

Эксплуатация малогабаритных УЭЦН в газожидкостной смеси

Алексей Юкин

Потенциальные возможности скважин старого эксплуатационного фонда могут быть реанимированы путем использования новых, современных технологий ремонтных работ в обводнившихся пластах, а также технологии зарезки боковых стволов (ЗБС) из эксплуатационных колонн с целью вскрытия новых продуктивных участков залежи. Наиболее эффективной технологией для эксплуатации скважин после ЗБС считается применение установки электроприводных центробежных насосов (УЭЦН) малого габарита. При эксплуатации скважин с боковыми горизонтальными стволами погружными малогабаритными УЭЦН возникают различного вида осложнения. Одним из осложнений является свободный газ. В данной статье проведен анализ внедрения и эксплуатации УЭЦН габаритной группы 2А в осложненных условиях.

Ключевые слова: горизонтальные скважины, скважины малого диаметра, газожидкостная смесь, установки электроприводных центробежных насосов (УЭЦН), газовый фактор, газосепаратор, опытно-промышленные испытания.

Для нефтедобывающих объектов ПАО «НК «Роснефть» актуальна задача довыработки остаточного потенциала скважин. При ее решении реализуются различные мероприятия, включая зарезку боковых стволов и бурение скважин малого диаметра (СМД). Для данных условий специально разработаны установки электроприводных центробежных насосов габаритной группы 2А. В данной статье проведен анализ внедрения и эксплуатации УЭЦН 2А габарита в осложненных условиях.

В современных условиях ограниченного финансирования отечественной нефтегазовой отрасли поддержание достигнутого уровня добычи нефти возможно в том числе за счет интенсификации работы скважин старого эксплуатационного фонда, включая малодебитные, простаивающие и законсервированные скважины на месторождениях, которые вступили в позднюю стадию разработки.

Проблема свободного газа

Газ — это спутник нефти, и его присутствие в последней изменяется в широких пределах. Количество газа, выделяющегося в жидкости в процессе ее движения по стволу скважины, является величиной переменной и зависит от термодинамических условий и характеристики газожидкостной смеси. Следовательно, плотность смеси также меняется, что подтверждается кривыми распределения давления, полученными исследователями в разных нефтяных регионах. В области приема электроцентробежного насоса нарушение термогидродинамического равновесия системы усиливается.

Алексей Юкин — начальник конструкторско-технического отдела ООО «Алмаз», г. Радужный, ХМАО — Югра.

OPERATION OF SMALL-SIZE ESP SYSTEM IN GAS-LIQUID MIXTURE

Potentially productive old wells can be brought back on track using new advanced intervention technologies in the watered-out reservoirs as well as using sidetracking technologies to reach new productive zones of the field. Use of small-diameter electric submersible pump (ESP) systems are considered the most efficient technologies to produce sidetracked wells. The production of horizontally sidetracked wells using slim-hole ESP systems is fraught with various types of problems. One of the problems is free gas. This paper reviews the implementation and operation of the 2A OD series ESP system (69-mm OD) in abnormal conditions.

Keywords: horizontal wells, slim holes, gas-liquid mixture, electric submersible pump (ESP) system, gas-oil ratio, gas separator, pilot tests.

Alexey Yugin

Установлено, что коэффициент сепарации (отношение объема газа, ушедшего в затрубное пространство, к общему объему газа у приема насоса) зависит от дебита жидкости, зазора между двигателем и эксплуатационной колонной и относительной скорости газа в жидкости.

Свободный газ может оказывать негативное воздействие на работу УЭЦН, что приведет к увеличению потребляемой электрической мощности по сравнению с данными паспортных характеристик,

снижению наработки на отказ как отдельных элементов, так и всей насосной установки в целом, уменьшению технологической эффективности добычи нефти из скважин, оборудованных УЭЦН.

Основная задача — повышение эффективности эксплуатации скважин при наличии свободного газа в добываемой скважинной продукции путем разработки методических и технологических решений по выбору предвключенных насосных модулей.

