

## RESUME

Its characteristic is given as one of the main sectors of the economy of Kazakhstan. It is proved that the oil and gas complex is the driving force behind the socio-economic reforms carried out in the republic, the conductor of modern innovation and management decisions. It is noted that the oil and gas complex has specific features that increase the intensity of anthropogenic effects in environmental pollution. It is emphasized that offshore production is becoming a new stage in the development of hydrocarbon reserves in the republic. The priority directions of effective development of petrochemistry in the country are considered. The expediency of forming clusters in the oil and gas industry of Kazakhstan is substantiated. The conclusion is made about the ways of development and maintenance of the system of trunk pipelines for reliable transportation of oil for export and the domestic market. The term «energy security» in the world community is commonly understood as the protection of citizens, the economy, and the state from the threat of a shortage in providing energy under acceptable conditions (quality, price, delivery).

The problem of the formation of clusters in the oil industry is the need to create chains of interrelated industries - from geological prospecting and exploration to the processing of extracted hydrocarbon compounds and the sale of marketable products.

The real possibility of forming clusters, which will be based on the use of oil and gas resources, exists in the regions of Western Kazakhstan. The first of them can be formed taking into account the existing industrial and scientific potential in the Atyrau region. Thanks to oil and gas reserves concentrated on its territory, this area is one of the most promising and attractive regions of the country, where a petrochemical cluster is already forming and an integrated petrochemical complex is being created.

Analysis of the effectiveness of clusters can be carried out in various directions: institutional organization; internal motivation to initiate and maintain; comparative competitiveness of participants; strategic potential.

Analysis of the effectiveness of clusters can be carried out in various directions: institutional organization; internal motivation to initiate and maintain; comparative competitiveness of participants; strategic potential.

УДК 622.691.4

**Чурикова Л.А.**, кандидат технических наук, доцент

**Муканов Ч.С.**, магистрант

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана»,  
г. Уральск, Республика Казахстан

## **АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ ГАЗОПРОВОДА ОТ ЖИДКОСТНЫХ СКОПЛЕНИЙ**

### **Аннотация**

В трубопроводном транспорте природного газа во внутреннюю полость газопровода возможно попадание жидкости. Обычно жидкость собирается в пониженных участках газопровода и образует жидкостные скопления или жидкостную пробку. В качестве подобных жидкостей могут выступать вода, конденсат, масла и другие углеводороды. При накоплении их в низине трубопровода может наступить момент, когда живое сечение трубы будет перекрыто. Для поддержания газотранспортной системы в рабочем состоянии жидкостные скопления необходимо своевременно удалять.

В статье приведен анализ средства очистки внутренней полости трубопровода. Современные способы очистки чаще предназначены для использования на магистральных газопроводах, имеющих большой диаметр и протяженность, находящихся между компрессорными станциями. На практике значительную часть протяженности газотранспортной системы составляют газопроводы-отводы. Как правило, они имеют малый

диаметр и сравнительно небольшую протяженность. Эксплуатационные наблюдения свидетельствуют об отсутствии эффективных средств очистки газопроводов-отводов.

Очистка внутренней полости газопровода от жидкости, аккумулирующейся в пониженных участках профиля, путем увеличения скорости потока газа во многих случаях возможна. Метод продувки целесообразно применять для удаления жидкости, прежде всего, из газопроводов небольшого диаметра, причем очистка выполняется путем снижения в трубопроводе давления до расчетного. Данный метод весьма эффективен с экономической точки зрения.

**Ключевые слова:** жидкостное скопление, газовый поток, природный газ, внутренняя полость газопровода, критическая скорость, удаление жидкости.

Природный газ – это одна из важнейших составляющих топливно-энергетических ресурсов. Использование «голубого топлива» позволяет решать крупные хозяйственные и социально-экономические задачи, обеспечивающие научно-технический прогресс. Транспортируемый по газопроводам природный газ, как правило, в своем составе содержит мелкие жидкостные включения. Они представляют собой распыленные частицы воды, газового конденсата, масел и других углеводородов. Кроме этого транспортируемый трубопроводным транспортом газ, зачастую бывает влажным. При определенных условиях (давление и температура) жидкостные включения конденсируются и выпадают в виде жидкостных скоплений [1]. Преимущественно они аккумулируются в пониженных участках магистральных трубопроводов. Эти скопления существенно затрудняют эффективность работы трубопровода, потому что они сужают живое сечение пониженных участков газопровода, тем самым увеличивая гидравлическое сопротивление движению газа. Для поддержания линейной части трубопроводной системы в рабочем состоянии эксплуатирующими организациями производится периодическая очистка внутренней полости трубопровода. Поэтому исследование проблемы выноса скоплений жидкости, в том числе газового конденсата, из пониженных участков газопровода, используя энергию струи транспортируемого газа весьма актуально.

