

ВЛИЯНИЕ МЕЖСОПЛОВОГО РАССТОЯНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ ЖИДКОСТНО-ГАЗОВОГО ЭЖЕКТОРА

Долгов Д.В.

В статье описываются результаты экспериментальных исследований влияния расстояния между соплом и камерой смешения на характеристики и КПД работы жидкостно-газовых эжекторов, применяемых в нефтяной промышленности для утилизации попутного газа. Эксперименты, выполненные на лабораторном стенде, позволили изменением соплового расстояния определить его оптимальное значение. Независимо от режима работы эжектора и рабочего давления жидкости в сопле максимальные значения изотермического КПД аппарата соответствовало величине отношения межсоплового расстояния к диаметру камеры смешения 3,4..3,7. Это отношение рекомендовано для проектирования эжекторов.

В различных отраслях промышленности для нагнетания газа, используются жидкостно-газовые эжекторы (ЖГЭ), в которых в качестве рабочей среды используется вода. ЖГЭ являются альтернативой компрессорам, однако обладают рядом преимуществ. Прежде всего, ЖГЭ просты по конструкции и в эксплуатации, имеют малые поперечные габариты и могут быть использованы в глубоких скважинах. В нефтяной отрасли ЖГЭ используются, к примеру, для отбора газа из затрубного пространства скважин нагнетаемой электроцентробежными насосами пластовой жидкостью [1]. Основным ограничением применения ЖГЭ является давление нагнетания, превышение которого некоторой величины приводит к прекращению его работы.

В этой связи была внедрена технология применения ЖГЭ для отбора газа из сепаратора 2-ой степени сепарации с целью погашения факела и его утилизации совместно с газом 1-ой степени сепарации по газопроводу на газоперерабатывающий завод. В качестве рабочей (активной) среды при этом используется подтоварная вода с установки предварительного сброса воды (УПСВ) ДНС-13.

Для проектирования технологии применения ЖГЭ были предварительно определены давления в соответствующих точках построенной системы.

Подтоварная вода с выкида насосов системы поддержания пластового давления с давлением до 2,4 МПа подается на вход жидкостно-газового эжектора. Для контроля за давлением предлагается клапан-регулятор давления PIRC, установленный на трубопроводе подачи подтоварной воды на эжектор. Газ со

II ступени сепарации с давлением до 0,2 МПа, также через клапан-регулятор давления газа подается на эжектор. С эжектора газожидкостная смесь с давлением до 0,55 МПа поступает на вход установки сброса воды ДНС, т.е. в сепаратор 1-ой ступени сепарации. На рис. 1 представлена принципиальная схема технологического процесса с применением ЖГЭ.

Установка ЖГЭ рассчитывалась на расход газа 1,5 тыс. м³/час и воды — 300 м³/час.