Насосный модуль. ОПИ

В начале декабря 2015 года на техническом совещании в ПАО «Варьганнефтегаз» для специалистов Группы компаний «Алмаз» было озвучено техническое задание по изготовлению и предоставлению в прокат оборудования с максимальными поперечными габаритами 82 мм и 87 мм для возможности эксплуатации малодебитных скважин после проведения ремонта эксплуатационных колонн и скважин с боковыми стволами. В конце декабря 2015 года с аналитическим отделом ПАО «Варьганнефтегаз» был согласован начальный этап разработки новой линейки продукции производства ООО «Алмаз».

Первая установка была подготовлена к монтажу в августе 2016 года. Комиссионный монтаж был произведен на Орехово-Ермаковском месторождении, куст 217, скважина 414. Кандидат для опытно-промышленных испытаний (ОПИ) был выбран специалистами ПАО «Варьганнефтегаз».

Преодоление рубежа наработки на отказ свыше 180 суток позволило ГК «Алмаз» заявить о завершении проекта по внедрению в серию скважинного оборудования производства ООО «Алмаз» в габарите 2А.

В настоящее время на фонде ПАО «Варьганнефтегаз» в работе находится порядка 20 малогабаритных установок производства ООО «Алмаз».

Применение газосепарирующих устройств в горизонтальных скважинах (ГС) не всегда обосновано — из-за накапливания механических примесей, сбрасываемых из выкидных отверстий газосепаратора (при характерных для ГС значениях угла наклона частицы не сползают по стенкам обсадной колонны, а остаются в зоне выброса, что приводит к затруднениям при извлечении/установке УЭЦН).

С целью исключения вероятности образования газовых пробок и, как следствие, срыва пода-

Таблица 1

НРХ газосепаратора МНВГРИ2А.1-100, определенные по результатам стендовых испытаний

Параметр	Значение				
Подача, м ³ /сут	0	5	12,1	26,6	30
Напор, м	3	2,5	1,9	0,2	0,1
Мощность, Вт	30	32	35	35	40
КПД, %	0	4,44	7,46	1,73	0,85

Рисунок 1

Компоновка малогабаритной УЭЦН с газосепарирующими устройствами



КС-48 – клапан сбивной
 КОШ-48 – клапан обратный шаровый
 ЭЦНЛИ(К)2А – электроприводной центробежный насос
 МНСГРИ(К)2А.1-100 – модуль насосный – стабилизатор газа
 МПА-69Д2Д2(К) – протектор модульный (гидрозащита)
 МД-69(К) – модуль дополнительный (устанавливается опционально)
 ВЭД-Я-81 М285 (ТТК) – погружной вентильный ЭД
 АЛМАЗ ТМС-81 (К) – термоманометрическая система

чи ЭЦН специалистами ООО «Алмаз» и ПАО «Варьганнефтегаз» было принято решение в качестве предвключенного устройства на входе в насос использовать стабилизатор газа (рис. 1), который предназначен для увеличения плотности газожидкостной смеси, что обеспечивает стабильную работу насоса. Опыт использования газостабилизатора в ПАО «Варьганнефтегаз» на скважинах Орехово-Ермаковского, Хохряковского, Бахиловского, Северо-Варьганского месторождений имеет положительный результат. В настоящий момент на всех установках, находящихся в работе, установлен газостабилизатор.

