



Данила МАРТЮШЕВ
главный конструктор
ДИР АО «Нововет-Пермь»



Павел ХАРЛАМОВ
ведущий инженер
ООО «Нововет-Сервис»



Сергей СЛЕПЧЕНКО
директор по качеству ООО
«Нововет-Сервис»

МАЛЫЙ ГАБАРИТ ДЛЯ БОЛЬШОЙ ДОБЫЧИ

Идея создания установок малого габарита возникла после проведения анализа фонда скважин ряда нефтяных компаний, с которыми работает наше предприятие. Из него стало ясно, что в каждой компании имеется достаточно существенный бездействующий фонд, где скважины по ряду причин получают технические ограничения. Последнее может быть обусловлено целым рядом причин, включая смятие колонн, их негерметичность, проведение ремонтных и аварийных работ, износ, коррозию и другие факторы, а также отсутствие подачи.

В этих случаях после капитального ремонта и ввода в эксплуатацию почти все скважины получают технические ограничения в связи с уменьшением проходного сечения эксплуатационной колонны. Серийными установками такие скважины эксплуатировать невозможно, в связи с чем возникает необходимость в погружном оборудовании специального исполнения для продления выработки запасов и повышения рентабельности добычи.

Перед специалистами нашей компании встал вопрос: какое оборудование сможет работать в таких эксплуатационных колоннах.

В настоящей статье представлены технические параметры УЭЦН 2А и 3-го габаритов, а также результаты их серийного внедрения. Показаны потенциал применения малогабаритных установок в боковых стволах и другие перспективные области для внедрения оборудования этого типа.

Цели и задачи разработки

В середине 2000 годов нами было принято решение о создании установок 3-го габарита для эксплуатационных колонн диаметром от 114 мм с внутренним диаметром от 100 мм и выше (таб. 1).

На первом этапе в 2008 году под руководством заведующего отделом погружных электроприводов ОАО «ОКБ БН КОННАС» Санталова А.М. был разработан и изготовлен вентильный двигатель ПВЭДН81 с диаметром 81 мм по корпусу, возможностью регулирования частоты вращения в диапазоне от 1000 об/мин до 6000 об/мин и мощностью до 63 кВт в одной секции. На данный момент максимальная мощность одной секции составляет 90 кВт.

Первая установка УВНН3-80-2400/33-040 с вентильным двигателем ПВЭДН81 была смонтирована в ноябре 2008 года в скважине № 102 Спиридоновского месторождения, отработала 574 суток и была поднята в исправном состоянии по причине проведения ГТМ. В этот же период в ОАО «Оренбургнефть» в эксплуатацию были запущены еще две установки 3 габарита, их наработка составила 286 и 399 сут. соответственно. При этом внедрение УЭЦН малого габарита позволило увеличить добычу нефти по данным скважинам в среднем на 36 т/сутки.

Чтобы вывести из бездействия обводнившиеся, аварийные скважины и увеличить депрессию на пласт (это может быть достигнуто увеличением глубины спуска насосного оборудования), в последние годы получает все большее распространение

Табл. 1. Типоразмеры УЭЦН 3 габарита

Ступень	Q, м³/сут	n, об./мин.	КПД, %
3-25	25 ÷ 40	3000 ÷ 6000	41
3-40	45 ÷ 80	3000 ÷ 6000	52
3-80	100 ÷ 160	3000 ÷ 6000	58
3-140	180 ÷ 250	3000 ÷ 6000	64
3-200	300 ÷ 400	3000 ÷ 6000	61

технология резки боковых стволов. Увеличение глубины спуска в таких скважинах становится возможным только для оборудования, габаритные размеры которого позволяют войти в хвостовик с наружным диаметром 102 мм, а конструкция позволяет работать при значительном отклонении ствола скважины от вертикали (до 90°).

Так возникла необходимость в установках сверхмалого габарита, способных работать в боковых стволах 102 мм с внутренним диаметром 88,9 мм.

Для эксплуатации скважин с техническими ограничениями в 2009 году по техническому заданию и при активном участии специалистов ТНК-ВР в ЗАО «Нововет-Пермь» началась работа по созданию установок условного 2А габарита (таб. 2).

В целях уменьшения габарита установки с использованием имеющегося серийного вентильного двигателя габарита 81 мм были разработаны и внедрены насос с минимальным диаметром 69 мм по корпусу и модуль смещения, обеспечивающий смещение осей валов двигателя и насоса относительно друг друга на 6 мм.

Максимальный габарит установки составил 82 мм, а рекомендуемый внутренний диаметр обсадной колонны – 88,9 мм (рис. 1).

