

Обобщая результаты исследований, можно сделать вывод о необходимости продолжения исследований влияния различных динамических условий на эффективность ингибиторов коррозии. Данные исследования представляют значительный интерес для дальнейшей разработки критериев применимости ингибиторов коррозии в условиях нефтяных месторождений.

Исследования выполнены при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых-кандидатов наук (МК-315.2014.5).

Литература

1. Даминов А.А. Коррозионные поражения подземного оборудования добывающих скважин на месторождениях Западно-Сибирского региона. Исследование причин коррозии, разработка и применение мероприятий по снижению коррозионного воздействия// Инженерная практика. – июнь 2010. – №6. – С.26 – 36.
2. Ивановский В.Н. Коррозия скважинного оборудования и способы защиты от нее// Коррозия территории нефтегаз.- март 2011. – №1(18). – С. 18 – 25.
3. ASTM G 185, Standard Practice for Evaluating and Qualifying Oil Field and Refinery Corrosion Inhibitors Using the Rotating Cylinder Electrode (2006)<http://www.astm.org>.

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕФТЯНОГО ГАЗА

А.В. Мельников, М.В. Кель

Научные руководители доцент Л.В. Шишмина, профессор П.Н. Зятиков,
доцент М.В. Василевский

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В процессе добычи и последующей подготовки углеводородного сырья недропользователи в результате сепарации получают попутный нефтяной газ (ПНГ), который является ценным химическим сырьем. Процесс сепарации происходит ступенчато. В результате, газы первой ступени сепарации, богатые метаном и этаном, могут доставляться по трубопроводам на газоперерабатывающие заводы (ГПЗ), так как имеют достаточное для этого давление; газы же последующих ступеней сепарации являются низконапорными и не могут быть доставлены до ГПЗ под собственным давлением.

Сегодня существуют определенные технологии использования нефтяного газа. ПНГ может использоваться на месте добычи в качестве топлива для выработки тепловой или электрической энергии, для закачки в пласт в качестве источника поддержания пластового давления, для повышения нефтеотдачи, для длительного хранения, а также может служить сырьем для конверсии в легкие моторные топлива – так называемые Gas to Liquids (GTL) технологии [2].

Однако на практике, в случае использования ПНГ только в качестве энергоресурса, может наблюдаться его избыток, который продолжают сжигать на факелах. При использовании его для поддержания пластового давления требуются большие начальные капиталовложения и стабильные объемы добычи газа в течение длительного времени. GTL технологии требуют специального оборудования, размещение которого в рамках промысла не всегда рентабельно. Поэтому встает вопрос о транспортировке низконапорного газа на ГПЗ вместе с газом первой ступени сепарации для его дальнейшей переработки. Для осуществления этого способа использования ПНГ необходимо провести сбор низконапорного газа со всех аппаратов и установок промысла и смешение с газом первой ступени сепарации. Средством решения этой задачи могут служить струйные аппараты.

Струйные аппараты (эжекторы) – это устройства, в которых осуществляется процесс инжекции, заключающийся в передаче кинетической энергии одного потока другому потоку путем непосредственного контакта (смешения). Их принципиальной особенностью является повышение давления инжектируемого потока без непосредственной затраты механической энергии при исключительной простоте конструкции [3].

Смешиваемые потоки могут находиться в одной и той же фазе (жидкой, паровой, газовой) или в разных фазах, например, пар и жидкость. В процессе смешивания фазовое состояние потоков может оставаться неизменным или же изменяться. Поток, вступающий в процесс смешения с большими скоростью и давлением, называется рабочим, с меньшими – инжектируемым [3].

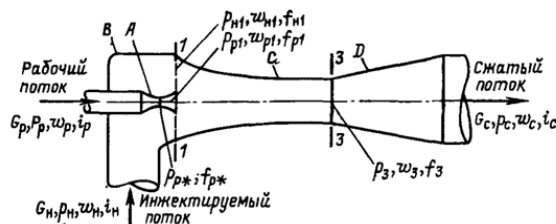


Рис. Принципиальная схема струйного аппарата [3]

А – рабочее сопло; В – приемная камера; С – камера смешения; D – диффузор

Основные элементы аппарата: рабочее сопло, приемная камера, камера смешения, диффузор (рис.1). Поток рабочей и инжектируемой сред поступает в камеру смешения, где происходит выравнивание скоростей, сопровождающееся, как правило, повышением давления. Из камеры смешения поток поступает в диффузор, где происходит дальнейший рост давления. Давление смешанного потока на выходе из диффузора выше давления инжектируемого потока, поступающего в приемную камеру.