При транспортировке природного газа по трубопроводу существует проблема накопления жидкостных скоплений в пониженных участках трубы. Гидраты препятствуют работе газотранспортной системы на проектных режимах. Для поддержания газотранспортной системы в рабочем состоянии жидкостные скопления необходимо своевременно удалять [2].

В настоящее время для этого применяются различные средства очистки внутренней полости трубы. Но все они имеют значительные недостатки:

- 1) при удалении скоплений необходимо либо останавливать транспортировку газа, либо изменять конструкцию газопровода, монтируя дополнительные устройства для очистки;
- 2) процесс очистки связан с потерями природного газа.

Современные способы очистки чаще предназначены для использования на магистральных газопроводах, находящихся между компрессорными станциями. Причем очищаемый участок трубопровода имеет большой диаметр и протяженность. На практике значительную часть протяженности газотранспортной системы составляют газопроводы-отводы [1,2]. Как правило, они имеют малый диаметр и сравнительно небольшую протяженность. Эксплуатационные наблюдения свидетельствуют об отсутствии эффективных средств очистки газопроводов-отводов [3].

Для осуществления сформулированной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать экспериментальную установку, позволяющую исследовать процесс удаления жидкости из внутренней полости газопровода;
- экспериментально ранжировать параметры транспортируемого газа и образующегося скопления, влияющие на эффективность удаления жидкости из пониженного участка профиля трубопровода;
- установить критерии, при которых удаление скоплений жидкости из пониженных участков трубопровода возможно и эффективно;
- составить математическую модель процесса выноса жидкостного скопления из газопровода;

– разработать технологию очистки внутренней полости магистральных газопроводов от жидкостных скоплений, основанную на использовании энергии струи транспортируемого газа (т.е. на продувке).

В настоящее время процесс выноса жидкостного скопления из пониженного участка газопровода изучен не в полном объеме. В силу технических особенностей магистральные газопроводы представляют собой непрозрачные металлические системы труб, расположенные, как правило, под землей, и, следовательно, физические процессы, происходящие внутри газопровода, увидеть невозможно. Таким образом, нет возможности визуально определить, где, каким образом и как часто образуются жидкостные скопления в пониженных участках трубы. Также невозможно проследить их количество, направление и скорость их перемещения во внутренней полости трубопроводов.

Цель исследований – оценка условий течения газа в магистральном газопровode, для очистки внутренней полости газопровода от жидкостных скоплений, используя энергию струи газового потока.

Для того чтобы воспользоваться предложенным способом очистки, необходимо понять физический смысл процесса удаления жидкости из трубопровода при помощи силы, создаваемой потоком газа. Важно определить, какие факторы повышают эффективность данного процесса. Все это возможно выявить, проведя ряд исследований на реально действующем магистральном газопровode. Но на данный момент подобный эксперимент на газопровode невозможен в силу объективных обстоятельств. Функциональное назначение газопроводов не связано с проведением исследований, экономически нецелесообразно и трудоемко. Выходом из сложившейся ситуации может стать проведение эксперимента на смоделированном в лабораторных условиях магистральном газопровode с пониженным участком. Для достижения поставленной цели необходимо спроектировать, сконструировать и изготовить экспериментальную установку.

Основными критериями к проектируемой установке являются наличие пониженного участка с возможностью визуального наблюдения процессов, происходящих внутри трубопровода, и возможность изменения углов наклона восходящего участка к горизонту. Необходимо также предусмотреть возможность изменения скорости газового потока с численным измерением, специализированным прибором показаний скорости газового потока и возможности применения на установке различных видов исследуемых жидкостей, которые выступают в качестве жидкостных скоплений. Потенциал экспериментальной установки должен позволять проводить неограниченное количество экспериментов, не лимитированных по времени, что в свою очередь позволит судить о достоверности экспериментальных исследований.

