

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОГРУЖНЫХ НАСОСНО-ЭЖЕКТОРНЫХ СИСТЕМ

Анализ данных, полученных в ходе экспериментального изучения работы насосно-эжекторных систем, позволил выявить основные задачи дальнейших исследований струйных аппаратов в широком диапазоне изменения режимных параметров. Показана перспективность применения погружных насосно-эжекторных систем для одновременно-раздельной эксплуатации скважин.

Одним из эффективных решений для реанимации «безнадёжных» скважин и повышения межремонтного периода является технология «Тандем», включающая применение погружных насосно-эжекторных систем – УЭЦН с газосепараторами и струйными аппаратами (эжекторами). Промысловые испытания показали преимущества этой технологии в самых суровых условиях эксплуатации скважин – при высоких входных газосодержаниях, нестационарных режимах работы, освоении бездействующих скважин и т.д.

Необходимо отметить, что существенное ухудшение условий эксплуатации скважин в погоне за низкими забойными давлениями, проводимой нефтедобывающими компаниями, потребовало серьезной модернизации погружных насосно-эжекторных систем. Раньше, при более высоких забойных давлениях, достаточно было просто вкрутить струйный аппарат в колонну НКТ на выходе ЭЦН и без особых трудностей освоить проблемную скважину. Установившийся режим работы обеспечивался в правой части характеристики системы при дополнительной эжекции продукции из скважины [1]. Сейчас, когда динамические уровни уходят за 2000–2500 м, эжектор в такой компоновке может играть роль только забойного штуцера.

Первоначально на промыслах внедрялась система, условно называемая сейчас «Тандем-1». В ее состав входили серийный ЭЦН, центробежный газосепаратор (типа МНГ5 или МН-ГСЛ5) и струйный аппарат с конической формой соп-

ла. Расстояние между ЭЦН и эжектором, как правило, не превышало нескольких десятков метров.

В дальнейшем была предложена система «Тандем-2» с более эффективным газосепаратором-диспергатором ГДН5 и струйным аппаратом с диафрагменным соплом. Как показали экспериментальные исследования [2], такая форма сопла наиболее благоприятна при истечении через него газожидкостной смеси. Это обстоятельство дает принципиальную возможность размещения эжектора на достаточно большом расстоянии от насоса.

Стремление повысить КПД системы «скважина – пласт – погружная установка» в условиях низких забойных давлений привело к созданию технологии «Тандем-3», в которой струйный аппарат стационарно расположен выше динамического уровня и откачивает попутный газ из затрубного пространства в колонну НКТ.

Для расширения функциональных возможностей тандемной системы целесообразно иметь в ее составе струйный аппарат, спускаемый и извлекаемый с помощью стандартного набора инструментов канатной техники, применяемой в газлифтной эксплуатации при смене клапанов и в ловильных работах при ремонте скважин. Такая компоновка реализована в насосно-эжекторной системе «Тандем-4». При этом имеется возможность без глушения скважины и привлечения бригады ПРС поменять в случае необходимости типоразмер струйного аппарата, а также заменить изношенную или засорившуюся струйную пару.

На рисунке 1 представлена схема погружной насосно-эжекторной системы для добычи нефти [3] при расположении извлекаемого струйного аппарата выше динамического уровня. Система содержит спущенную в скважину 1 на насосно-компрессорных трубах (НКТ) 2 погружную насосную установку 3, посадочное седло 4, а также струйный аппарат 5, выполненный в виде модуля, спускаемого и извлекаемого из скважины 1 посредством набора инструментов канатной техники. Скважина 1 эксплуатирует нефтяной пласт 6, динамический уровень обозначен позицией 7, а затрубное пространство – позицией 8. В состав погружной насосной установки 3 входят погружной насос 9 и погружной электродвигатель 10 с гидрозащитой, а также может входить газосепаратор 11 для случаев эксплуатации скважин с повышенным газовым фактором. В посадочном седле 4 выполнены каналы 12. Спуск и посадка струйного аппарата 5 производятся с помощью набора инструментов канатной техники, состоящего из устройства закрепления проволоки, грузовой штанги, механического ясса и цангового инструмента. Погружной насос 9 нагнетает добываемую продукцию в сопло струйного аппарата 5, который откачивает газ из затрубного пространства в колонну НКТ 2. Вместе с тем сам рабочий процесс струйного аппарата при откачке газа изучен в настоящее время недостаточно. Это в значительной степени затрудняет дальнейшее развитие погружных насосно-эжекторных систем.