Первый запуск установки 2А габарита состоялся в июне 2011 г. в скважине № 75333У Самотлорского месторождения ОАО «Самотлорнефтегаз», наработка составила 428 суток, подъем был осуществлен по причине полета скребка для АСПО. Потом по данному проекту было запущено еще 6 УЭЦН, максимальная наработка к настоящему времени составила 688 суток.

После получения положитель-

Табл. 2. Типоразмеры УЭЦН 2А габарита

Ступень	Q, м³/сут	n, об./мин.	КПД, %
2А-20	20 ÷ 40	3000 ÷ 6000	44
2А-30	30 ÷ 60	3000 ÷ 6000	49
2А-50	50 ÷ 100	3000 ÷ 6000	61
2А-100	100 ÷ 200	3000 ÷ 6000	57

ных результатов данные опытно-промышленные испытания были признаны успешно пройденными.

На начальном этапе внедрения установок 2А габарита были зафиксированы определенные проблемы с ранними отказами данного оборудования. Основной из них явилась низкая надежность модуля смещения старой конструкции. После его модернизации уровень наработок увеличился в разы (рис. 2, стр. 12). Таким образом, новая конструкция вала модуля смещения способна обеспечить стабильную длительную работу в скважинах малого диаметра, в том числе – в боковых стволах.

Также текущий опыт эксплуатации УЭЦН 2а габарита говорит о том, что при спуске установки на большую глубину нефтедобыча увеличивается. В среднем – на 10 т/сут.

Опыт массовой эксплуатации установок малого габарита

Успешные промысловые испытания данных УЭЦН позволили в короткие сроки осуществить



Рис. 1. Установка 2А габарита в боковом стволе

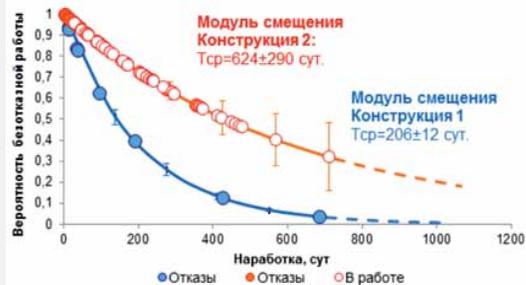


Рис. 2. Надежность УЭЦН 2А габарита в зависимости от конструкции модуля смещения

их массовое внедрение. В настоящее время они успешно находят свое применение на нефтяных месторождениях в России и за ее пределами.

На сегодня в эксплуатацию запущено 425 установок 3 габарита и 120 установок 2А габарита. При этом основной объем внедрения приходится на боковые стволы, например, на Самотлорском месторождении половина установок 3-го габарита и почти весь фонд 2А установлены именно в них. Основными компаниями, где эксплуатируются данные УЭЦН, являются «Роснефть», «Лукойл», «Газпромнефть», «Русснефть» и «Сургутнефтегаз». Результаты внедрения представлены в таблицах 3 и 4.

Необходимо отметить, что в различных регионах с различными условиями эксплуатации уровень наработки (например, установок 3 габарита) заметно отличается. Наиболее высокий зафиксирован в «ЛУКОЙЛ» – 662±52 суток и «Сургутнефтегазе» – 438±78 суток.

Кроме этого, наш опыт показывает, что наблюдается качественная разница в структуре причин отказов УЭЦН 3 габарита в зависимости от схемы обслуживания (см. табл. 5). Основными проблемами при отсутствии фирменного сопровождения

Табл. 3. Информация по внедрению УЭЦН 3 габарита

№	Нефтяная компания	Начало внедрения	Всего запущено, шт
1	Роснефть	ноябрь 2008 г.	322
2	Прочие	июль 2009 г.	23
3	Русснефть	февраль 2010 г.	41
4	Газпром нефть	октябрь 2010 г.	4
5	Сургутнефтегаз	июнь 2011 г.	23
6	Лукойл	июль 2011 г.	12
Итого			425

Табл. 4. Информация по внедрению УЭЦН 2А габарита

№	Нефтяная компания	Начало внедрения	Всего запущено, шт
1	Роснефть	февраль 2011 г.	73
2	Газпром нефть	октябрь 2011 г.	8
3	Прочие	март 2012 г.	8
4	Лукойл	апрель 2013 г.	26
5	Сургутнефтегаз	декабрь 2013 г.	3
6	Русснефть	апрель 2014 г.	2
Итого			120

«Новомет» являлись недостаточно точное определение потенциала скважины и проблемы с подготовкой скважины к эксплуатации УЭЦН. Достаточно низкую наработку в этом случае нельзя считать проблемой надежности самого оборудования.

