

УДК 629.10.061

## ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

Абдуллаев А.А.

Проведен анализ факторов, повышающих вероятность возникновения аварийных ситуаций на объектах магистрального трубопроводного транспорта Азербайджанской Республики. Рассмотрены механизмы развития аварий в морских условиях. Даны рекомендации по повышению устойчивости функционирования магистральных трубопроводов в ЧС.

*Ключевые слова:* аварийная ситуация, нефтедобывающая отрасль, повышение устойчивости функционирования, аварийный разлив нефти, морской трубопровод.

(Поступила в редакцию 15 января 2019 г.)

**Введение.** Нефтяная промышленность в Азербайджане является старейшей и ведущей отраслью экономики [1]. Она играет важную роль в истории развития страны, но и несет в себе огромную опасность для окружающей среды.

Предприятия промышленности имеют ряд особенностей, которые могут влиять на устойчивость функционирования в условиях чрезвычайных ситуаций:

– аварийные ситуации и катастрофы оказывают негативные, представляющие высокую опасность, последствия: пожары, взрывы, загрязнение воды нефтью, а атмосферы – газом и продуктами горения;

– функционирование нефтедобывающих и транспортирующих объектов в большей степени зависит от наличия и работы источников электроснабжения;

– сосредоточенность объектов нефтедобывающей отрасли в определенных районах является причиной распространения опасных факторов ЧС на соседние объекты;

– значительная протяженность трубопроводов от места добычи нефти до конечного потребителя;

– наземный фонд объектов предприятий нефтедобывающей промышленности практически неустойчив к воздействию различных опасных факторов чрезвычайных ситуаций.

Повышение устойчивости функционирования (ПУФ) объекта экономики в условиях ЧС требует проведения следующих мероприятий: организационных (ОМ), инженерно-технических (ИТМ) и технологических (ТМ). ОМ выполняются заблаговременно и обеспечивают предварительную подготовку и планирование состава сил и средств, организацию действий органов управления объекта при возникновении или опасности возникновения ЧС.

ИТМ предусматривают повышение физической устойчивости производства, оборудования, зданий и сооружений, а также создание необходимых условий для быстрого восстановления производства, повышение защищенности людей от опасных факторов ЧС.

ТМ обуславливают обеспечение ПУФ объекта путем оптимизации технологического процесса, исключающего возможность образования вторичных поражающих факторов.

ПУФ нефтедобывающих объектов включают следующие мероприятия:

– подключение новых буровых установок, обеспечение устойчивости оборудования к вибрации в буровых скважинах;

– размещение отсекающих клапанов в скважинах;

– проверка в подземных емкостях наличия газа;

– создание надежной системы защиты оборудования от коррозии;

– создание резерва труб и запорных устройств различного сортамента;

– постоянный мониторинг герметичности трубопровода;

– автоматизацию процесса определения утечки транспортируемых веществ с последующей остановкой компрессорных станций.

Однако выполнение данных мероприятий не исключает возможности возникновения ЧС, поэтому вопрос повышения устойчивости функционирования объектов нефтедобывающей отрасли остается актуальным.

Статистика показывает, что преобладающее количество аварийных ситуаций и значительный объем наносимого ими ущерба на объектах нефтедобывающей отрасли связан с

авариями на объектах транспортировки нефтепродуктов, в частности нефтепроводах. Причинами возникновения аварийных ситуаций на нефтепроводах являются нижеследующие:

- коррозия металла трубопроводов;
- ошибки при проведении строительно-монтажных работ;
- дефекты труб и неисправность используемого оборудования;
- нарушение целостности трубопроводов как физическими лицами, так и организациями вследствие механических повреждений.

**Мероприятия ПУФ магистральных трубопроводов нефтепродуктов.** Известно, что большая часть нефти, добываемой в стране, транспортируется магистральными трубопроводами.