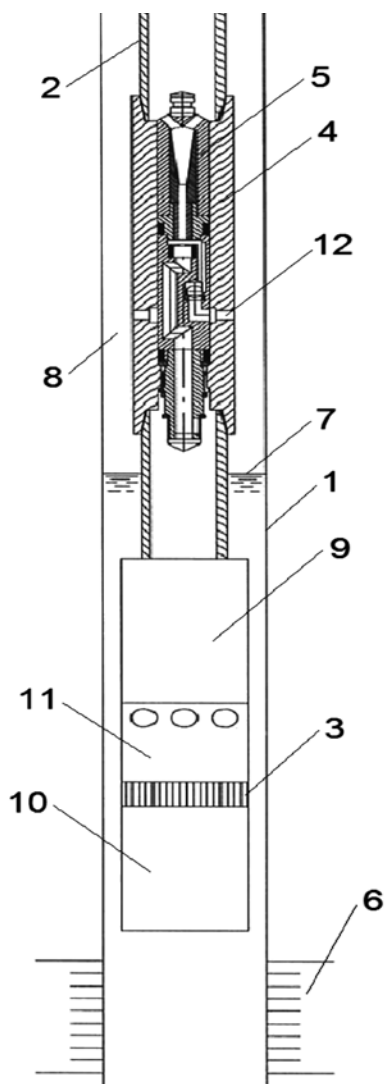


Рис. 1. Схема погружной насосно-эжекторной системы для добычи нефти при расположении извлекаемого струйного аппарата выше динамического уровня. 1 – скважина, 2 – НКТ, 3 – погружная насосная установка, 4 – посадочное седло, 5 – струйный аппарат, 6 – нефтяной пласт, 7 – динамический уровень, 8 – затрубное пространство, 9 – погружной насос, 10 – погружной электродвигатель, 11 – газосепаратор, 12 – каналы посадочного седла

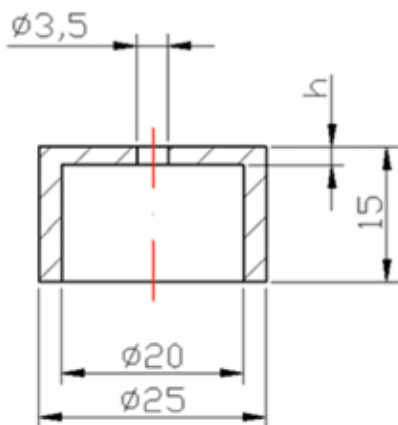


Рис. 2. Схема диафрагменного сопла с прямоугольными кромками

Так, до недавнего времени считалось, что наиболее предпочтительным вариантом для насосно-эжекторной системы при расположении струйного аппарата выше динамического уровня является установка диафрагменного сопла с прямоугольными кромками [1]. Однако дальнейшие исследования показали, что у высоконапорных низкопроизводительных эжекторов с такой формой сопла при увеличении рабочего давления может произойти полное прекращение инжекции газа [4]. Кроме того, оказалось, что в струйных аппаратах погружных насосно-эжекторных систем значения коэффициента расхода диафрагменного сопла с прямоугольными кромками могут быть переменными, и это существенно затрудняет расчет проточной части эжекторов. Последнее обстоятельство обусловлено следующим [5]. Диафрагменное сопло из условий обеспечения прочности должно иметь некоторую необходимую толщину стенки h (рис. 2), иначе сопло может разрушиться под напором рабочей жидкости. Отношение толщины h к диаметру сопла d будет при этом разным для сопел различных диаметров. Поэтому значения коэффициента расхода, например, при толщине $h = 2$ мм для сопла диаметром $d = 9$ мм будут практически такими же, как для отверстия в тонкой стенке. Если же диаметр d составит 2 мм, то стенка имеет толщину, равную диаметру, и такое сопло будет

уже коротким насадком, коэффициент расхода которого заметно выше, чем у отверстия в тонкой стенке. Для разных диаметров диафрагменного сопла значения коэффициента расхода оказываются различными. Такая неопределенность не позволяет рассчитать диаметр сопла для данного расхода жидкости, подаваемого насосом системы, без проведения дополнительных исследований. Возможным выходом из положения в данной ситуации может оказаться переход в конструкции струйных аппаратов от диафрагменных к коническим и коноидальным соплам, у которых нет такого значительного разброса значений коэффициента расхода. Кроме того, исследования последних лет показали, что эффективность жидкостно-газовых эжекторов существенно зависит как от величины давления в приемной камере, так и от значения давления рабочей жидкости перед соплом. На рисунке 3 показаны зависимости максимальных коэффициентов полезного действия η от перепада давления рабочей жидкости при истечении через сопло ΔP_p при различных значениях абсолютного давления в приемной камере $P_{пр}$ для струйного аппарата при откачке газа по данным [4]. Диаметр диафрагменного сопла эжектора составлял 2,1 мм, камеры смешения – 3,5 мм, а ее длина была 38,5 мм. Из экспериментальных исследований следует, что с ростом перепада давления рабочей жидкости при истечении через