Для осуществления полноты и качества экспериментального исследования необходимо выполнить следующие мероприятия [4]:

- составить план экспериментального исследования;
- качественно провести эксперименты;
- составить математическую модель явления;
- проверить адекватность модели;
- проверить значимости коэффициентов модели.

Объектом исследования является пониженный участок газопровода, в котором находится жидкостное скопление.



Рисунок 1 - Пониженный участок газопровода с жидкостным скоплением

Задача исследования – это определение скорости газового потока, при которой жидкостное скопление в пониженном участке трубопровода находиться не сможет, т.е. какую необходимо создать критическую скорость газового потока, чтобы началось движение скопления вдоль оси трубопровода (рисунок 1)

Экспериментальная установка представляет собой воздуходувку 1, подключенную к трубопроводу 2 с внутренним диаметром  $D_0$ , равным 0,048. На установке смонтирован измерительно-расчетный комплекс, состоящий из счетчика газа 3, с подключенным к нему компьютером 4. На нем установлено специальное программное обеспечение WinPADS, которое помогает с высокой точностью собирать экспериментальные данные. На виде А (рисунок 2) продемонстрирован исследуемый пониженный участок 8 моделируемого трубопровода.

При помощи гофрированной трубки 5 пониженный участок 8 соединен с трубопроводом 2. Устройство 6 служит для изменения величины угла наклона восходящего участка к горизонту. Подставка 9 в виде транспортира необходима для выставления нужного угла  $\alpha$  для проведения экспериментального исследования. Возможности установки позволяют при помощи шаровых кранов 11 и 12 изменять скорости потока газа (воздуха), создаваемого воздуходувкой 1. Причем при открытом кране 11 максимальная скорость газового потока составляет 9 /с, а при открытых кранах 11 и 12 – 15 /с. Исследуемая жидкость заливается в пониженный участок трубопровода через отверстие, закупоренное пробкой 7. После проведения экспериментального исследования жидкость удаляется из полости трубопровода потоком воздуха и скапливается в емкости 10. Емкость 10 при необходимости (накоплении жидкости в сосуде) демонтируется с испытуемой жидкостью, таким образом, есть возможность неоднократно повторять опыт с одной и той же жидкостью.

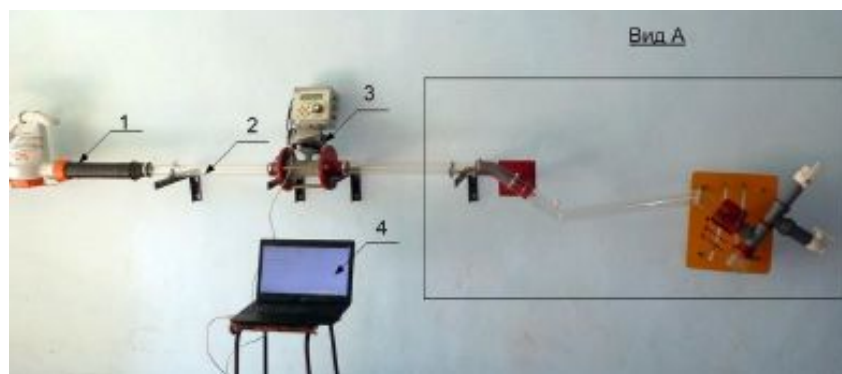


Рисунок 2 – Общий вид экспериментальной установки. Вид А

Для полного изучения процесса выноса жидкостного скопления из пониженного участка трубопровода были проведены исследования на экспериментальной установке с различными углами наклона восходящего участка трубопровода к горизонту и с жидкостями различной плотностью и кинематической вязкостью. В качестве жидкостных скоплений были использованы растворы диэтиленгликоля с водой в различных концентрациях, растворы поваренной соли с водой, различные нефтепродукты. В подтверждение достоверности измерений плотности и вязкости жидкостей, они были повторно исследованы в специализированной лаборатории, результатом чего стали протоколы испытания.

Удаление жидкости из пониженного участка трубопровода возможно только тогда, когда жидкостное скопление полностью переместится на восходящий участок трубопровода

Для каждого очищаемого газопровода необходимо индивидуально рассчитывать, насколько необходимо снизить давление в трубопроводе, чтобы создать в нем критическую скорость газового потока, необходимую для выполнения условия режима самоочистки газопровода.

