

УДК 697.34

И.И.КАПЦОВ

Научно-исследовательский и проектный институт транспорта газа, г. Харьков

ОЧИСТКА ГАЗОПРОВОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

В зависимости от назначения газопроводов рассматриваются методы очистки внутренней полости труб от загрязнений. Для газопроводов малых диаметров рассмотрена возможность применения поверхностно-активных веществ (ПАВ), исследованы режимы пеногенерации, способы разрушения и гашения пен. Исследован процесс устойчивости пены и влияния температуры на ее физико-механические свойства и процессы очистки.

Залежно від призначення газопроводів розглядаються методи очищення внутрішньої порожнини труб від забруднень. Для газопроводів малих діаметрів розглядена можливість вживання поверхнево-активних речовин (ПАР), досліджені режими піногенерації, способи руйнування і гасіння пін. Досліджений процес стійкості піни і впливу температури на її фізико-механічні властивості і процеси очищення.

Depending on setting of gas pipelines the methods of cleaning of internal cavity of pipes are examined from contaminations. For the gas pipelines of small diameters possibility of application superficially of active matters is considered, the modes of generation of suds, methods of destruction and extinguishing of suds, are probed. The process of stability of suds and influencing of temperature is probed on its physical and mechanical properties and cleaning processes.

Ключевые слова: ПАВ – поверхностно-активные вещества, газопроводы, пенообразователь, стабилизатор, концентрация, очистка, конденсат, загрязнение, концентрация.

По условиям работы, масштабам и протяженности газопроводы можно условно разделить на магистральные, служащие для транспорта газа на дальние расстояния, и газопроводы местного значения, транспортирующие газ в пределах промысла, завода, производственного района.

Магистральные газопроводы обычно представляют собой сложное сооружение, состоящее из собственно газопровода, компрессорных станций для сжатия газа, газораспределительных станций, установок по очистке и осушке газа и т. д.

Отводы от магистральных газопроводов до промышленных или жилых районов, шлейфы скважин, межпромысловые газопроводы имеют небольшую протяженность по сравнению с магистральными газопроводами и прокладываются из труб малого диаметра (до 300-500 мм), не оснащены устройствами для их очистки [1].

Для проведения исследований с целью возможности применения пен поверхностно-активных веществ при очистке промысловых газо-

проводов был создан моделирующий стенд. На моделирующем стенде исследовались задачи:

- отработки режимов пеногенерации на пеногенераторе;
- определения эффективности процесса очистки при парциальной и непрерывной подачи пены в очищаемый участок;
- отработки способов разрушения и гашения пен;
- определение устойчивости пены с применением стабилизаторов;
- влияние температуры на физико-механические свойства пены и процесса очистки.

На технологической линии приготовления пен исследовались растворы ПАВ типа ОП-7, ОП-10, превоцелл, алкилсульфат, СЭО с целью определения их кратности, устойчивости и оптимальной концентрации. Устойчивость пен исследовалась с учетом добавок стабилизатора, которым являлись высшие жирные спирты (ВЖС). Концентрация в одном растворе пенообразователей и стабилизатора исследовалась в пределах 0,5-2%. Кратность пены для процесса очистки создавалась на пеногенераторе от 50 до 500, при этом кратность определялась методом взвешивания по (1):

$$K = \frac{V}{G_1 - G_2} = \frac{V}{q},$$

где V – объем сосуда, заполненного пеной, G_1, G_2 – масса сосуда с пеной и без нее; q – масса пены.

Образовавшаяся пена запускалась в очищаемый газопровод в зависимости от режима очистки парциально или сплошной массой.

Исследования проводились при различной степени заполнения пеной очищаемого газопровода и в широком диапазоне скоростей движения газа 0,5-15 м/сек при цикличном его повторении.

При сплошной подаче пены процесс очистки осуществлялся и исследовался на стенде по такой схеме. Стеклоанный газопровод заполнялся загрязнениями по всей длине, включалась технологическая линия приготовления пены, которая подавалась сплошным потоком в очищаемый газопровод. Нагнетатель газа при этом в процессе очистки был отключен и основной поток газа по газопроводу не подавался.

Основными загрязнениями на стенде использовались в чистом виде конденсат, вода, масло МС-20, механические примеси и их смеси, а также натуральные загрязнения, отобранные из внутренней полости эксплуатируемых газопроводов. Смеси приготавливались из компонентов, входящих в натуральные загрязнения в дифференцированном соотношении их состава: вода – конденсат (50% + 50%), вода – конденсат – масло МС-20 (33,3% + 33,3% + 33,3%), вода – конденсат –

масло МС-20 – механические примеси (25% + 25% + 25% + 25%). Загрязнения заполняли геометрический объем газопровода с различной степенью заполнения, характеризующейся объемной концентрацией загрязнений. Исследования на стенде проводились на загрязнениях, объемная концентрация которых изменялась в пределах 10-55%. Загрязнения вводились и распределялись по длине газопровода равномерно, а затем локально, создавая пробки, скопления из песка, продуктов коррозии, соли, конденсата, воды.

