

*Абдуллин Н.А., доцент, кандидат наук  
доцент кафедры «Промышленная и пожарная безопасность»  
Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*Россия, г. Уфа*

*Гареева Э.И.,*

*студент-магистрант*

*2 курс, факультет «Промышленная и пожарная безопасность»  
Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*Россия, г. Уфа*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ ДЛИТЕЛЬНО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ**

***Аннотация:** В статье рассматривается метод повышения гидравлической эффективности и уменьшения влияния коррозии на эксплуатируемый магистральный газопровод. Предлагается новый способ устранения газового конденсата из магистрального газопровода, который заключается в установке в местах скопления конденсата (в местах изгиба трубопровода) закручивающего устройства (шнека), благодаря которому можно закручивать газовый поток и изменять его вектор скорости.*

***Ключевые слова:** магистральный газопровод, повышение промышленной безопасности, удаление конденсата из газопровода.*

***Annotation:** The article discusses a method of increasing hydraulic efficiency and reducing the effect of corrosion on an operated gas pipeline. A new method is proposed for eliminating gas condensate from the main gas pipeline, which consists in installing a screw device (screw) in the places of condensate accumulation (in the places of the pipe bend), due to which it is possible to twist the gas stream and change its velocity vector.*

*Key words: main gas pipeline, increasing industrial safety, removing condensate from the gas pipeline.*

Трубопроводный транспорт в нашей стране получил интенсивное развитие во второй половине 20 столетия и в настоящее время по удельному весу и объему грузопотоков неуклонно вытесняет железнодорожный и водный транспорт. Преимуществами трубопроводного транспорта являются: дальность перекачки, высокая ритмичность, практически бесперебойная работа в течение всего года с минимальными потерями и различной пропускной способностью; возможность работы в разных климатических условиях, а также возможность прокладки трубопроводов на большие расстояния в любых регионах. Именно эти преимущества позволяют с развитием сети трубопроводного транспорта стабильно снижать стоимость транспортирования нефти, нефтепродуктов и газа и послужили развитию трубопроводного транспорта.

Газопроводный транспорт России — один из основных видов российского трубопроводного транспорта, осуществляющий транспортировку природного газа [1].

Магистральные газопроводы относятся к категории сложных и энергонапряженных объектов. Аварии на магистральных газопроводах, проявляющиеся в потере герметичности стенки трубы, трубных деталей или в общей потере прочности в результате разрушения, могут привести к человеческим жертвам и значительному экологическому ущербу, с возможными непоправимыми последствиями для окружающей природной среды [2, с. 231].

На данный момент в России эксплуатируется 182,345 тыс. км магистральных газопроводов диаметром до 1420 мм, имеющих в основном подземный способ прокладки, при рабочих давлениях 5,4–7,5 МПа. Важной особенностью являются: превышающий 30–летний период эксплуатации большинства газопроводов и природно–климатические условия. Условия представлены различными участками болот, участками вечной мерзлоты, непроходимыми таежными зонами с постоянно изменяющейся температурой от

–60 до +40 °С. В таких специфических природно–климатических и рельефных условиях обеспечение надежной и безопасной эксплуатации магистральных газопроводов является актуальной задачей [3, с.154].

Основные фонды трубопроводного транспорта, как и вся техносфера, стареют. Главные системы магистральных трубопроводов были построены в 1960–1980-х гг. В настоящее время около 40 % протяженности магистральных трубопроводов отработало более 30 лет. Это требует усиления контроля за состоянием магистральных трубопроводов с применением современной диагностики, мониторинга, капитального ремонта и реконструкции. Обеспечение безопасности магистральных нефтегазопродуктопроводов имеет огромное значение для энергетической безопасности страны. Специфика трубопроводного транспорта углеводородного сырья и других опасных веществ заключается в возможности каскадного развития аварий на объектах-потребителях транспортируемого сырья. Угроза возникновения таких аварий должна быть минимизирована [4, с. 250].

Процедура анализа риска аварийных ситуаций, являющаяся ключевым элементом управления экологической и промышленной безопасностью, представляет собой основу для принятия решений по предупреждению аварий и ликвидацию их последствий на опасных производственных объектах, в том числе на объектах газотранспортной системы. В качестве отправной точки для определения оценки степени риска аварий на магистральном трубопроводном транспорте выступает анализ причин аварийных ситуаций и отказов.