Автором [1] и другими предложены технологические системы использования жидкостно-газовых эжекторов (ЖГЭ) для отбора газа с концевых ступеней сепарации, повышения его давления, а затем подачи на первую ступень сепарации, для того чтобы совместно транспортировать этот газ на ГПЗ. В качестве рабочей среды [1] предлагает использовать подтоварную воду с давлением 2,4 МПа, а в качестве инжектируемой – газ концевой ступени с давлением 0,2 МПа. На выходе ЖГЭ сжатая газожидкостная смесь имеет давление 0,55 МПа, что позволяет направить ее на смешивание с газом первой ступени сепарации. Результатом предложенного технологического решения является сокращение потерь полезного химического сырья и погашение факела, что резко сокращает выбросы продуктов горения углеводородов в атмосферу.

По методике [3], зная расходы, температуры и давления инжектируемой и рабочей сред на входе в аппарат, а также требуемое давление после аппарата, можно выполнить расчет струйного аппарата (табл. 1).

Таблица 1

Параметры потоков на входе в ЖГЭ

Среда	Расход, кг/ч	Давление, кПа	Температура, °С
Газ	2	10	15
Вода	–	400	15
Смесь (на выходе)	–	100	–

Одним из основных параметров работы эжектора является коэффициент инжекции, показывающий отношение объемного расхода инжектируемой среды (V_B) к объемному расходу рабочей среды (V_P) $U_0 = V_B/V_P$.

Соколов и Зингер в своем труде предлагают следующие формулы для расчетов:

$$\Delta p_p = p_p - p_n; \Delta p_c = p_c - p_n,$$

где p_p – давление рабочей среды, p_n – давление инжектируемой среды, p_c – давление сжатой смеси, Δp_p – перепад давлений в сопле, Δp_c – перепад давлений, создаваемый эжектором.

Рассчитывается максимальный объемный коэффициент инжекции U_0 :

$$U_0 = 0,85 \sqrt{\Delta p_p / \Delta p_c} - 1.$$

Далее, используя номограммы, приведенные в [3], с помощью полученных расчетных данных находят объемный расход рабочей среды:

$$V_p = V_B / U_0.$$

Затем находят геометрические параметры эжектора: сечение рабочего сопла (f_{p1}), диаметр сопла и камеры смешения (d_{p1} и d_3)

$$f_{p1} = \frac{V_p \cdot 10^6}{0,95 \cdot 3600 \cdot \sqrt{2 \cdot \Delta p_p \cdot 10^{-3}}};$$

$$d_{p1} = \sqrt{f_{p1} / \pi \cdot 2}; d_3 = d_{p1} \cdot \sqrt{\Delta p_p / \Delta p_c}.$$

Более подробно методики расчета различных видов струйных аппаратов описаны в [3].

С целью нахождения конструктивных параметров эжектора необходимо установить зависимость давлений и расходов рабочей и инжектируемой сред от их температур на входе (таблица 2).

Таблица 2

Результаты расчетов

p_n , кПа	Δp_p , кПа	Δp_c , кПа	U_0	Объемный расход рабочей среды, м ³ /ч			Объемный расход инжектируемого газа, м ³ /ч			Массовый расход инжектируемой среды, кг/ч		
				Температура, °C								
				5	15	25	5	15	25	5	15	25
5	395	95	0,68	23,8	27,2	34,0	16,2	18,5	23,2	0,82	0,725	0,48
8	392	92	0,70	23,7	27,1	33,9	16,6	19,0	23,7	1,40	1,42	1,31
10	390	90	0,72	23,6	27,0	33,8	17,0	19,4	24,3	1,91	1,91	1,90

Зная объемный расход инжектируемой среды, и воспользовавшись выше приведенными формулами, можно рассчитать площадь сечения рабочего сопла, диаметр сопла, диаметр камеры смешения.

Таким образом, рациональным способом решения проблемы использования ПНГ является реализация такой технологической схемы, которая позволяла бы достичь давления низконапорного нефтяного газа, необходимого для его транспортировки вместе с газом первой ступени сепарации до потребителя. Основным

преимуществом струйных аппаратов перед другими механическими нагнетателями является отсутствие непосредственных затрат механической энергии для повышения давления инжектируемого потока. Наряду с этим простота конструкции эжектора, несложность изготовления и небольшие габариты, по сравнению с компрессорными установками, ведут к удешевлению производства и обеспечат его экономическую рентабельность. Широкое внедрение эжекторных технологий для сбора и повышения давления низконапорного газа является эффективным технико-технологическим решением задачи повышения степени использования ПНГ.