Одной из важных областей, привлекающих внимание с точки зрения техники безопасности в нефтедобывающей промышленности, является обеспечение безопасной эксплуатации магистральных нефтепроводов, в частности морских трубопроводов (МТ) [2]. Это обусловлено определенными условиями эксплуатации, которые могут стать причиной аварии:

- присутствие агрессивной морской среды оказывает влияние на материал трубопроводов;
- размещение МТ под водой ограничивает диагностику состояния трубопроводов и проведения регламентных работ;
- значительная протяженность и отсутствие промежуточных компрессорных станций не позволяет в короткие промежутки времени ограничить выход нефтепродуктов из поврежденного МТ;
- воздействие волнения моря, ветровой нагрузки и подводных течений, повышенной сейсмической активности, сложного строения рельефа дна затрудняет проведение подготовительных и контрольных мероприятий трассы, а также проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР);
- сложность, а порой и невозможность использования стандартных подходов для проведения регламентных работ и т. д.

В настоящее время лазерные локаторы, установленные в аэрокосмической технике и на борту летательных аппаратов, позволяют проводить мониторинг состояния трубопроводов. Проведенные мониторинговые исследования [3] показали, что существующая трубопроводная сеть уже исчерпала свои ресурсы, и непринятие соответствующих превентивных мер приведет к резкому увеличению аварийных ситуаций.

Для повышения устойчивости транспортировки нефти необходимо осуществление комплекса следующих ОМ и ИТМ в трубопроводном транспорте:

- перестройка и сооружение стационарных нефтепроводов с учетом безопасности эксплуатации в условиях ЧС;
- по возможности исключение наземного прохождения трубопроводов в зонах с вероятностью возникновения ЧС, запрет пересечения трубопроводами автомобильных и железных дорог;
- создание и усовершенствование автоматизированных систем безопасности трубопроводов для остановки утечки нефтепродуктов и отсечение аварийных областей;
- заглубленное исполнение трассировки трубопроводов в местах с высокой вероятностью разрушения;
- разработка и внедрение в отрасль современных нефтеперекачивающих и транспортирующих средств;
- внедрение бесперебойных источников и повышение устойчивости электроснабжения компрессорных пунктов путем проведения наземных кабельных линий.

Специальными мерами обеспечения безопасности МТ являются:

- установка особого режима, связанного с ограничительными мероприятиями в судостроительстве и хозяйственной деятельности, который определяется на республиканском уровне вдоль прохождения трассы МТ в охраняемых зонах (на расстоянии до 500 м от оси трубопровода);
- разработка и обеспечение достаточной коррозионной защиты МТ, что изначально в значительной степени будет определять его надежность и безопасность;
- защита перехода сухопутного участка к МТ путем использования изолирующих соединений с системой защиты от коррозии (фланец или муфта);

- устройство дополнительной защиты при проектировании МТ с учетом всех возможных последствий механических воздействий на трубопровод: возникновение и распространение растрескивания или смятия труб и сварных швов, которые могут возникнуть при строительно-монтажных работах и эксплуатации;
- повышение прочностных свойств трубной стали;
- дополнительное крепление, обеспечивающее устойчивость при эрозии морского дна;
- дополнительная защита от возможных повреждений от ударов, наносимых по трубопроводу якорями судов или рыболовецких тралов;
- обеспечение защиты от сейсмических колебаний;
- обеспечение системами защиты, исключающими транспортировку нефтепродуктов при нарушении ее технологического процесса;
- проведение анализа протяженности и выбор допустимых пролетов при проектировании и монтаже МТ, обеспечивающих устойчивость трубопровода на дне моря, а также расчет патрубков-ограничителей, препятствующих лавинному смятию трубопровода в процессе прокладки на значительной глубине;
- выполнение заглубления МТ в дно в местах его выхода на берег на отметке, располагающейся ниже прогнозируемой глубины размыва дна акватории или берегового участка, на весь период эксплуатации;
- прокладка МТ по поверхности дна моря только при условии обеспечения его неизменного проектного положения на весь период эксплуатации, исключающая вероятность его всплытия или смещения под воздействием внешних нагрузок или повреждения рыболовецкими тралами, якорями судов, а при необходимости предварительная подготовка дна акватории либо прокладка трубопровода заглублено в траншею;
- проектирование МТ с достаточным диаметром, обеспечивающим свободный от препятствий поток транспортируемого продукта (принимая радиус изгиба не менее 10 диаметров трубопровода в случае применения кривых искусственного гнутья или фитинговых изделий, что достаточно для свободного прохождения очистных и контрольных устройств).