Напротив, обслуживание высоконадежного и высокоточного оборудования сервисным предприятием завода-изготовителя и разработчика этого оборудования позволяет в полной мере раскрыть его потенциал, заложенный при проектировании.

Рассмотрим это на примере. На Самотлорском месторождении было внедрено 275 малогабаритных установок с фирменным сопровождением и 61 без него. Уровень наработок установок в первом случае оказался почти в 2 раза выше (см. рис. 4, стр. 14).

Также установки малогабарита нашли свое применение в нефтяных компаниях за пределами России, а именно – в Колумбии и Египте. Всего в работу запущено 48 таких установок, средняя наработка по этим проектам составляет 667±95 суток (рис. 5, стр. 14).

Более высокие наработки в этих странах связаны с более простыми условиями эксплуатации, где большая часть установок в составе байпасных систем работает в скважинах без особых осложнений.

Перспективы применения УЭЦН малогабарита определяются все увеличивающимся количеством скважин с боковыми стволами, применением в составе байпасных установок и систем ОРЭ для наиболее распространенных в России скважин с эксплуатационными колоннами 146 и 168 мм. Так, байпасные системы в комплекте с установками малогабарита нашли свое применение в ООО «РН-Юганскнефтегаз», ООО «Газпромнефть-Хантос» и ОАО «Саратовнефтегаз», а системы ОРЭ, в

свою очередь, в ОАО «Сургутнефтегаз» и ОАО «РН-Нижневартовск».

Возможно и массовый переход на бурение скважин малого диаметра. Это позволяет на 1/3 снизить стоимость бурения.

Двухсекционный вентильный двигатель

Чтобы расширить область применения малогабаритного оборудования, был разработан секционный вентильный двигатель ПВЭДНС-81, состоящий из 2-х секций с максимальной мощностью 100 кВт в каждой. Максимальная мощность данного двигателя составила 200 кВт при частоте вращения 6000 об/мин.

В условиях ОКБ БН секционный вентильный двигатель мощностью 125 кВт в начале 2014 года успешно прошел приемочные испытания и был допущен к промысловым. В сентябре 2014 года была изготовлена и подготовлена к ОПИ установочная партия ПВЭДНС-81 в количестве 12 шт. Данная разработка позволяет обеспечить подачу в 3 габарите до 400 м³/сут и повысить напор установок 2А и 3 габаритов до 2750 м и 3100 м соответственно.

Гибкие муфты

Достаточно часто боковые стволы отличаются от обычных скважин повышенной кривизной ствола – до 4° на 10 метров. Работа установок в искривленных участках связана с повышенными нагрузками на изгиб вала нижней секции насоса, что может привести к его преждевременному слою. Для обеспечения возможности безаварийной эксплуатации УЭЦН 2А габарита в боковых стволах разработаны гибкие муфты без трансмиссии МГ-НКТ-«А».

Муфта 2А габарита (рис. 6, стр. 14) без трансмиссии для трубы 48 мм. предназначена для прогиба установки между ЭЦН и трубами НКТ с сохранением герметичности в местах их сочленения. Это позволяет размещать данные устройства в скважинах со сверхнормативной кривизной без возникновения изгибающих напряжений, снижающих их ресурс.

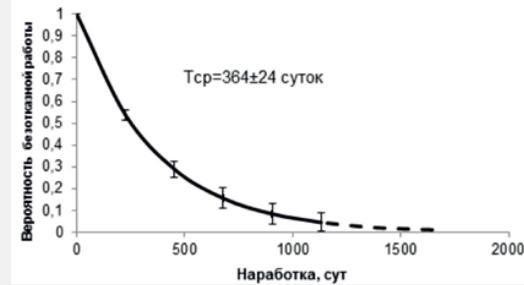


Рис. 3. Надежность УЭЦН 2А габарита

При монтаже установки в наклонно-направленной или искривленной скважине гибкая муфта, смонтированная между насосно-компрессорными трубами и установкой электроприводного центробежного насоса, устанавливается самостоятельно, и разделяемые изделия могут размещаться под углом относительно друг друга.

На сегодняшний день проведены работы по сборке и гидравлическим испытаниям. Также изготовлена опытная партия гибких муфт МГ-НКТ-2А, которые проходят опытно-промысловые испытания.

