

*Дербенев А.Н.,
студент*

3 курс, факультет «Трубопроводный транспорт углеводородов»

Институт нефтегазовых технологий (ИНГТ)

Самарский Государственный технический университет

Россия, г. Самара

Научный руководитель: Багдасарова Ю.А.,

доцент кафедры «Трубопроводный транспорт»

Институт нефтегазовых технологий (ИНГТ)

Самарский Государственный технический университет

Россия, г. Самара

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

***Аннотация:** Одним из наиболее экономически выгодных средств транспортировки нефтепродуктов является использование магистральных трубопроводов. С ростом общей протяженности трубопроводов возникает увеличение риска их прорыва, что ведет к росту издержек на ликвидацию экологических последствий аварийных разливов нефти. Прорыв подводного перехода магистрального трубопровода является одним из частных случаев, при возникновении которого общая площадь загрязнения увеличивается за счет течения в акваториях морей и рек.*

***Ключевые слова:** аварийный разлив нефти, локализация разлива, нефть, нефтепродукты.*

***Abstract:** One of the most cost-effective means of transporting petroleum products is the use of trunk pipelines. With the growth of the total length of pipelines, there is an increase in the risk of their breakthrough, which leads to an increase in*

the costs of eliminating the environmental consequences of accidental oil spills. The breakthrough of the underwater passage of the main pipeline is one of the special cases in which the total area of pollution increases due to the flow in the waters of the seas and rivers.

Keywords: *emergency oil spill, spill localization, oil, petroleum products.*

Одним из наиболее экономически выгодных средств транспортировки нефтепродуктов является использование магистральных трубопроводов. С ростом общей протяженности трубопроводов возникает увеличение риска их прорыва, что ведет к росту издержек на ликвидацию экологических последствий аварийных разливов нефти. Прорыв подводного перехода магистрального трубопровода является одним из частных случаев, при возникновении которого общая площадь загрязнения увеличивается за счет течения в акваториях морей и рек.

Для ликвидации разливов в акваториях рек существует регламент, заключающийся в обнаружении, локализации и ликвидации разливов. При этом транспортировка ремонтных бригад и оборудования занимает значительную долю от общего времени ликвидации, что приводит к увеличению загрязненной зоны. Также внедренные средства контроля утечки имеют низкую чувствительность, что влияет на объем утечки до момента закрытия задвижек.

На данный момент не существует универсальных решений, позволяющих дистанционно проводить комплекс мероприятий по локализации разлива. Чтобы избежать больших временных и экономических затрат наилучшим способом является разработка дистанционной универсальной системы локализации разлива, позволяющей проводить первичную локализацию нефтепродуктов до приезда бригад ликвидаторов, а также модернизация комплекса датчиков утечки.

Повышение экологичности производств является одной из основных задач 21 века. Актуальность вопроса эффективности ликвидации аварийных разливов нефти в акваториях морей и рек подтверждена многочисленными публикациями, что свидетельствует о высоком интересе исследователей к данной теме. Нефтяные разливы наносят значительный экономический ущерб предприятию-владельцу трубопровода, а также значительный экологический ущерб, что негативно сказывается на флоре и фауне загрязненной территории.

Существует множество способов транспортировки нефтепродуктов. Одним из наиболее экономически выгодных методов является транспортировка нефти по трубопроводу. При таком подходе основной движущей силой является разница давлений, что сопряжено с риском аварий и выбросами нефти и нефтепродуктов, что приводит к негативным экономическим и экологическим последствиям. При этом место и время разлива не поддаются прогнозу. Все разливы нефти на территории Российской Федерации, согласно постановлению, классифицируются как чрезвычайные ситуации и ликвидируются в соответствии с законодательством Российской Федерации. В качестве факторов, влияющих на устанавливаемый уровень разлива нефти, учитываются следующие:

1. Количество разлитой нефти и нефтепродуктов;
2. Вероятность возникновения аварии на аварийном объекте;
3. Удаленность сил и средств от аварийных объектов;
4. Степень готовности аварийно-спасательных формирований (АСФ), осуществляющего несение аварийно-спасательной готовности;
5. Гидрометеорологические условия, предельные по условиям эксплуатации аварийного объекта.