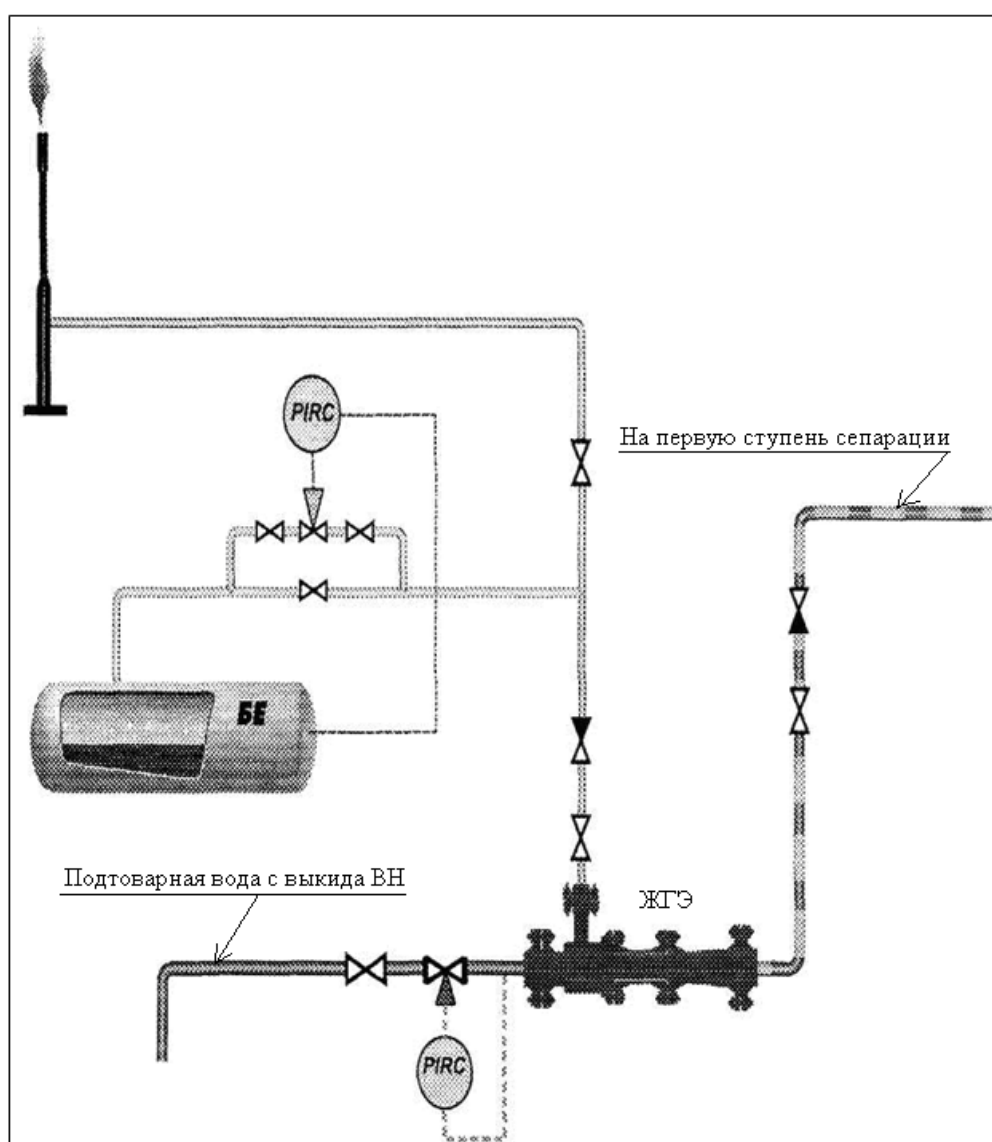


Рисунок 1. Технологическая обвязка жидкостно-газового эжектора

Основной характеристикой струйного аппарата является зависимость относительного перепада давления от коэффициента инжекции [2, 3, 4]:

$$\frac{\Delta P_c}{\Delta P_p} = f(U_o), \quad (1)$$

где: $\Delta P_c = P_n - P_b$, $\Delta P_p = P_p - P_n$,

P_p , P_n , P_b – соответственно давления жидкости в сопле, на выходе из диффузора, в приемной камере ЖГЭ (рис. 2).

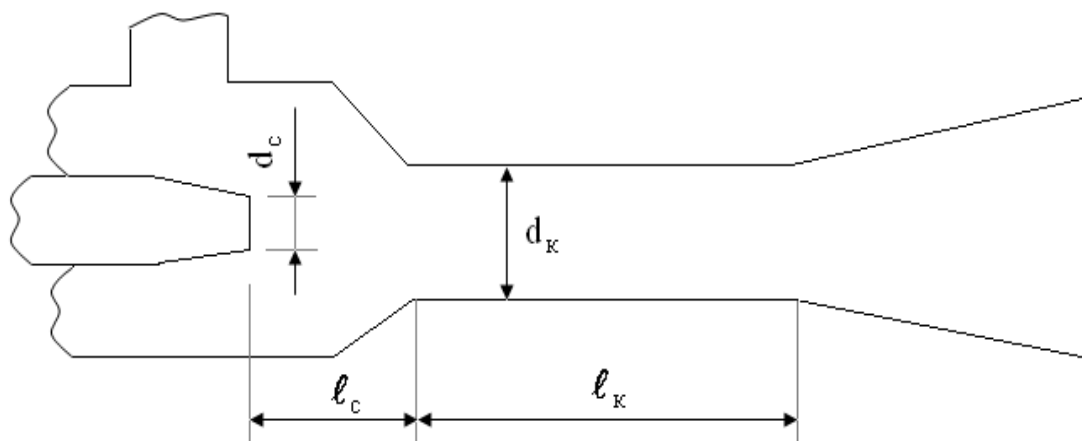


Рисунок 2. Основные конструктивные параметры струйного аппарата:

d_c – диаметр сопла;
 d_k – диаметр камеры смешения;
 l_k – длина камеры смешения;
 l_c – расстояние от сопла до камеры смешения.

$$U_o = Q_g / Q_b,$$

где Q_g – расход газа, приведенный к условиям всасывания;

Q_b – расход воды.