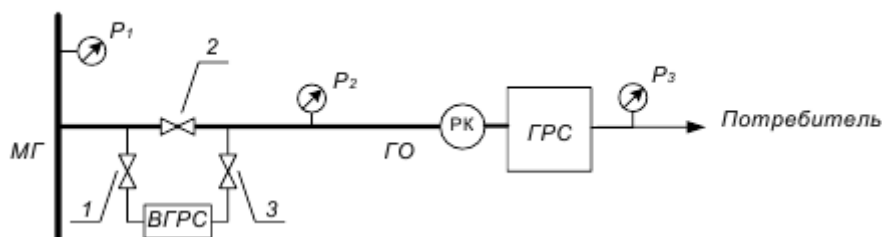


Рисунок 3 – Очищаемый участок газотранспортной системы

Для наглядного примера построим графически зависимость скорости газового потока от давления и критическую скорость, необходимую для выноса жидкостного скопления  $v_{кр}$  так же от  $P_2$  на одном графике для определенного газопровода. Параметры газотранспортной системы таковы: природный газ транспортируется по газопроводу с внутренним диаметром 200 мм.

В полости газопровода находится жидкостное скопление плотностью  $\rho_{ж}=1000$  [кг/м<sup>3</sup>] и вязкостью  $\nu_{ж}=50$  [мм<sup>2</sup>/с], максимальный угол наклона восходящего участка очищаемого газопровода  $\alpha=30^0$  С. Трубопровод проложен в грунте, температура которого 283<sup>0</sup> К. Давление в очищаемом газопровode можно изменять от 0,5 МПа до 7,5 МПа, коммерческий расход газа по газопроводу-отводу равен 35 м<sup>3</sup>/с.

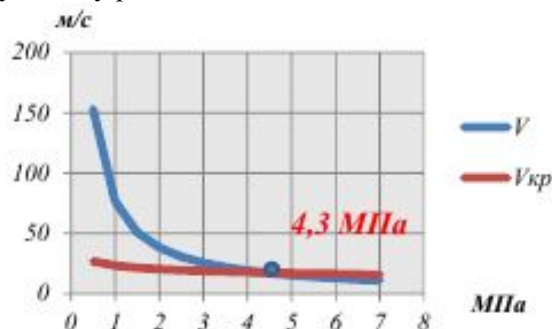


Рисунок 4 – Очистка при 4,3 МПа

Из рисунка 4 видно, что очистку внутренней полости газопровода возможно осуществить при давлении 4,3 МПа и меньше [5,6].

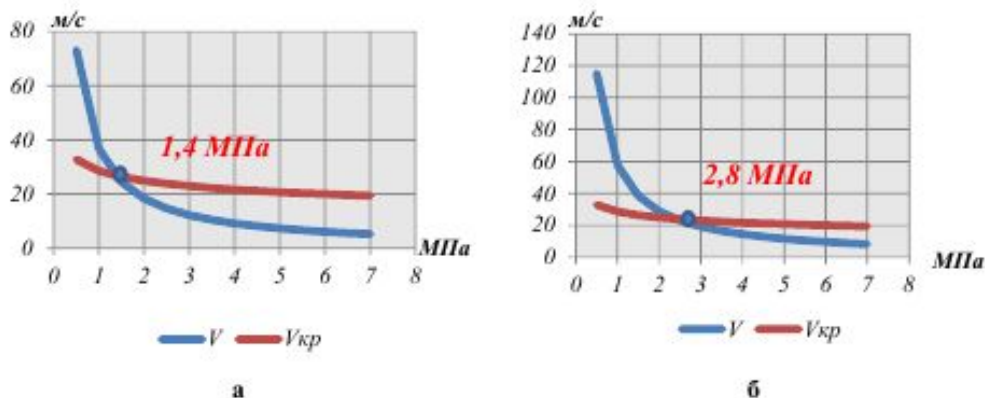


Рисунок 5 – Очистка при различных плотностях жидкостного скопления

Из рисунка 5 следует, что очистка более эффективна и менее затратна при большей плотности жидкостного скопления [6].