К чрезвычайным ситуациям относятся разливы, отвечающие критерию нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов, определенному в приказе. Одним из наиболее сложных для обнаружения и ликвидации является разлив подводных участков трубопровода. Количество сил и средств, привлекаемых

к операции по ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов (ЛРН), в существенной степени зависит от объема разлива. До 14 ноября 2014 года в зависимости от объема и площади разлива нефти и нефтепродуктов на местности, во внутренних пресноводных водоемах выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий:

- локального значения — разлив от нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов до 100 тонн;
- муниципального значения — разлив от 100 до 500 тонн;
- территориального значения — разлив от 500 до 1000 тонн;
- регионального значения — разлив от 1000 до 5000;
- федерального значения — разлив свыше 5000 тонн нефти и нефтепродуктов.

Значения нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов для отнесения аварийного разлива к чрезвычайной ситуации на поверхностных водных объектах (за исключением торфяных болот) приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Значения нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов

Категория водных объектов	Нижний уровень разлива масса, т	
	легкие нефтепродукты	нефть и тяжелые нефтепродукты
Рыбохозяйственные водоемы	0,5	1
Водоемы хозяйственно- питьевого водопользования	0,5	1
Водоемы культурно- бытового водопользования	1	1,5

Мероприятия по ликвидации разлива нефти и нефтепродуктов считаются завершенными после обязательного выполнения следующих этапов:

- прекращение сброса нефти и нефтепродуктов;
- сбор разлившихся нефти и нефтепродуктов до максимально достижимого уровня, обусловленного техническими характеристиками используемых специальных технических средств;
- размещение собранных нефти и нефтепродуктов для последующей их утилизации, исключающее вторичное загрязнение производственных объектов и объектов окружающей природной среды.

Гидрометеорологические условия, действующие в момент возникновения аварии, оказывают значительное влияние на риск нанесения ущерба окружающей среде. При существенных скоростях ветра и вообще неблагоприятных погодных условиях организация и проведение аварийно-спасательной операции могут быть существенно осложнены.

В России, по данным Ростехнадзора, насчитывается порядка 75 тыс. км нефте- и нефтепродуктопроводов, значительная их часть эксплуатируется более 30 лет. Нефтепроводы относятся к категории опасных производственных объектов. Общая статистика аварий по данным «ЦДУ ТЭК» за период 2010-2020 приведена на рисунке ТТ. Ростехнадзор ведет статистику количества аварий, то есть случаев с разрушением технических устройств на объекте, а также с неконтролируемыми взрывами или выбросами опасных веществ. Отказы на трубопроводах или их повреждение классифицируются как инциденты и в статистику профильного ведомства не включаются.

Существующие методы обнаружения утечек можно классифицировать по различным классификационным признакам. В зависимости от положения оборудования и датчиков по отношению к детектируемому трубопроводу различают внешние и внутренние методы обнаружения утечек.

К **внешним** относятся системы, которые идентифицируют утечку на основе внешних проявлений, сопровождающих ее возникновение и существование: просачивание перекачиваемого продукта на поверхность, уровень загазованности, акустические шумы и т.д. К методам этой группы относятся патрулирование трассы, использование чувствительных кабелей, тепловизоров и т. д. Эти методы являются очень точными как в определении существования утечки, так и в обнаружении ее местоположения.

Методы визуального контроля основаны на наблюдении за изменениями, происходящими на трассе магистрального трубопровода. С помощью этих методов можно выявить только последствия утечки — выход нефти на поверхность земли или ее скопление в ближайших водоемах. Кроме обхода также применяется вертолетное патрулирование. Облет позволяет обеспечить более быстрое и комплексное слежение за трассой, по сравнению с пешим или транспортным обходом. Средства осмотра трассы постоянно модернизируются, появляются новые технологии, такие как спутниковое слежение, разработка беспилотных летающих объектов, новых систем видеонаблюдения.