Дальнейшая работа ГК «Алмаз» по малогабаритным установкам была продолжена на фонде скважин других дочерних обществ ПАО «НК «Роснефть». В начале 2017 года был заключен договор на реализацию 23 установок для АО «Самаранефтегаз», в составе которых был стабилизатор газа 2А габарита, использующийся в качестве предвключенного устройства к насосам производства ООО «Ижнефтепласт». В середине 2017 года с АО «Самотлорнефтегаз» был заключен договор на реализацию порядка 60 малогабаритных установок. По опыту предыдущей работы и с учетом требований к горизонтальным скважинам в качестве предвключенного

Таблица 2
НРХ газостабилизатора МНСГРИ2А.1-100, определенные по результатам стендовых испытаний

Параметр	Значение				
	0	10	15	22	25
Подача, м ³ /сут	0	10	15	22	25
Напор, м	2,1	1,8	1,5	1,05	0,8
Мощность, Вт	30	32	35	40	40
КПД, %	0,00	6,39	7,30	6,56	5,68

насосного модуля был использован стабилизатор газа. В процессе эксплуатации УЭЦН в скважинах с газовым фактором, превышающим 50% газосодержания на входе, выяснилось, что работа газостабилизатора уступает по эффективности оборудованию, применяемому ранее. На техническом совещании было принято решение использовать в установках с осложненным газовым фактором газосепаратор. Конструкторы ГК «Алмаз» произвели расчет и проектирование модуля насосного газосепаратора. В ходе проектирования было решено использовать вихревой тип сепарирующего устройства.

Стендовые испытания

Работоспособность и эффективность газосепарирующих устройств была доказана практически, но для подтверждения результатов по заданию АО «Самотлорнефтегаз» оба типа насосных модулей были направлены на испытания в лабораторию РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина.

Рисунок 2
НРХ газосепаратора МНСГРИ2А.1-100

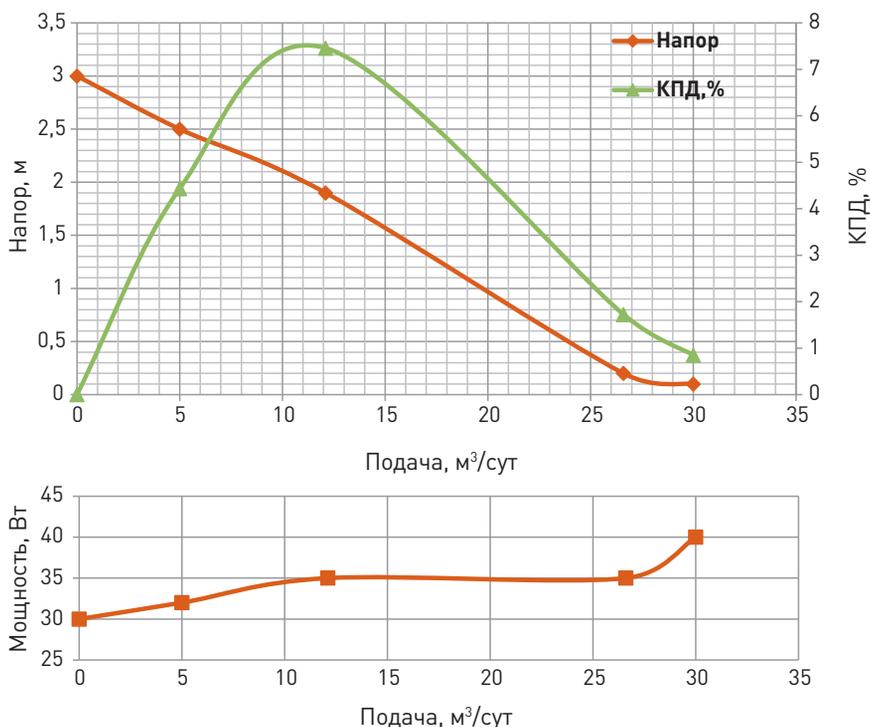


Таблица 3
Экспериментальные данные эффективности газостабилизатора по уменьшению размера пузырьков (мм)

ГФ, %	Подача жидкости, м ³ /сут			
	30	50	75	100
Ср. размер пузырьков без работы газостабилизатора				
30	17,63	12,55	5,74	4,63
45	17,34	14,94	14,87	14,37
Ср. размер пузырьков при работе газостабилизатора				
30	3,35	3,75	2,51	2,10
45	2,72	3,67	4,23	4,42
Степень диспергирования				
30	0,19	0,30	0,44	0,45
45	0,16	0,25	0,28	0,31

В РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина имеется стенд (патент RU № 124497), позволяющий проводить сравнительные испытания газосепараторов в условиях моделирования скважинных параметров по степени газоотделения.