**Вывод.** Очистка внутренней полости газопровода от жидкости, аккумулирующейся в пониженных участках профиля, путем увеличения скорости потока газа во многих случаях возможна. Метод продувки целесообразно применять для удаления жидкости, прежде всего, из газопроводов небольшого диаметра, причем очистка выполняется путем снижения в трубопроводе давления до расчетного.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коршак А.А., Нечваль А.М. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов: учебник для ВУЗов. СПб: Недра, 2008.– 488 с.
2. Волков М.М. Михеев А.Л. Конев К.А. Справочник работника газовой промышленности. М.: Энергоатомиздат, 1989.– 280 с.
3. Мустафин Ф.М., Гумеров А.Г., Квятковский О.П. Очистка полости и испытание трубопроводов: учебное пособие. - М.: ООО «НедраБизнесцентр», 2001.– 255 с.
4. Усольцев М.Е. Удаление скоплений жидкости из пониженных участков газопровода потоком транспортируемого газа: автореф. ... канд. техн. наук: 25.00.19. – СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2012. – 21 с.
5. Потапенко Е.С. Экспериментальные исследования влияния скорости потока газа на жидкостное скопление в пониженном участке трубопровода // Газовая промышленность. - 2012. - №9. - С.44 – 47.
6. Потапенко Е.С. Коклин И.М., Маленкина И.Ф. Теоретическое обоснование возможности использования энергии потока газа для выноса жидкостных скоплений из газопровода //Газовая промышленность. - 2013. - №4. - С.47 – 48.

## ТҮЙІН

Табиғи газдың құбыр көлігінде газ құбырының ішкі қуысына сұйықтықтың түсуі мүмкін. Әдетте сұйықтық газ құбырының төменгі учаскелерінде жиналады және сұйықтықтың жиналуын немесе сұйықтықтың тығынын құрайды. Мұндай сұйықтықтар ретінде су, конденсат, май және басқа да көмірсутектер болуы мүмкін. Құбырдың төменгі жағында оларды жинақтау кезінде құбырдың жанды қимасы жабылатын сәт болуы мүмкін. Газ тасымалдау жүйесін жұмыс жағдайында ұстау үшін сұйық жинақтарды уақтылы жою қажет.

Мақалада құбырдың ішкі қуысына тазалау құралдарын талдау келтірілген. Тазалаудың қазіргі заманғы тәсілдері компрессорлық станциялар арасындағы үлкен диаметрлі және ұзындығы бар магистральды газ құбырларында жиі қолдануға арналған. Іс жүзінде газ тасымалдау жүйесі ұзындығының едәуір бөлігін газ құбырлары бұрулар құрайды. Әдетте, олар кіші диаметрі және салыстырмалы түрде аз ұзындығы бар. Пайдалану бақылаулары газ құбырларын бұруларды тазалаудың тиімді құралдарының жоқтығын куәландырады.

Газ құбырының ішкі қуысын бейіннің төменгі учаскелерінде шоғырланатын сұйықтықтан газ ағынының жылдамдығын арттыру жолымен тазарту көптеген жағдайларда мүмкін болады. Үрлеу әдісін сұйықтықты, ең алдымен, шағын диаметрлі газ құбырларынан жою үшін қолданған жөн, бұл ретте тазарту құбырдағы қысымды есепті қысымға дейін төмендету жолымен орындалады. Бұл әдісі экономикалық тұрғыдан тиімді.

## RESUME

In the pipeline transportation of natural gas in the inner cavity of the pipeline may enter the liquid. Typically, the liquid collects in the lower sections of the pipeline and forms a liquid accumulation or liquid tube. Such liquids can be water, condensate, oils and other hydrocarbons. With the accumulation of them in the valley of the pipeline may come a time when the living section of the pipe will be closed. To maintain the gas transportation system in working condition, liquid accumulations must be removed in a timely manner.

The article presents an analysis of the means of cleaning the inner cavity of the pipeline. Modern methods of cleaning are more often intended for use on the main gas pipelines having the big diameter and extent which are between compressor stations. In practice, a significant part of the length of the gas transportation system consists of gas pipelines. As a rule, they have a small diameter and a relatively small length. Operational observations indicate the lack of effective means of cleaning gas pipelines-outlets.

Cleaning of the internal cavity of the gas pipeline from the liquid accumulating in the lowered sections of the profile by increasing the gas flow rate is possible in many cases. The method of purging is advisable to use to remove the liquid, primarily from gas pipelines of small diameter, and cleaning is performed by reducing the pressure in the pipeline to the design. This method is very effective from an economic part.