В общем случае нефть движется со скоростью, равной 100% скорости течения и примерно 3% скорости ветра. Результирующее направление и скорость движения пятна получаются за счет геометрического построения. Более сложные расчеты требуются, когда течения и ветры меняются во времени и с расстоянием, особенно в районах мелководья. Однако данный метод имеет существенный недостаток – за нефтяные пятна могут быть приняты иные объекты, имеющие коэффициент преломления, отличный от общей поверхности воды (тени облаков, рябь на поверхности, слой водорослей, сбросы сточных вод). Нефть распространяется быстро, и большинство нефтяных жидкостей растекаются слоем примерно в 0.1 мм (100 микрон), но и обширные площади могут быть покрыты и более тонким слоем нефти.

Существуют технологии анализа безопасности трубопроводов с использованием комплекса геологических и космических данных. Одним из перспективных средств патрулирования относится тепловизионный метод. Такие системы способны фиксировать или оценивать уже произошедшие изменения и инциденты и поэтому не могут полностью обеспечить необходимую информацию для надежной и безопасной эксплуатации трубопроводных систем. Методы этой группы являются наиболее простыми и доступными, но у них имеется ряд серьезных недостатков. Они не обеспечивают непрерывный контроль трубопровода, многие утечки фиксируются спустя значительный промежуток времени, некоторые вообще невозможно обнаружить этими методами.

Современные технологии позволяют развивать новые технологии обнаружения утечек, в частности, метод с использованием оптоволоконного кабеля. Одним из вариантов такого методов является прокладка светочувствительного волоконного кабеля вдоль контролируемого трубопровода. При попадании на такой кабель перекачиваемого нефтепродукта, подается сигнал об утечке лазерным датчиком. Другим вариантом методов этой группы обнаружения дефектов, является применение оптоволоконного кабеля внутри трубопровода. Идея заключается в проецировании на стенку трубопровода светового пятна и улавливания и анализа отраженного от стенки сигнала. С помощью такого метода возможно определение различных геометрических отклонений внутренней поверхности трубопровода, а именно вмятин, гофр, различных деформаций, неровностей, вызванных коррозионными разрушениями и т. д.

Недостатками методов этой группы является ограниченный диапазон интенсивностей обнаруживаемых утечек, крупными капитальными затратами при прокладке кабеля, невозможность применения для подземных трубопроводов, сложности восстановления при обрывах связи, высокая стоимость оборудования.

Внутренние методы, в свою очередь отличаются тем, что основаны на мониторинге внутренних параметров трубопровода, таких как давление, расход и температура. Для группы данных методов характерны простота, непрерывность контроля, низкие эксплуатационные и капитальные затраты, гибкость, оперативность реагирования на возникновение утечки. Методы этой группы используют показания измерителей и датчиков, уже установленных на трубопроводах в составе системы сбора и передачи информации. Стоимость их внедрения существенно меньше по сравнению с внешними методами. К этой группе методов относятся метод материального баланса и метод отрицательных ударных волн.

Балансовый метод основан на законе сохранения массы. На двух сечениях контролируемого участка трубопровода устанавливаются датчики измерения расхода и давления. Массы или объемы жидкости сравниваются и при обнаружении рассогласования установленного предела, делается вывод о наличии утечки. Среди недостатков можно выделить невозможность определения места утечки, применимость только при стационарных условиях, низкая помехозащищенность. Данный метод является достаточно точными в определении объема потерянных нефтепродуктов, но используется в комбинации с другими, что позволяет локализовать утечку.

Метод определения утечки по отрицательной волне давлений заключается в том, что при утечке в трубопроводе давление жидкости резко падает и в месте утечки генерируется отрицательная волна давления, которая распространяется с определенной скоростью по направлению и против направления течения нефти. Датчики давления, которые принимают волну отрицательного давления, установлены на начальной и конечной станциях. С помощью обработки полученных сигналов, а именно по времени прихода волны к станциям, можно определить наличие и координаты утечки в трубопроводе. Метод эффективен для оперативного обнаружения значительных утечек, позволяет вести непрерывный контроль и располагать

оборудование в пределах насосной станции. Однако, если осуществляется последовательная перекачка различных продуктов по трубопроводу чувствительность метода значительно снижается. Также данный метод несет за собой высокие эксплуатационные расходы.