Стенд обеспечивает замер следующих параметров:

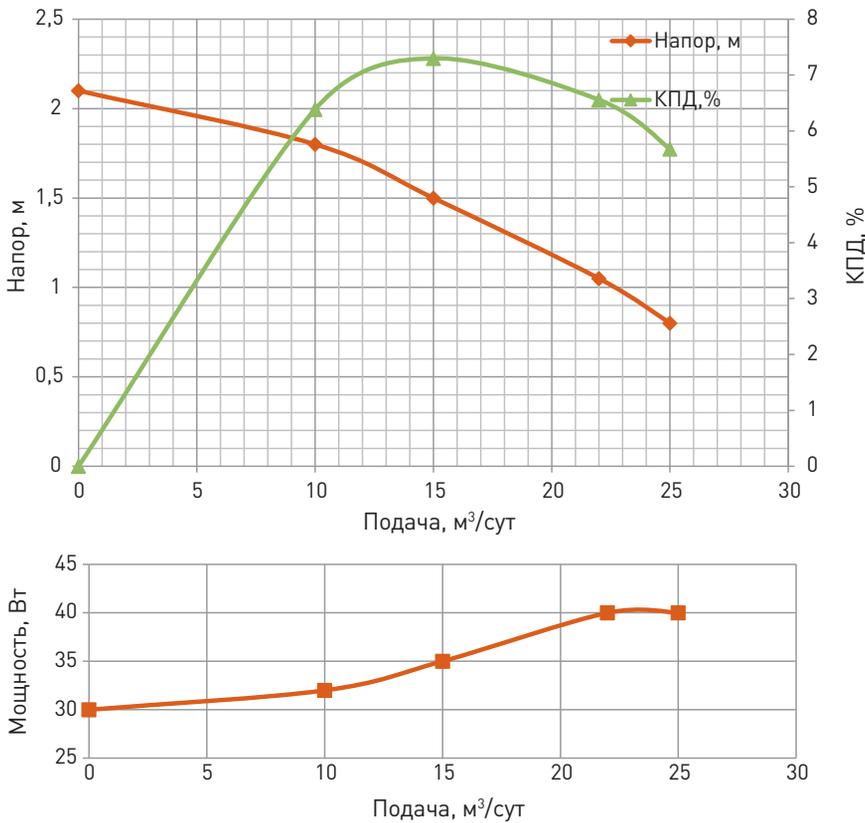
- расход жидкости;
- давление на входе и выходе испытываемого газосепаратора, диспергатора;
- давление на входе и выходе насоса;
- объемный расход воздуха на входе;
- объемный расход отсепарированного газосепаратором воздуха;

- распределение давления по длине насоса;
- потребляемая мощность;
- частота вращения вала;
- размер пузырьков газа на входе и выходе испытываемого предвключенного устройства.

В результате испытаний газосепаратора и газостабилизатора были получены следующие характеристики (рис. 2, 3). Значения, полученные в результате обработки экспериментальных данных и использованные при получении напорно-расходных характеристик (НРХ), приведены в таблицах 1, 2.

Как видно из представленных графиков, для газосепаратора МНСГРИ2А.1-100 оптимальным режимом работы в режиме «насос» является подача 12 м³/сут, при этом достигается максимальный КПД = 7,46%. Максимальный напор — 3,0 м, напор в оптимальном режиме — 1,2 м. Потребляемая мощность изменяется от 30 до 45 Вт.

Рисунок 3
НРХ газостабилизатора МНСГРИ2А.1-100



Для газостабилизатора МНСГРИ2А.1-100 оптимальным режимом работы с точки зрения НРХ является подача жидкости 15 м³/сут, при этом КПД = 7,3%. Максимальный напор – 2,1 м, напор в оптимальном режиме – 1,5 м. Потребляемая мощность изменяется от 30 до 40 Вт.