В период эксплуатации МТ, несмотря на принимаемые выше перечисленные меры безопасности, существуют реальные угрозы их повреждения или нарушения работоспособности. К этим угрозам относятся: дефекты трубопровода (материала, соединений), нештатные технологические процессы и режимы, чрезвычайные ситуации техногенного характера, различные природные явления (процессы и явления в геологической среде, природно-климатические и геологические факторы), действия третьих лиц при проведении научной, промышленной, военной деятельности в районах размещения МТ, а также ряд других причин.

Проведенный анализ статистических данных аварий на МТ [2, 3] указывает на то, что основными причинами являются: коррозия – 50 %, механические повреждения (воздействия якорей, тралов) вспомогательных судов и строительных барж – 20 % и повреждения, вызванные штормами, размывами дна, – 12 % (рис. 1, [2]). При этом большинство инцидентов произошло на участках МТ в непосредственной близости от платформ (в пределах ~15,0 м), в том числе на стояках.

Согласно статистическим данным по аварийности МТ [2–6] установлено, что разработанные и принятые меры для повышения их надежности и безопасности позволили снизить интенсивность аварий до пределов 0,02–0,03 в год на 1000 км протяженности.



Рисунок 1. – Причины аварийных ситуаций на МТ

Аварии на МТ создают реальную опасность нарушения экологического равновесия морской и геологической сред в районах их использования.

В случае аварии на МТ экологический ущерб рассчитывается с учетом платежей за сверхнормативное загрязнение окружающей среды и стоимости работ по локализации и ликвидации аварийного разлива. В морских условиях истечения из-за отсутствия надежной системы обнаружения утечек, а также сложности проведения работ по ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов в море можно ожидать утечек с гораздо большим объемом, чем среднестатистические для наземных трубопроводов.

При авариях на МТ с нефтепродуктами происходят следующие процессы: растекание, эмульгирование, испарение, растворение [7].

Растекание нефти является основным фактором, влияющим на изменение нефтяного пятна при разливе. В начальный период разлива равномерное по всем направлениям от центра поля при спокойной воде растекание нефтепродуктов имеет наибольшую динамику. Скорость растекания нефти зависит от ее количества, вязкости, поверхностного натяжения и гидродинамических условий процесса: температуры воды, скорости ветра, волнения моря.

При разливах нефти может образоваться два вида эмульсий: «нефть в воде» (прямая эмульсия), которая составляет большую часть распределенной нефти, а также «вода в нефти» (обратная эмульсия). Несмотря на сходность условий образования эти два типа имеют существенные различия: прямая эмульсия приводит к исчезновению нефти с поверхности воды, однако при прекращении действия факторов, способствующих эмульгированию (например, при уменьшении волнения моря), нефтяное пятно имеет способность восстанавливаться, нефть всплывает на поверхность воды.

Скорость испарения зависит от химического состава и физических свойств нефти, геометрии слика, времени, температуры, ветровой нагрузки и волнения моря. Наиболее интенсивное испарение происходит в первые часы после попадания нефти в море.

По данным литературных источников [4, 7] при разливе нефти второй группы в течение 20 часов испаряется порядка  $\frac{3}{4}$  ее количества. Остатки, состоящие из высокомолекулярных парафинов, в виде слика тонут. Приблизительно через 30 часов под воздействием внешних факторов (образование эмульсий и частичное погружение сликов) вязкость плавающей нефти несколько снижается.