Исходя из представленных данных, была составлена динамика уровня учетных событий за 2009-2018 годы на объектах газотранспортной системы России, которая показана на рисунке (рис.1) [3, с.154].

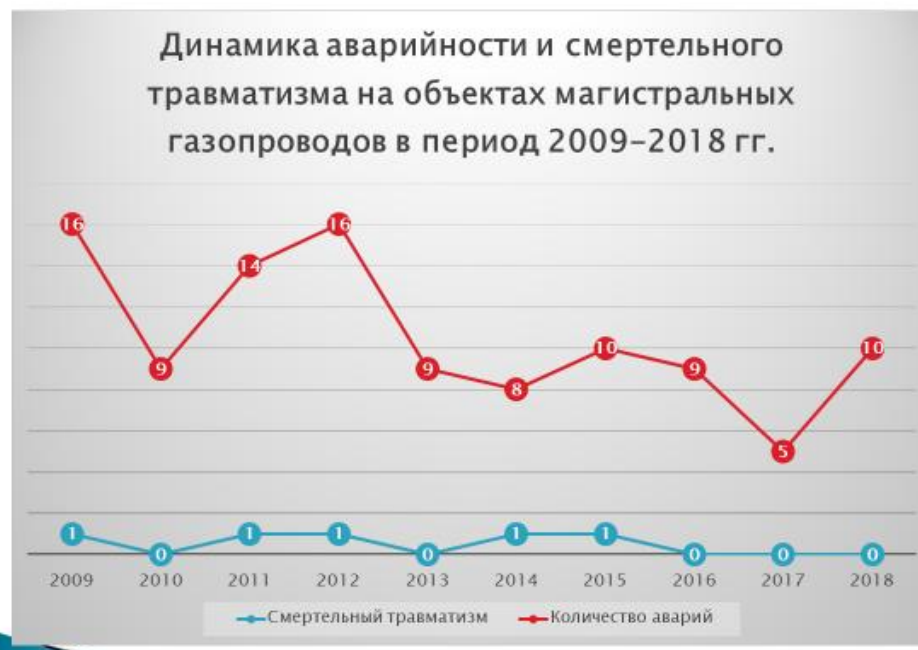


Рисунок 1 – Динамика аварийности и смертельного травматизма

Динамика аварийности на объектах магистрального газопровода с годами уменьшается. Однако, полностью избежать аварий на линейной части газопровода все же не удастся.

Анализ результатов технических исследований аварий показывает, что основной причиной возникновения аварий (в 60 % случаев) послужила коррозия металла труб газопровода, в том числе внутренняя. Источником накопления жидкости может быть капельная жидкость (конденсат и вода), которая поступает из скважин вместе с газом, а так же конденсат воды и тяжелый углеводородов, который образуется при снижении температуры газа при его высокой скорости транспортировки по трубопроводу.

Конденсат может двигаться по стенкам трубопровода в виде пленки и в конечном итоге скапливаться на восходящих участках газопровода, образуя гидравлический затвор.

Исходя из вышеизложенного, было проведено экспериментальное исследование, целью которого являлось подтверждение эффективности применения закручивающего устройства (далее- ЗУ) для удаления газового

конденсата магистрального газопровода, путем закручивания потока газа и изменения его вектора скорости.

Для проведения эксперимента был установлен стенд, оборудованный баллоном со сжатым газом, манометром, счетчиком газа, редуктором. Так же была установлена стеклянная трубка с углублением по центру (имитация газопровода с нисходящим и восходящим участком), в которую было внедрено ЗУ. Эксперимент проходил следующим образом: в низшую точку изгиба трубки была залита жидкость на 10 % от площади сечения, после этого открывался редуктор и газ поступал в стеклянную трубку. При достижении режима, когда выполнялся унос жидкости, показатели манометра и счетчика газа были зарегистрированы.

Числовые величины технологических и технических параметров стенда представлены в таблице.

Таблица 1.