В результате испытаний газосепаратора МНСГРИ2А.1-100 на способность сепарировать газ из модельной жидкости были получены следующие

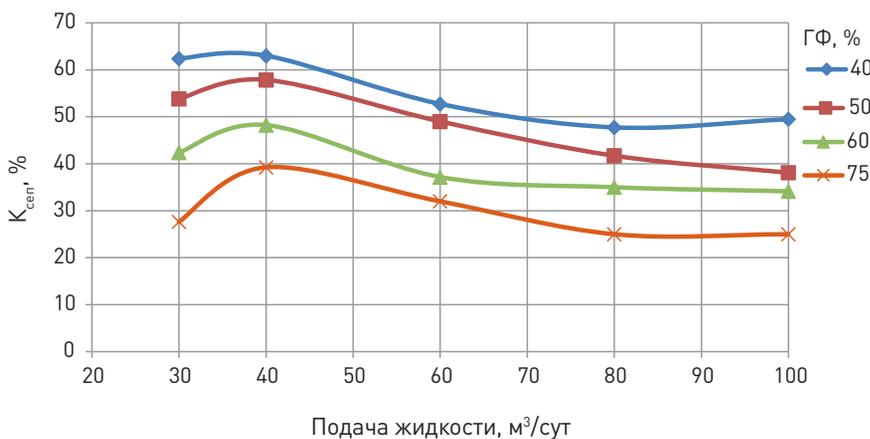
характеристики (рис. 4). Как видно из представленных графиков, самый высокий коэффициент сепарации $K_{сеп}$ наблюдается в области низких подач, при увеличении подачи $K_{сеп}$ снижается. Это обусловлено повышением скорости движения жидкости через внутреннюю поверхность газосепаратора и каналы отвода жидкости. При этом жидкость захватывает некоторые объемы свободного газа и уносит их на прием насоса.

Испытания газостабилизатора на способность уменьшать размер пузырьков газа проводились по методике, разработанной в РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. В результате обработки фото- и видеоматериалов были получены данные, представленные в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, эффективность работы данной модели газостабилизатора при $\Gamma\Phi = 30\%$ снижается с ростом подачи.

Следует отметить, что при $\Gamma\Phi = 45\%$ эффективная диспергация пузырьков воздуха происходила на всех диапазонах исследования вплоть до 100 м³/сут. В случае подачи модельной жидкости 100 м³/сут средний размер пузырьков воздуха уменьшался с 14,37 мм до 4,22 мм.

Рисунок 4
Зависимость эффективности сепарации МНСГРИ2А.1-100 от уровня подачи жидкости и газового фактора



Анализ результатов

Анализ результатов стендовых исследований эффективности газостабилизатора показал, что областью эффективной работы представленного для испытаний диспергатора при $\Gamma\Phi \leq 45\%$ является диапазон подач до 100 м³/сут.

Таким образом, стендовые испытания показали, что:

- 1) Газосепаратор типа МНСГРИ2А.1-100 имеет достаточно высокий коэффициент сепарации газа (52%) при работе в оптимальном режиме ($Q = 55$ м³/сут при частоте вращения 2910 об/мин) и при наличии от 40 до 55% свободного

газа на приеме насоса. Коэффициент сепарации сохраняет высокие показатели (от 58 до 35%) по всей шкале рекомендуемых подач УЭЦН (от 30 до 80 м³/сут). Потребляемая сепаратором мощность при частоте вращения 2910 об/мин не превышает 0,28 кВт.

2) Газосепаратор типа МНВГРИ(К)2А.1-100 имеет высокий коэффициент сепарации газа (65%) при работе в оптимальном режиме ($Q = 96$ м³/сут при частоте вращения 5080 об/мин) и при наличии от 40 до 60% свободного газа на приеме насоса. Коэффициент сепарации сохраняет высокие показатели (от 72 до 45%) по всей шкале рекомендуемых подач УЭЦН (от 30 до 120 м³/сут). Потребляемая сепаратором мощность при частоте вращения 5080 об/мин не превышает 1,4 кВт.