Важнейшее влияние на рабочую характеристику ЖГЭ оказывают геометрические критерии, которые для простых случаев записываются в виде:

$$\Pi_1 = \frac{l_c}{d_k}; \quad \Pi_2 = \frac{l_k}{d_k}; \quad \Pi_3 = \frac{d_k}{d_c}$$

Обзор исследований в области эжектирования газа жидкостью установлено, что наибольшие расхождения в оценке влияния геометрических параметров связаны с параметром Π_1 [3]. Поэтому в задачи данных экспериментальных исследований входило изучение влияния геометрического параметра Π_1 на КПД эжектора.

С целью исследования и оптимизации положения рабочего сопла на изотермический КПД эжектора автором были проведены эксперименты на лабораторной установке ЖГЭ с диаметром рабочей камеры смешения $D_k = 16$ мм и длинами $L_k = 360, 390, 420, 450$ и 480 мм.

Исходя из реальных возможностей проведения опытов в лабораторных условиях при стандартных условиях измерения физико-химических параметров перекачиваемых с помощью ЖГЭ были установлены следующие диапазоны изменения исследуемых параметров: ($P_p = 1,43; 0,9; 0,48; 0,35; 0,20$ МПа – давление воды в сопле. Полученные расходы воды при указанных значениях P_p составили $5,0; 4,2; 3,9; 3,0; 2,0$ м³/час, максимальный расход газа составлял $3,0$ м³/ час, $D_k = 16$ мм; $d_c = 6,3; 5,8; 5,3; 4,8; 4$ мм, $\rho_v = 1000$ кг/м³, $\mu_v = 10^{-3}$ Па·с.

Для изучения работы ЖГЭ была собрана экспериментальная установка, показанная на рис. 3. Основным элементом установки был эжектор 1, включающий сопло, камеру смешения, камеру для подвода эжектируемого газа и диффузор для преобразования кинетической энергии струи в потенциальную. В качестве газа был использован сжатый воздух, поступающий из баллона 2 через газовый счетчик 3. Давление рабочей среды (воды) создавалось насосом 4, прием которого через счетчик расхода воды 5 был подведен к емкости 6. Водовоздушная смесь из ЖГЭ по трубопроводу поступала в отстойную емкость 7, в которой производилось расслоение смеси и отделение воздуха в атмосферу. На выходе ЖГЭ был врезан пробоотборный кран 8 для отбора водовоздушной смеси на предмет анализа дисперсного состава воздуха. Регулирование расхода воздуха производилось вентилем 9, а расхода воды – вентилем 10.

В горизонтальный трубопровод 11 были приварены 4 сальника 12, в которые входили щупы 13 с вентилями 14. Перемещение щупа по вертикали позволяло отбирать пробы смеси с любого уровня живого сечения трубопровода на предмет изучения структуры потока и определения положения поверхности

раздела вода-воздух. На верхнем конце щуп имел Г-образный загиб во встречную сторону потока для забора пузырей воздуха вместе с водой. Резьбовой вход сопла в форкамеру позволял изменять расстояние ℓ_c .

Давление на выходе из аппарата P_c изменялось с помощью крана 15.

В табл. 1 приведены экспериментальные значения давлений и коэффициента инжекции для трех серий опытов.

Таблица 1

Экспериментальные значения параметров

№ серии	P_p , МПа	P_b , МПа	P_c , МПа	u_0
1	0,48	0,1	0,22	0,10
1	0,48	0,1	0,21	0,55
1	0,48	0,1	0,17	1,20
1	0,48	0,1	0,12	1,50
2	0,90	0,1	0,35	0,35
2	0,90	0,1	0,29	0,85
2	0,90	0,1	0,26	1,30
2	0,90	0,1	0,12	1,70
3	1,43	0,1	0,51	0,40
3	1,43	0,1	0,37	1,35
3	1,43	0,1	0,23	1,70
3	1,43	0,1	0,15	1,80