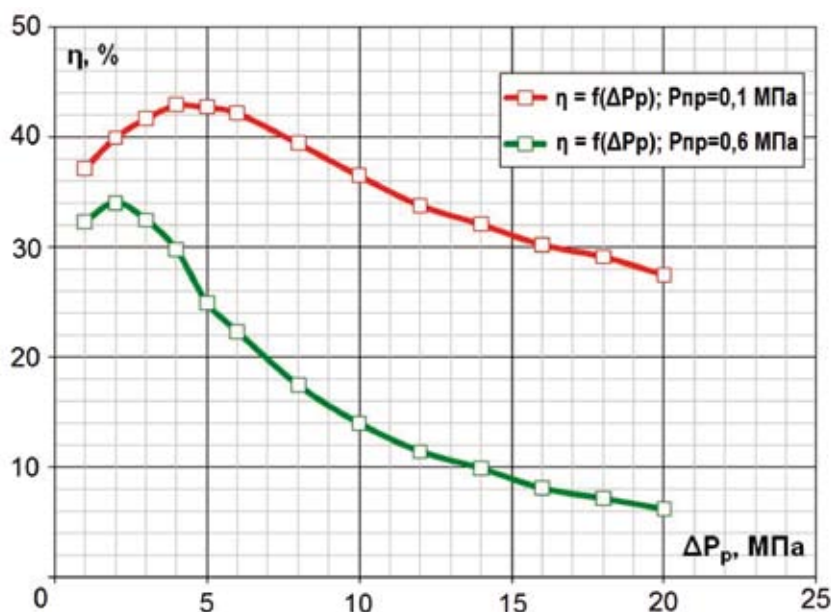


Рис. 3. Зависимости максимальных КПД жидкостно-газового эжектора от перепада давления рабочей жидкости при различных давлениях в приемной камере по данным [4]

сопло ΔP_r значения КПД жидкостно-газового эжектора сначала возрастают, а затем значительно снижаются. Увеличение давления в приемной камере эжектора существенно увеличивает его КПД. Убедительного объяснения этим фактам в работе [4] нет. Более того, методика расчета [4], основанная на опытных данных, позволяет рассчитать с использованием номограмм только характеристики высоконапорных эжекторов на водовоздушных смесях при абсолютных давлениях в приемной камере 0,1 и 0,6 МПа. Поэтому для понимания рабочего процесса и разработки адекватной методики расчета характеристик жидкостно-газовых эжекторов в широком диапазоне изменения режимных параметров необходимо проведение новых экспериментальных исследований на более высоком уровне по сравнению с ранее выполненными работами. Обязательным условием при проведении будущих экспериментов должно стать измерение распределения давления по длине камеры смешения и диффузора эжектора на различных режимах его работы. Помимо этого, целесообразно уделить особое внимание скорости звука в различных сечениях проточной части струйного аппарата и исследовать режимы звукового запирания при эжекции газа струей жидкости. Без таких исследований невозможно выяснить механизм рабочего процесса жидкостно-газового струйного аппарата и научиться рассчитывать его характеристики при различных давлениях рабочей жидкости и давлениях в приемной камере.

Еще одной перспективной и важной с практической точки зрения областью применения погружных насосно-эжекторных систем является одновременно-раздельная эксплуата-