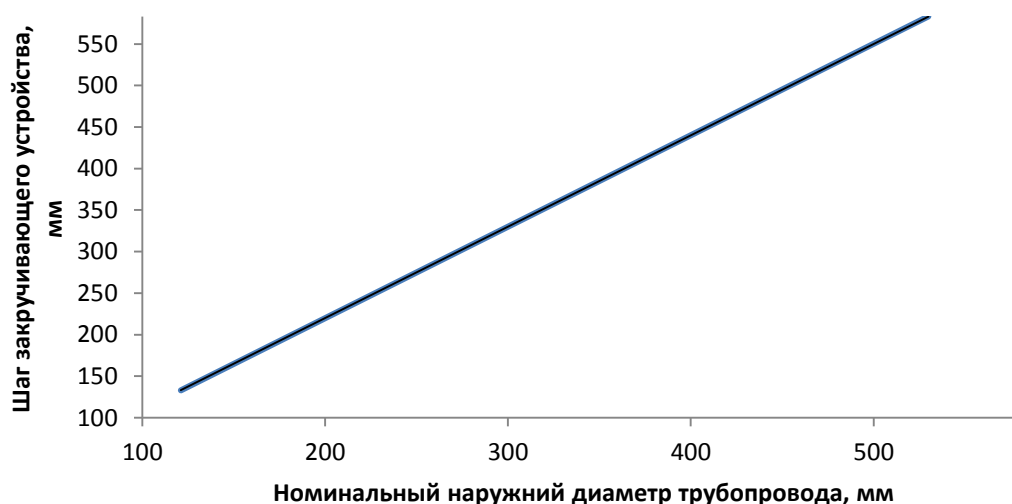
### Параметры стенда

Параметр	Величина
<b>Свойства газа</b>	
Температура, С	20
Тип газа	Азот
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,25
<b>Параметры устройства</b>	
Внутренний диаметр, мм	22
Толщина стенок, мм	2
Длинна соединительного колена, мм	60
Длинна наклонного участка, мм	380
Радиус скругления, мм	450
<b>Технологические параметры</b>	
Давление газа, МПа	0,1
Время подачи газа в установившемся режиме, сек	10
Жидкость	Дистиллированная вода
Диаметр входного патрубка, мм	9
Давление газа на выходе, Па	1

Эксперимент проводился в три этапа. На первом этапе газ подавался в трубу без ЗУ; на втором этапе ЗУ было установлено до уровня жидкости (на нисходящем участке трубы; на третьем этапе шнек (ЗУ) был погружен в низшую точку трубы.

После проведения данного эксперимента был выполнен перерасчет промежуточных выходных данных в анализируемые, далее была произведена оценка эффективности ЗУ. В качестве критериев эффективности рассматривалось: снижение амплитуды колебания давления в трубе, снижение коэффициента пульсации давления. Выяснилось, что если шнек погружен в низшую точку трубы, то требуется меньше объема и расхода газа для того, чтобы начался унос жидкости, нежели если шнек установлен до уровня жидкости. Также было замечено: при ЗУ, установленном посередине, требовалось меньше скорости газа для его полного уноса из трубы.

С учетом данных исследований был проведен перерасчет параметров экспериментальной установки применительно к газопроводам согласно ГОСТ 31447-2012 [5]. В результате получена графическая зависимость наружного диаметра трубопровода от шага ЗУ (рис.2).



**Рисунок 2. Зависимость диаметра газопровода, от шага закручивающего устройства**

Применение разработанного закручивающего устройства для удаления газового конденсата из трубопровода позволит обеспечить эффективный унос жидкости из наклонных участков газопровода, что способствует исключению образований гидратотложений и возникновению коррозии газопроводов, а следовательно, увеличению срока службы и повышению уровня промышленной безопасности.

#### **Использованные источники:**

- 1 Википедия. Единая система газоснабжения [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazprom.ru/about/production/transportation/> - Загл. с экрана.
- 2 Анучкин, М.П. Трубы для магистральных трубопроводов / М.П. Анучкин, В.Н. Горицкий, П.Н. Мирошниченко. — М.: Недра, 1986. — С. 231.
- 3 Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору [Электронный ресурс]: Годовой отчет о деятельности в 2018 году – М., 2019. URL: [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/) - Загл. с экрана.
- 4 Структурные и феноменологические закономерности старения низкоуглеродистых и низколегированных сталей / А.Г. Гумеров, К.М. Ямалеев, Р.С. Зайнуллин. - Уфа: ЦБЭСТС, 2008. – С. 250.
- 5 ГОСТ 31447-2012 Трубы стальные сварные для магистральных газопроводов, нефтепроводов и нефтепродуктопроводов. Технические условия - М.: Москва стандартиформ, 2013. – С. 5.