Имеется разработка гибких муфт с трансмиссией:

- МГ-ГЗ-МВ-2А – муфта гибкая габарита 2А с внутренней трансмиссией для передачи крутящего момента и осевой нагрузки от насоса на пятю гидрозачиты. Устанавливается между гидрозачитой и входным модулем (газосепаратором).
- МГ-МС-ГЗ-2А – муфта гибкая габарита 2А с внутренней трансмиссией для передачи крутящего момента, герметичная, не передает осевую нагрузку. Устанавливается между гидрозачитой и модулем смещения.

Табл. 5. Структура причин отказов УЭЦН 3 габарита

№	Причины отказов	Эксплуатация с фирменным сервисом	Эксплуатация без фирменного сервиса
1	Недостаточный приток (проблемы с определением потенциала скважины и подбором УЭЦН)	-	31%
2	Засорение мех. примесями (проблемы с подготовкой скважины к эксплуатации УЭЦН)	-	18%
3	Прочие (негерметичность НКТ, нарушение технологии СПО, ОГС)	33%	18%
4	Конструкционный отказ ПЭД	13%	14%

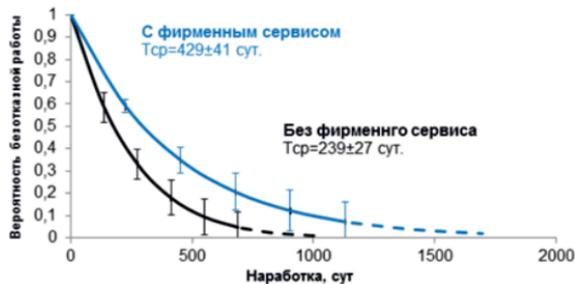


Рис. 4. Надежность УЭЦН малого габарита в зависимости от типа поставок

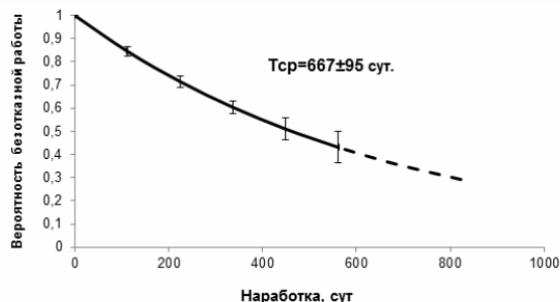


Рис. 5. Надежность УЭЦН малого габарита в зарубежных проектах

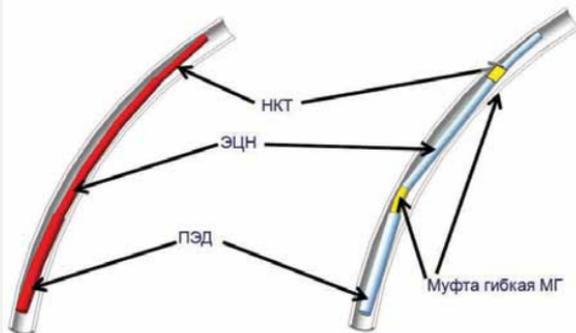


Рис. 6. Расположение малогабаритной УЭЦН с гибкой муфтой в ЭК

Опытные образцы данных муфт в ближайшее время будут изготовлены и испытаны.

Ведется разработка гибкой муфты для установки между секциями насоса. Таким образом, планируется все элементы УЭЦН разделить между собой при помощи гибких муфт.

Выводы:

1. Созданы инновационные надежные и энергоэффективные насосные системы для работы в боковых стволах и ремонтных скважинах с внутренним диаметром:
 - от 88,9 мм с производительностью от 20 до 200 м³/сут;
 - от 100 мм с производительностью от 25 до 400 м³/сут.
2. Эти малогабаритные УЭЦН нашли свое массовое применение как в российских, так и в зарубежных компаниях.
3. Накопленный опыт эксплуатации такого оборудования показывает, что максимальный уровень наработок достигается при его полном фирменном сервисном сопровождении.
4. Проблем при эксплуатации установок на повышенных оборотах не зафиксировано.
5. Разработка и внедрение гибких муфт позволит расширить область применения оборудования малого габарита в боковых стволах и увеличить максимально допустимую кривизну колонны в зоне подвески до 4° на 10 м.
6. Разработанные установки малого диаметра позволяют создать широкую гамму байпасных систем и систем ОРЭ.
7. Использование УЭЦН малого диаметра в ряде случаев позволяет перейти на бурение скважин малого диаметра со снижением затрат на бурение.

Список литературы

1. Кульчицкий В.В., Щетовов В.А., Айгулян В.В. «Малогабаритные электроцентробежные насосы для скважин малого диаметра на боковую секцию» // Нефтяное хозяйство, 2014, № 9