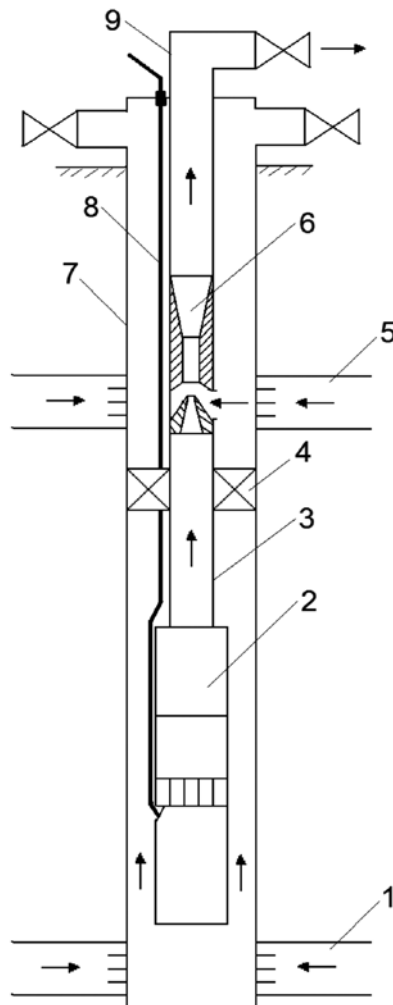


Рис. 4. Одновременно-раздельная эксплуатация двух пластов с применением погружной насосно-эжекторной системы. 1 – нижний пласт, 2 – погружной лопастной насос, 3 – насосно-компрессорные трубы, 4 – пакер, 5 – верхний пласт, 6 – струйный аппарат, 7 – скважина, 8 – кабель. 9 – устьевая арматура

ция. Принципиальная технологическая схема компоновки оборудования приведена на рисунке 4. При работе системы погружной насос 2 нагнетает продукцию нижнего пласта 1 в сопло струйного аппарата 6, который эжектирует продук-

цию верхнего пласта 5. Для реализации данной технологии необходимо решить, помимо разработки методики расчета характеристик струйных аппаратов при откачке вязких газожидкостных смесей, также и проблемы замера дебитов и обводненности жидкости верхнего и нижнего пластов. Наиболее привлекательным такой вариант одновременно-раздельной эксплуатации является для случаев, когда нефти и попутно добываемые воды двух пластов заметно различаются по своим свойствам. При этом соотношение дебитов и обводненностей продукции двух пластов можно найти путем анализа свойств добываемой на поверхности смеси без установки глубинных расходомеров и влагомеров. Подходящим объектом для применения такой технологии является, например, Ван-Еганское многопластовое месторождение. С помощью струйного аппарата можно откачивать высоковязкую тяжелую нефть пласта ПК, при этом в качестве рабочей жидкости будет использоваться добываемая погружным насосом маловязкая продукция нижележащих пластов. В качестве погружного насоса целесообразно использовать мультифазный насос, который обеспечит устойчивую откачку газожидкостной смеси.

Таким образом, анализ данных, полученных в ходе экспериментального изучения работы насосно-эжекторных систем, позволил наметить основные задачи дальнейших исследований струйных аппаратов в широком диапазоне изменения режимных параметров. Кроме того, перспективной с практической точки зрения областью применения погружных насосно-эжекторных систем может стать одновременно-раздельная эксплуатация скважин.

Литература:

1. Дроздов А.Н. *Технология и техника добычи нефти погружными насосами в осложненных условиях: Учебное пособие для вузов.* – М.: МАКС пресс, 2008. – 312 с.
2. Дроздов А.Н., Вербицкий В.С., Денгаев А.В. Реанимация для «безнадежных». *Новые технологии эксплуатации скважин погружными насосами в осложненных условиях / Нефтегазовая вертикаль, 2006, № 12, с 40–41.*
3. Патент РФ № 2295631. *Погружная насосно-эжекторная система для добычи нефти / Авт. изобрет. А.Н.Дроздов, А.В. Бутаков, В.С. Вербицкий и др. – М. кл. E 21 В 43/00, F 04 F 5/54, заявл. 22.06.2005, опубл. 20.03.2007, Б.И. № 8.*
4. Красильников И.А. *Разработка методики расчета характеристик жидкостно-газовых эжекторов для эксплуатации скважин и водогазового воздействия на пласт с использованием насосно-эжекторных систем / Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2010. – 144 с.*
5. Drozdov A.N., Malyavko E.A., Alekseev Y.L., Shashel O.V. *Stand Research and Analysis of Liquid-Gas Jet-Pump's Operation Characteristics for Oil and Gas Production. P SPE 146638, presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition held in Denver, Colorado, USA, 30 October P 2 November 2011.*

Ключевые слова: насосно-эжекторная система, струйный аппарат, сопло, эксплуатация скважин.

Центральный выставочный комплекс «Экспоцентр»
Москва, Россия



14-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

НЕФТЕГАЗ

25–29 июня 2012

Оборудование и технологии
для нефтегазового комплекса

www.neftegaz-expo.ru

Организаторы:

ЗАО «Экспоцентр» (Россия),
фирма «Мессе Дюссельдорф ГмбХ» (Германия)



реклама

3-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ЭНЕРКОН

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ
НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

25–28 июня

www.enercon-ng.ru