Методы локализации

Основными средствами локализации разливов нефтепродуктов в акваториях являются боновые заграждения. Их предназначением является предотвращение растекания нефти на водной поверхности, уменьшение концентрации нефти для облегчения процесса уборки, а также отвод (траление) нефти от наиболее экологически уязвимых районов. В зависимости от применения бонны подразделяются на три класса:

- I класс - для защищенных акваторий (реки и водоемы);
- II класс - для прибрежной зоны (для перекрытия входов и выходов в гавани, порты, акватории судоремонтных заводов);
- III класс - для открытых акваторий.

Боновые заграждения бывают следующих типов:

- самонадувные - для быстрого разворачивания в акваториях;
- тяжелые надувные - для ограждения танкера у терминала;
- отклоняющие - для защиты берега, ограждений нефтепродуктов;
- негорючие - для сжигания нефтепродуктов на воде;
- сорбционные - для одновременного сорбирования нефтепродуктов;
- Всплывающие – для стационарных систем ликвидации разливов.

Все типы боновых заграждений состоят из следующих основных элементов:

- поплавок, обеспечивающего плавучесть бона;
- надводной части, препятствующей перехлестыванию нефтяной пленки через бонны (поплавков и надводная часть иногда совмещены);

- подводной части (юбки), препятствующей уносу нефти под боны; груза (балласта), обеспечивающего вертикальное положение бонов относительно поверхности воды;

- элемента продольного натяжения (тягового троса), позволяющего бонам при наличии ветра, волн и течения сохранять конфигурацию и осуществлять буксировку бонов на воде; соединительных узлов, обеспечивающих сборку бонов из отдельных секций;

- устройств для буксировки бонов и крепления их к якорям и буям.

При выборе боновых заграждений необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1. Условия, при которых будет задействован бон, в частности, погодные условия, высота волн, открытое море или укрытая водная зона, скорости течения и т.д.

2. Материально-технические требования, например, будут ли боны применены в стационарном варианте или же придется их транспортировать.

3. Наличие рабочей силы и технических средств развертывания бонового заграждения.

4. Необходимость обеспечения совместимости различных типов боновых заграждений друг с другом.

5. Всплывающие боновые заграждения (ВБЗ) устанавливаются единожды на много лет. После установки из них дистанционно выпускается воздух, боны ложатся на грунт и не препятствуют судоходству. В случае необходимости в боновое заграждение с причала дистанционно подается воздух, боны всплывают и на поверхности приобретают заданную форму. Комплекс, находясь на дне, не изнашивается, круглосуточно готов к работе и летом и зимой. Кратность использования не ограничена. Всплывающие боновые заграждения могут быть установлены как в пресной, так и в морской воде.

6. Всплывающие боновые заграждения (ВБЗ) отличаются по использованию:

7. Аварийные - находящиеся на дне и поднимаемые на поверхность только в случае аварии. Каждая секция такого бона снабжена впускными невозвратными клапанами и травяще-предохранительными клапанами. Чтобы, после ликвидации аварии, положить такой бон на грунт, нужно с борта плавсредства выпустить газ из каждой секции последовательно. Такие всплывающие боновые заграждения следует выставлять для аварийного разделения акваторий порта, закрытия входа в порт или терминал, для предотвращения распространения нефти при ее аварийном разливе. Этот тип боновых заграждений также целесообразно выставлять на реке вблизи подводного перехода магистрального нефтепровода. Для аварийного БЗ в качестве станции газонаполнения используются баллоны высокого давления.

8. Рабочие - всплывающие боновые заграждения, находящиеся на дне и поднимаемые для ограждения танкера при погрузке (судна при бункеровке).

9. По окончании нефтяных операций воздух из ВБЗ выпускается с причала без помощи плавсредства и ВБЗ ложится на грунт. Судно отходит и до окончания швартовки следующего судна ВБЗ лежит на дне. Для такого типа ВБЗ баллонная станция газонаполнения не удобна. Оптимальным вариантом является компрессор среднего давления, работающий на ресивер такого объема, которого достаточно для наполнения ВБЗ.