На стенде проводились испытания по влиянию температуры газа на процесс образования пены и кратность. Кроме того, проводились опыты по определению упругости пены в зависимости от кратности пены и температуры ее образования. С этой целью газ, подаваемый на пеногенератор, охлаждался в пределах +30⁰С ... -20⁰С, а образовавшаяся после пеногенератора пена отбиралась в калиброванный стеклянный сосуд с подвижным поршнем. После заполнения сосуда пеной сверху в сосуд вводился поршень, масса которого могла измениться. По величине усадки пены под действием массы поршня определялась ее упругость. С уменьшением температуры пены упругость ее повышалась. В процессе очистки упругая пена повышала эффективность очистки за счет эффекта поршневания.

При малых скоростях движения газового потока (0,5-1,5 м/сек) пена, контактируя с загрязнениями, снижает силы поверхностного натяжения на границе раздела фаз. В результате происходит флотация (прилипаемость) твердых мелкодисперсных частиц и всасывание жидкости и механических примесей в межпеночное пространство высокочрезмерной пены. Образуется абсорбционные пленки на частицах загрязнений, в результате чего они становятся подвижными. Происходит активный процесс диспергации (проникновения) пены с частицами загрязнений, что снижает силы сцепления их между собой и с внутренней поверхностью трубы. За счет движения газового потока эти загрязнения вспениваются, образуя пробко-диспергированную структуру и выносятся за пределы их локализации.

При скорости газового потока (1,5-3,5 м/сек) в процессе очистки доминирует эффект поршневания. Упруговязкая структура пены, двигаясь со скоростью газового потока, образует своеобразный поршень по всему сечению трубы большой длины. При движении пенный поршень концентрирует впереди себя загрязнения, которые перекрывают сечение трубы. С дальнейшим повышением скорости газового потока пенный поршень увеличивает концентрацию загрязнений до полного перекрытия сечения трубы, образуя своеобразный поршень из загрязнений, что увеличивает эффект поршневания. На интенсивность про-

цесса очистки влияет объемная концентрация загрязнений или степень загрязненности газопровода (β_{3c}). При величине объемной концентрации загрязнений равной ($\beta_{3c}^I = 0,10$) процесс очистки пеной начинается при меньших значениях скоростей газового потока, чем при ($\beta_{3c}^{IV} = 0,55$). Так, для данной одной и той же величины скорости ($v = 0,55$ м/сек) эффективность очистки для первого и второго случаев будет соответственно 16,35% и 4,45% [2].

Зависимость эффективности процесса очистки при парциальной подаче пены от величины скорости для различных объемных концентраций загрязнений не однозначна. Для объемной концентрации ($\beta_{3c}^I = 0,10$) абсолютный вынос загрязнений достигается ($\varepsilon = 100\%$) при скорости движения пены и газового потока ($v = 2,4-2,6$ м/сек), а функциональная зависимость $\varepsilon = f(v)$ носит прямолинейный характер. Для объемной концентрации ($\beta_{3c}^{IV} = 0,55$) эффективность процесса очистки носит квадратичный характер, абсолютный вынос загрязнений достигается при скорости движения пены и газового потока в очищаемом газопроводе равной ($v = 5,0-5,2$ м/сек). Характерным является диапазон величин скоростей ($v = 5,0-5,2$ м/сек), когда эффективность очистки колеблется в пределах ($\varepsilon = 4,5-25\%$), с увеличением скорости на $\Delta v = 2$ м/сек эффективность очистки возрастает на $\Delta \varepsilon = 75\%$. С уменьшением степени загрязненности газопроводов функциональная зависимость процесса очистки переходит от квадратичной в прямолинейную. В связи с этим определение степени загрязненности газопровода является необходимым для выбора режима очистки [3].

Полученная характеристика процесса очистки газопроводов высократными пенами позволяет определить скорость движения газового потока, при котором можно обеспечить заданную эффективность очистки.

Эффективность очистки зависит от концентрации пенообразователей, из которых получали пены. Пены, полученные на пеногенеторе из растворов, содержащих 0,5% и 2,0% пенообразователя, очищают газопровод с меньшей эффективностью по сравнению с пенами, образованными при тех же условиях из растворов, содержащих 1% пенообразователя. Повышение концентрации растворов ПАВ выше 1-1,5% вызывает уменьшение эффективности очистки.

Определенным образом на процесс очистки влияет и кратность пен. С повышением кратности пен процесс очистки интенсифицируется. Время на очистку одного и того же объема загрязнений при одина-

ковых режимах очистки сокращается для пены с кратностью $K = 240$ в два раза по сравнению с пеной, имеющей кратность $K = 150$. Однако дальнейшее повышение кратности пены ($K > 300$) снижает процесс очистки.

Положительно на процесс очистки влияет добавка в пенообразователь стабилизаторов. Высокократные стабилизированные пены из АС, содержащие в качестве стабилизаторов высшие жирные спирты (ВЖС) 10:1 повышают эффективность очистки в два раза по сравнению с очисткой пеной без стабилизатора. Стабилизаторы повышают структурно-механические качества пены и устойчивость к разрушению при динамических нагрузках.

1. Деточенко А.В. Спутник газовика / А.В. Деточенко, А.Л. Михеев, М.М. Волков. – М.: Недра, 1978. – 320 с.

2. Капцов И.И. Сокращение потерь газа на магистральных газопроводах / И.И. Капцов. – М.: Недра, 1988. – 220 с.

3. Очистка газопроводов с помощью пен / В.В. Дячук, В.К. Тихомиров, В.Н. Гончаров, И.И. Капцов. – Одесса «Парус», 2002. – 250 С.

Получено 19.12.2013