Литература

1. Долгов Д.В. Исследование и разработка технологии рационального использования нефтяного газа низкого давления // Автореферат дисс... канд. техн. наук. – Тюмень: ТюмГНГУ. – 2009 – 22 с.
2. Книжников А.Ю. Пурсенкова Н.Н. Проблемы и перспективы использования попутного нефтяного газа в России // Выпуск 1 (рабочие материалы) ежегодного обзора проблемы в рамках проекта ИМЭМО РАН и WWF России «Экология и Энергетика. Международный контекст». – Москва, 2009. – 28 с.
3. Соколов Е.Я. Зингер Н.М. Струйные аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 350 с.

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗОВЫХ ЭЖЕКТОРОВ ДЛЯ КОМПРИМИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ

Ю.А. Никонов, А.Ю. Бурыкин

Научные руководители доцент М.В. Василевский, профессор П.Н. Зятиков,
доцент Л.В. Шишмина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На любой стадии разработки газоконденсатных месторождений существует необходимость эффективного использования низконапорного газа или газов выветривания. Вследствие этого поиск способа оптимального технологического использования низконапорных газов на газоконденсатных месторождениях является актуальной задачей.

Одним из возможных ее решений является применение струйных аппаратов. Для наращивания давления низконапорного газа с помощью эжектора можно использовать энергию высоконапорного потока. В качестве такого потока с высоким давлением целесообразно применить поток осушенного и отбензиненного газа, выходящего с установки комплексной подготовки.

Принципиальная схема эжектора типа газ-газ приведена на рис. 1. Основные элементы эжектора – это сопло высоконапорного (активного) газа, камера смешения и диффузор.

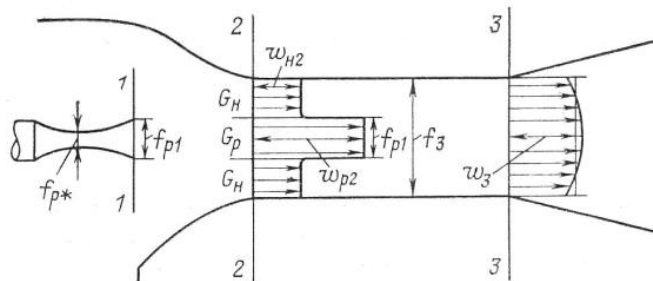


Рис.1 Профиль скоростей в двух крайних сечениях цилиндрической камеры смешения [2]

G_n, G_p – расходы рабочего и инжектируемого газов, кг/с; w_{n1}, w_n, w_3 – скорости рабочего и инжектируемого потоков во входном сечении и смешанного потока в выходном сечении цилиндрической камеры смешения, м/с;

Процесс эжектирования состоит в том, что газ высокого давления вводят в камеру смешения с помощью сопла, критическое сечение которого в несколько раз меньше, чем сечение подводящей трубы. Поэтому при прохождении газа через сопло ввиду увеличения его скорости, в камере смешения создается определенное статическое давление. За счет разницы в давлениях низконапорного газа и статического давления на входе газа в камеру смешения происходит эжектирование низконапорного газа.

Основные технологические показатели эжекторов – коэффициент эжекции и кинематический параметр.

Коэффициент эжекции $K_{\text{э}}$ показывает отношение расходов пассивного $Q_{\text{п}}$ и активного $Q_{\text{а}}$ газов:

$$K_{\text{э}} = Q_{\text{п}} / Q_{\text{а}}.$$

Кинематический параметр $P_{\text{к}}$ характеризует отношение давлений активного ($p_{\text{а}}$) и пассивного ($p_{\text{п}}$) газов на входе в эжектор:

$$P_{\text{к}} = p_{\text{а}} / p_{\text{п}}.$$

В работе [1] представлен расчет давления газовой смеси на выходе из эжектора по формуле

$$p_{\text{с}} = p_{\text{п}} [1,047 + 0,126 \lg K_{\text{э}} + (0,665 - 1,769 \lg K_{\text{э}}) \lg P_{\text{к}}].$$