3) Газостабилизатор типа МНСГРИ2А.1-100 имеет высокий коэффициент диспергации газа (0,2) при работе в оптимальном режиме ($Q = 55$ м³/сут при частоте вращения 2910 об/мин) и при наличии от 30 до 45% свободного газа на приеме насоса. Коэффициент диспергации сохраняет высокие показатели (от 0,2 до 0,35) по всей шкале рекомендуемых подач УЭЦН (от 30 до 80 м³/сут). Потребляемая сепаратором мощность при частоте вращения 2910 об/мин не превышает 0,31 кВт.

4) Изменение частоты вращения вала газостабилизатора типа МНСГРИ2А.1-100 от 2910 до 5080 об/мин практически не сказывается на коэффициент диспергации газа при работе в оптимальном режиме ($Q = 100$ м³/сут при частоте вращения 5080 об/мин) и при наличии от 30 до 45% свободного газа на приеме насоса. Коэффициент диспергации сохраняет высокие показатели по всей шкале рекомендуемых подач УЭЦН (от 30 до 120 м³/сут). Потребляемая диспергатором мощность при частоте вращения 5080 об/мин не превышает 1,5 кВт.

Заключение

Разработанные и внедренные в производство предвключенные насосные модули (газостабилизатор и газосепаратор) обладают эффективными характеристиками работы в газожидкостной смеси. Как показала практика их применения в скважинах малого диаметра, осложненных высокими значениями газового фактора (до 65%), такие модули в компоновке с УЭЦН 2А габарита могут обеспечить увеличение нефтедобычи на месторождениях, вступивших в позднюю стадию разработки, повышение производительности малодебитных скважин, а также вовлечение в разработку выше- и нижележащих нефтенасыщенных коллекторов и восстановление работы ранее бездействовавших скважин. 💧

Статья подготовлена по материалам доклада, сделанного на конференции «Механизованная добыча – 2018»

Литература

1. Исследование и разработка комплекса технологических решений повышения качества заканчивания скважин малого диаметра на примере месторождений Западной Сибири. Диссертация А.Ф. Косилова на соискание ученой степени кандидата технических наук.
2. А.А. Юкин. Эксплуатация малогабаритных УЭЦН в газожидкостной смеси. Презентация // 15-я Международная практическая конференция «Механизованная добыча – 2018».
3. В.Н. Ивановский, А.А. Сабиров, А.В. Булат. Отчет по теме "Стендовые испытания газосепаратора и диспергатора условного габарита 2А производства ООО «Алмаз»". РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.

 **НЕДРА**
ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ

OIL&GAS
JOURNAL
RUSSIA

ООО «Издательский дом Недра» предлагает оформить подписку на печатную и электронную версии журнала Oil&Gas Journal Russia

Oil&Gas Journal Russia	1 номер	6 месяцев	годовая (11 номеров)
Печатная версия	1430 руб.	8580 руб.	15730 руб.
Электронная версия	900 руб.	5400 руб.	9900 руб.
Печатная и электронная версии	1770 руб.	10620 руб.	19470 руб.

Для студентов, аспирантов и преподавателей вузов РФ действуют льготные цены на подписку при предъявлении студенческого/преподавательского билета.

Перечень подписных агентств

Почта России: Индекс: П1951 <https://podpiska.pochta.ru>

Урал-Пресс: Индекс: 18586 www.ural-press.ru

Объединенный каталог «Пресса России»: 18586 www.pressa-rf.ru

Вы также можете оформить подписку на сайте www.ogjruussia.com в разделе «Подписка» или связаться с нами любым удобным способом:

Телефон: +7 (495) 228-34-74 | E-mail: magazines@nedrainform.ru