10. Любой из перечисленных видов ВБЗ может быть установлен на глубинах 25-30 м как в морских, так и речных условиях.

11. Аналогично всем другим механическим системам в отношении бонов действуют ограничения, связанные с их конструкцией и технологией строительства, а также естественными физическими законами. Боны должны выдерживать воздействие воды и нефти без ущерба для себя и

должны обладать достаточной прочностью, чтобы противостоять износу и ожидаемым воздействиям.

Методы ликвидации

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов предусматривает выполнение многофункционального комплекса задач, реализацию различных методов и использование технических средств. Главные задачи по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов:

- быстрая локализация аварийного разлива с целью ограничения распространения нефти на большую площадь;
- сокращение времени ликвидации разлива с помощью применения современных технологий, оборудования и материальных средств;
- минимизация ущерба окружающей среде.

Задачами системы мер по ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в прибрежной зоне являются:

- направление нефтяных пятен, которые потенциально способны достичь берега, в менее экологически уязвимые зоны;
- отклонение нефти от экологически уязвимых зон, особенно от входов в заливы (заливы считаются экологически уязвимыми из-за наличия болот, которые служат местом обитания разнообразной флоры и фауны, а так же привлекают перелетных птиц и других представителей животного мира).

Существует несколько методов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов в акваториях:

- наблюдение и оценка;
- локализация разливов;
- осуществление сбора нефти и нефтепродуктов;
- используя специальные химреагенты;
- сжигание на местности;
- биологическая обработка;

- очистка побережья.

Вывод.

Транспортировка нефтепродуктов по трубопроводным магистралям широко распространена и является одним из наиболее простых и экономически выгодных методов. Однако при длительной эксплуатации магистрали возникает риск утечки, связанный с нарушением целостности трубы. Наибольшую опасность представляет разлив нефтепродуктов в акваториях, так как течение воды значительно расширяет зону загрязнения, что приводит к негативным экологическим и экономическим последствиям. В настоящее время существует четкий регламент ликвидации разливов, заключающийся в обнаружении, локализации и очистки водоёма и береговой линии. Чаще всего процесс локализации заключается в механическом сборе нефтяного пятна боновыми заграждениями. Однако доставка оборудования к месту локализации разлива занимает значительный временной промежуток, за который нефтяное пятно распространяется на незагрязненные территории. Ввиду этого эффективность работ по ликвидации нефтяного разлива может быть повышена за счет использования стационарных боновых заграждений, позволяющих дистанционно производить первичную локализацию разлива.

Список использованной литературы:

1. Статья «Безаварийная эксплуатация подводных переходов МНП» опубликована в журнале «Neftegaz.RU» (№12, Декабрь 2018).
2. Шульгина Т.В. Причины разлива нефти. Проблемы науки. 2018 С. 34-37.
3. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. «Предупреждение и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов». – М.: Ин-октаво, 2005. – 368с.

4. Гвоздиков В.К., Захаров В.М. Технические средства ликвидации разливов нефтепродуктов на морях, реках и водоемах: Справочное пособие. - Ростов-на-Дону, 1996.
5. Маценко, С.В. М36 Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов на море и внутренних акваториях. Расчет достаточности сил и средств: методические рекомендации /С.В. Маценко, Г.Г. Волков, Т.А. Волкова.– Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2009.– 78 с.
6. Центральное диспетчерское управление топливно-энергетического комплекса. [Электронный ресурс]. URL: https://www.cdu.ru/tek_russia/issue/2021/4/890/
7. Валентин Журавель. Сохраняя экосистему Арктики Рациональные технологии локализации и ликвидации разливовнефти во льдах Offshore [Russia] | ноябрь 2015.
8. Хорошавина Е.А. Анализ методов обнаружения утечек нефти на магистральных трубопроводах / Е.А. Хорошавина, Н.Р. Хисаева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 41 (279). — С. 24-27.