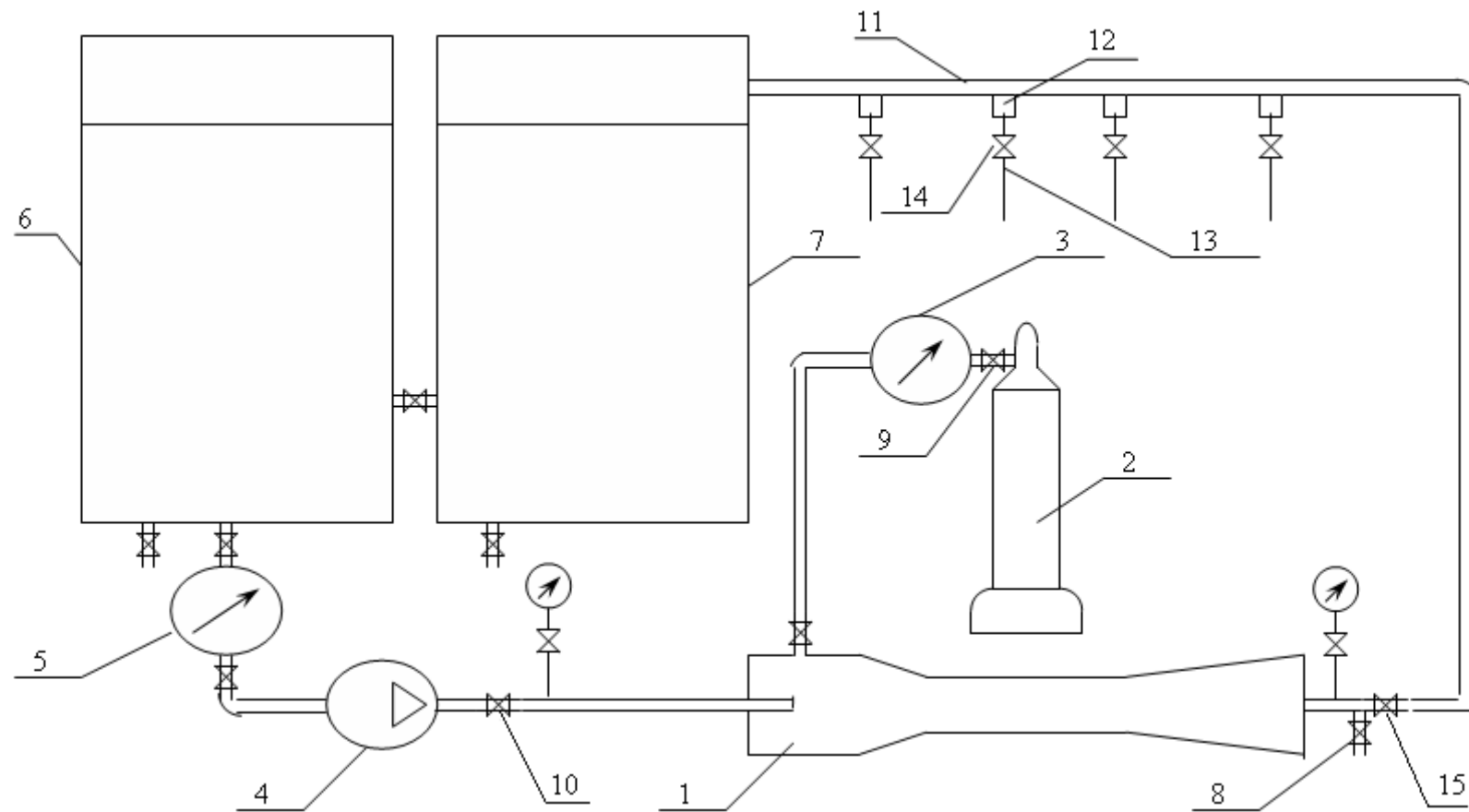


Рисунок 3. Схема экспериментальной установки

На рис. 4 приведены характеристики $\Delta P_c / \Delta P_p = f(u_o)$ для конкретных параметров исследований.

