышленных объектов, а также техническом состоянии производственного оборудования с условиями прокладки и залегания трубопроводов, местоположение на цифровой карте, характеристика трасы нефтепроводов, наличие на них дефектов в виде коррозии, расслоения, вмятин, возникновение возможных аварий.

Наряду с использованием геоинформационной системы предлагается осуществлять техническую диагностику объектов с целью обеспечения надежности работы производственного оборудования.

На современном этапе имеется ряд методов диагностирования производственного оборудования, которые позволяют выявить дефекты. Способ акустико-эмиссионной диагностики осуществляется в перемещении диагностической системы по трубопроводу под действием специальной жидкости, регистрации акустического излучения, а также создании волны локальных напряжений стенок трубопроводов. При этом производится регистрация возникающих сигналов акустической эмиссии. При акустической диагностике сварных швов производится ударное возбуждение акустических затухающих колебаний в расположенных вдоль сварного шва (участках) и последующая регистрация этих колебаний преобразователем с последующей обработкой результатов.

Наиболее эффективным методом для обеспечения надежности работы оборудования является диагностика внутритрубным канальным профиломером в виде снаряда батитермографа, представляющего собой герметичную капсулу с ведущими манжетами из мягкой резины с преобразователями продольной координаты. На каждом участке нефтепроводов, нуждающихся в диагностике, имеется камера пуска и приема средств очистки и диагностирования. Операция выполняется без остановки транспортируемого сырья. В запоминающем устройстве происходит одновременная регистрация и хранения данных спайдера, а также сигналов маркерных передатчиков.



*Внутритрубный профилемер ПРН 16. 1, 3 – передний и задний бамперы; 2 – спайдеры; 4 – манжеты; 5 – одометры*

Наличие дефектов и особенностей на трубопроводах и производственных объектах, их геометрические параметры и места расположений определяются по распечатке данных профилометрии после пропускa профилемера по трубопроводу. Минимальное проходное сечение трубопроводов, необходимое для пропускa профилемера, составляет около 75% внутреннего диаметра трубопровода. Чувствительность измерительной системы прибора около 2 мм. Точность измерения высоты вмятины на прямых участках трубопроводов составляет от 0,4% – 0,6% относительно внешнего диаметра трубы.

### Заключение

Таким образом, применение геоинформационных систем и совмещение данных аппаратной диагностики имеет большое значение в формировании безопасности на нефтепроводах и распределительных объектах. Наряду с применением геоинформационных систем использовать технические решения с целью профилактики и ликвидации аварийных ситуаций, путем прогона

внутритрубных диагностических приборов для определения дефектных участков.

Предлагаемые мероприятия позволят заблаговременно выявить скрытые дефекты производственного оборудования и тем самым предотвратить возможные чрезвычайные ситуации.

### Список литературы

1. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности: Кодексы. Законы. Нормы. – Норматика, 2017. – 73 с.
2. Бардик Д.Л. Нефтехимия: учебный курс для профессионалов и неспециалистов / Д.Л. Бардик. – Олимп-Бизнес, 2017. – 157 с.
3. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: учебное пособие / Р.З. Магарил. – КДУ, 2016. – Изд. 2. – 89 с.
4. Алфеев В.Н. Разработка системы комплексного анализа условий надежности линейной части магистральных нефтепроводов / В.Н. Алфеев, К.В. Черняев, В.В. Виноградов, В.А. Поздняков, Г.А. Филиппов // Трубопроводный транспорт нефти. – 2000. – № 12. – С. 14–22.
5. Канайкин В.А. Технология внутритрубной дефектоскопии магистральных газопроводов / В.Е. Лоскутов, А.Ф. Матвиенко, Б.В. Патраманский // Научный журнал «Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства». – 2017. – 15 с.