Под растворимостью нефти в воде следует понимать растворимость ее отдельных фракций с учетом воздействия солнечной энергии, ветра, волнения моря и других факторов. Известно о слабой растворимости в целом отдельных фракций нефти в воде, причем легкие фракции растворяются в большей мере по сравнению с тяжелыми.

Учитывая высокую вероятность возникновения аварий на МТ с учетом статистических данных, анализа состояния существующих МТ, скоротечности процессов, происходящих с нефтепродуктами на поверхности морской воды, при планировании АСДНР при ликвидации аварийного разлива нефти следует принять во внимание то, что эффективность ее проведения напрямую зависит от времени реагирования.

В связи с этим необходимо решить ряд задач, таких как:

- сокращение времени принятия управленческого решения;
- постоянный мониторинг и прогнозирование развития ЧС, оценка обстановки и эффективное планирование мер по ее ликвидации с использованием точных моделей развития аварии;
- повышение уровня подготовки лица, принимающего управленческое решение, и, как следствие, эффективности решений, принимаемых в условиях стресса и высокой ответственности;
- оптимальное управление силами и средствами ликвидации ЧС с учетом скоординированности действий между службами, участвующими в ликвидации ЧС.

Учитывая тот факт, что выполнение работ по ликвидации аварийных разливов нефти требуется проводить в максимально короткий срок, необходимо совершенствовать организационные мероприятия ПУФ транспортирующих объектов нефтедобывающей отрасли республики (разработка организационно-планирующей документации ликвидации последствий аварийных разливов нефти, подготовка органов управления и сил, принимающих участие в проведении АСДНР и др.).

С целью улучшения организации и обеспечения своевременного принятия мер по ликвидации аварийных разливов нефти в республике принято решение по разработке национального плана ликвидации аварийных разливов нефти, который предусматривает алгоритм проведения АСДНР.

**Заключение.** Среди ЧС, происходящих на объектах нефтедобывающей отрасли, наиболее частыми и наносящими значительный ущерб окружающей среде являются аварии на МТ. В качестве мероприятий ПУФ для данных объектов предлагается совершенствовать организационные мероприятия ПУФ (разработку организационно-планирующей документации ликвидации последствий аварийных разливов нефти, подготовку органов управления и сил, принимающих участие в проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ и др.).

С учетом скоротечности процессов, происходящих с нефтепродуктами на поверхности морской воды при возникновении аварий на МТ, перед руководителем ликвидации чрезвычайной ситуации стоит сложная задача организации всего перечня мероприятий по ликвидации последствий аварийных разливов нефти с учетом временных и ресурсных ограничений. Для оказания помощи руководителю ликвидации ЧС при принятии управленческих решений необходимо разработать национальный план ликвидации аварийных разливов нефти, который предусматривает алгоритм проведения АСДНР с учетом оптимизации временных интервалов на проведении мероприятий и их последовательности. В этой связи целесообразно привлечение математического аппарата, и в качестве такового может быть использован аппарат сетевого планирования, основная цель которого – сокращение до минимума продолжительности комплекса мероприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев, И. Каспийская нефть Азербайджана / И. Алиев. – М.: Известия, 2003. – 712 с.
2. Эксплуатация и ремонт морских трубопроводов [Электронный ресурс] // Наука и технологии. – Режим доступа: <https://neftegaz.ru/science/view/1114-Ekspluatatsiya-i-remont-morskih-truboprovodov>. – Дата доступа: 15.07.2018.
3. Лисанов, М.В. Анализ риска магистральных нефтепроводов при обосновании проектных решений, компенсирующих отступления от действующих требований безопасности / М.В. Лисанов, С.И. Сумской, А.В. Савина [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – № 3. – С. 58–66.
4. Лисанов, М. Аварийность на морских нефтегазовых объектах / М. Лисанов, А. Савина, Е. Самушева, С. Сумской / Oil and Gas Journal Russia. – 2010. – № 5 (39). – С. 48–53.
5. Трубопроводы в США и Европе становятся более безопасными. Обзор иностранной прессы // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – 2005. – № 1. – С. 47–50.
6. Muhlbauer, W. Kent. Pipeline Risk Management Manuel / W. Kent Muhlbauer. – Gulf Publishing Company, 1992. – 256 p.
7. Маценко, С.В. 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.