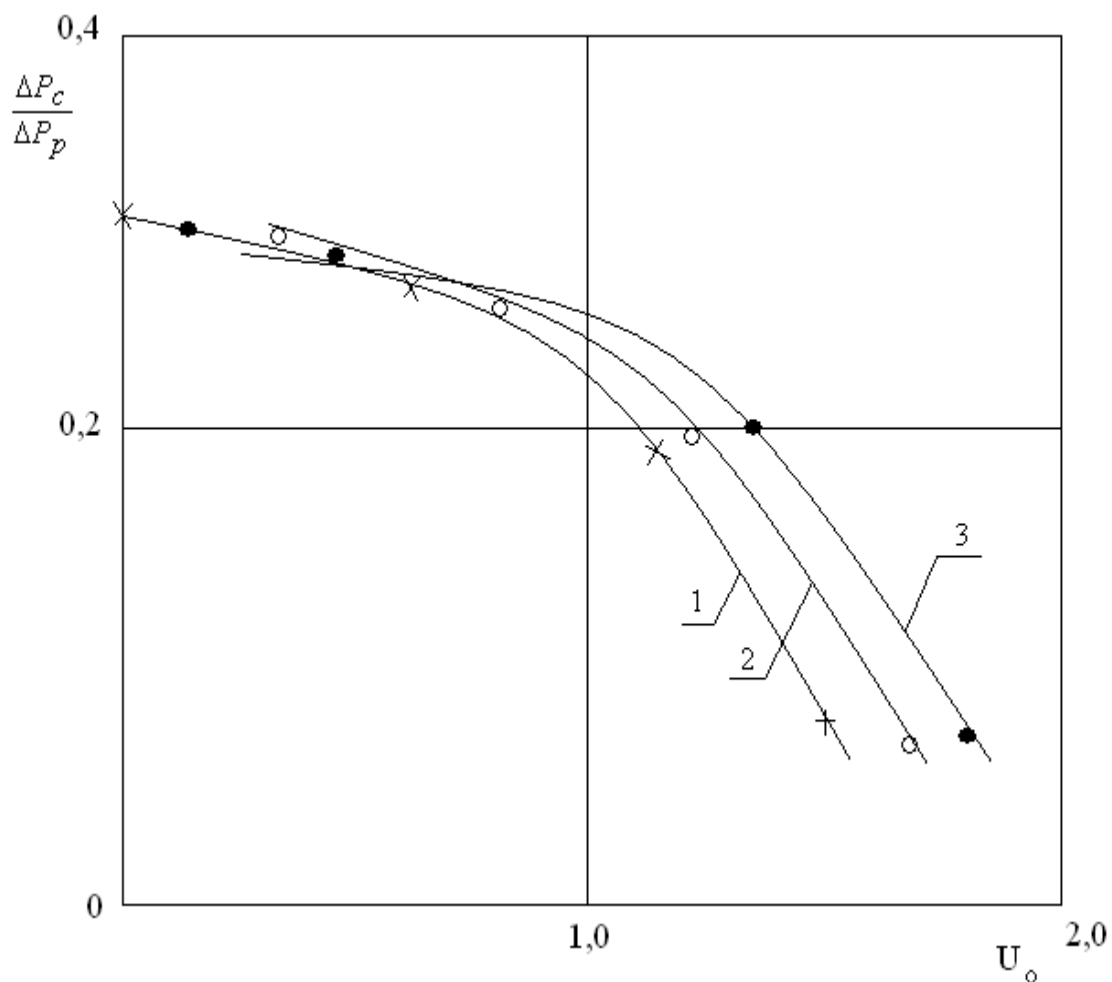


Рисунок 4. Зависимость $\frac{\Delta P_c}{\Delta P_p}$ от u_o для $D_k = 16$ мм, $\ell_k = 420$ мм, $d_c = 5,3$ мм при $P_p = 0,48$ МПа (1), $0,9$ МПа (2) и $1,43$ МПа (3)

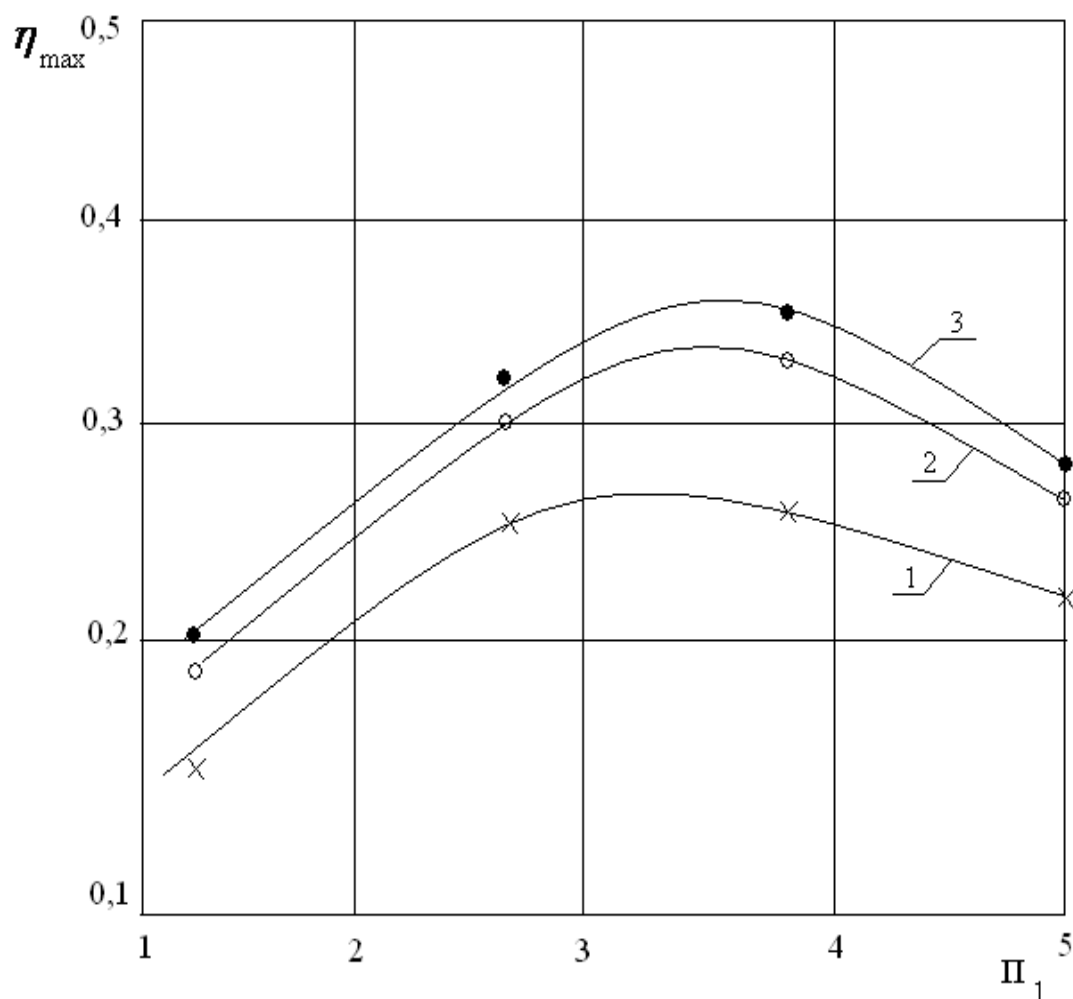


Рисунок 5. Зависимость максимального КПД эжектора от параметра Π_1
 для $D_k = 16$ мм, $L_k = 420$ мм, $d_c = 5,3$ мм
 при $P_p = 0,48$ МПа (1), $0,9$ МПа (2) и $1,43$ МПа (3)

Кривые 1, 2 и 3 на рис. 5 показывают, что для обеспечения наилучших энергетических показателей ЖГЭ необходимо, чтобы величина параметра l_c/D_k находилась в пределах $3,4 \dots 3,7$.

Выводы

1. На опытном стенде жидкостно-газового эжектора выполнены экспериментальные исследования рабочих характеристик аппарата, используемого для утилизации попутного нефтяного газа низкого давления на площадках дожимных насосных станций и установок предварительного сброса воды.

2. Экспериментами установлено оптимальное межсопловое расстояние ЖГЭ (отношения расстояния от среза сопла до входа в камеру смешения к диаметру камеры смешения), соответствующее диапазону 3,4...3,7, в котором коэффициент полезного действия аппарата имеет максимальные значения независимо от давления рабочей жидкости в сопле.

Литература

1. Дроздов А.Н., Андриянов А.В. Опытное-промышленное внедрение погружных насосно-эжекторных систем в НГДУ «Федоровкснефть» // «Нефтяное хозяйство», 1997, №1, С.51 - 54.

2. Соколов Е.Я. Зингер И.М. Струйные аппараты. 2-е изд. – М.: Энергия. 1970. – 288 с.

3. Лямаев Б.Ф. Гидроструйные насосы и установки. Л.: Машиностроение. 1988. – 256 с.

4. Донец К.Г. Гидроприводные струйные компрессорные установки. М.: Недра. 1990. – 174 с.