## IMPROVING THE SUSTAINABILITY OF FUNCTIONING OF OBJECTS OF THE MAIN PIPELINE TRANSPORT OF THE AZERBAIJAN REPUBLIC IN EMERGENCY SITUATION

**Adil Abdullaev**

Crisis Management Center of the Ministry for Emergency Situations  
of the Republic of Azerbaijan, Baku, Republic of Azerbaijan

*Purpose.* The analysis of factors that increase the likelihood of emergency situations at the facilities of the main pipeline transport of the Azerbaijan Republic. Recommendations for improving the sustainability of the operation of trunk pipelines in emergencies.

*Methods.* The methods of analysis and planning have been used in the research.

*Findings.* The recommendations have been given to reduce the number of problems and to increase consequently the effectiveness of the response to emergency oil spill.

*Application field of research.* The obtained data can be used in the field of planning of management decisions.

*Conclusions.* Among the emergencies occurring at the oil industry facilities, accidents at sea pipelines are the most frequent and they cause a significant environmental damage. The recommendations will allow increasing the quality of response to oil spill emergencies at the main sea pipelines of the Azerbaijan Republic.

*Keywords:* emergency situation, oil industry, improving operational stability, emergency oil spill, sea pipeline.

(The date of submitting: January 15, 2019)

### REFERENCES

1. Aliev I. *Kaspiyskaya neft' Azerbaydzhana* [Caspian oil of Azerbaijan]. Moscow: Izvestiya, 2003. 712 p. (rus)
2. Ekspluatatsiya i remont morskikh truboprovodov [Operation and repair of offshore pipelines], available at: <https://neftegaz.ru/science/view/1114-Ekspluatatsiya-i-remont-morskikh-truboprovodov> (accessed: July 15, 2018). (rus)
3. Lisanov M.V., Sumskey S.I., Savina A.V. et al. Analiz riska magistral'nykh nefteprovodov pri obosnovanii proektnykh resheniy, kompensiruyushchikh otstupleniya ot deystvuyushchikh trebovaniy bezopasnosti [Risk analysis of main oil pipelines in justifying design solutions that compensate for deviations from current safety requirements]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*, 2010. No. 3. Pp. 58–66. (rus)
4. Lisanov M., Savina A., Samuseva E., Sumskey S. Avariynost' na morskikh neftegazovykh ob'ektakh [Accident on offshore oil and gas facilities]. *Oil and Gas Journal Russia*, 2010. No. 5. Pp. 48–53. (rus)
5. Truboprovody v SShA i Evrope stanovyatsya bolee bezopasnymi. Obzor inostrannoy pressy [Pipelines in the US and Europe are becoming safer. Foreign press review]. *Truboprovodnyy transport: teoriya i praktika*, 2005. No. 1. Pp. 47–50. (rus)
6. Muhlbauer W. *Kent Pipeline Risk Management Manuel*. Gulf Publishing Company, 1992. 256 p.
7. Matsenko S.V., Volkov G.G., Volkova T.A. *Likvidatsiya razlivov nefti i nefteproduktov na more i vnutrennikh akvatoriyakh. Raschet dostatochnosti sil i sredstv: metodicheskie rekomendatsii* [Oil and oil spill response to the sea and inland areas. Calculation of the adequacy of forces and means: guidelines]. Novorossiysk: Admiral Ushakov Maritime State University, 2009. 78 p. (rus)