

Сейдалиев Т.О., Усупов С. С.

ДЛИННОХОДОВЫЕ СКВАЖИННЫЕ УСТАНОВКИ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРИВОДАМИ И ИХ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

T.O. Seidaliev, S.S. Usupov

LONG - STROKE WELL PUMPING UNITS WITH DIFFERENT DRIVING MECHANISM AND THEIR MERITS AND DIMERITS

УДК: 622.276.53

Выполнен обзор и указаны на отличительные особенности длинноходовых скважинных насосных установок (ДСНУ) используемые зарубежными фирмами и в странах СНГ.

An overview has been executed and distinguishing features for long-stroke well pumping units (LSPU) used by foreign firms as well as in CIS countries have been pointed out.

Длинноходовые скважинные насосные установки (ДСНУ) для добычи нефти, разработанные и практически освоенные в настоящее время за рубежом, имеют ряд отличительных особенностей. В приводах всех установок используется грузовой тип уравнивания, для практической реализации которого применяются дополнительные устройства: мачта или шурф. Поэтому все рассматриваемые приводы ДСНУ по конструктивному признаку можно разделить на две группы: высокопрофильные (мачтовые) и низкопрофильные. Колонна штанг перемещается с помощью каната или ленты, ремня или цепи, намотанных на барабан, реверсивно вращаемый с помощью редуктора электродвигателем или гидромотором. Уплотнение полированного штока в установках мачтового типа расположено так же, как у обычных ШСНУ, а в установках с шурфом - в верхней части колонны труб или непосредственно над скважинным насосом [1,2,3,4,5,6,7,8].

Одна из первых ДСНУ мачтового типа была изготовлена фирмой "Oil-well" под шифром 3534. В установке наверху мачты (на высоте 15,7 м) размещаются два барабана, вращающихся на одном валу. На одном барабане канат удерживает подвеску колонны штанг; а на втором - поддерживается контргруз при движении вверх и вниз вдоль мачты.

Конструкция барабана этого станка обеспечивает плавное изменение направления движения устьевого полированного штока, что позволяет избежать пиковых нагрузок на вал электродвигателя.

С 1969 г. фирмой изготовлено и успешно эксплуатируется 25 установок. По данным фирмы, применение установок обеспечивает: сокращение количества аварий со штангами из-за уменьшения числа знакопеременных циклов нагружения; снижение динамических нагрузок благодаря большой длине хода и постоянной скорости движения штанг; лучшие показатели при перекачке вязкой жидкости; более низкие пиковые крутящие моменты; увеличение срока службы скважинного насоса; высокий коэффициент использования мощности; полную автоматизацию системы.

Промысловые испытания показали, что в течение 19 месяцев эксплуатации не было ни одного обрыва штанг, в то же время как при эксплуатации в этой же скважине балансирной установки обрывы штанг происходили в среднем каждые 15-20 дней.

С 1976 г. на нефтяных промыслах в Западном Техасе и Калифорнии испытывались две ДСНУ мачтового типа с высотой мачты 30 м, разработанные фирмой "Axelson". Цилиндр скважинного насоса установки состоит из четырех соответственно обработанных хромированных труб длиной 7,2 м каждая, соединенных специальными муфтами. Техническая характеристика установки: максимальная длина хода - 24 м; подача насоса - 70 м³/сут; число ходов в минуту - 3.

В результате испытаний установок получено сокращение количества обрывов штанг, увеличение срока службы скважинного насоса, удешевление процесса подземного ремонта, так как для проведения спуско-подъемных операций использовался собственный привод.

Типичными представителями ДСНУ мачтового типа являются установки фирмы «Маре». Основу привода составляет мачта высотой до 16 м в зависимости от типа и назначения установки. Связь между полированным штоком, двигателем и контргрузом осуществляется канатом. В качестве привода в установке используется гидродвигатель с низкой частотой вращения. Работу гидродвигателя обеспечивают малогабаритный насос с регулируемой подачей и электродвигатель. Применение гидродвигателя обеспечивает плавное регулирование хода полированного штока, снижение динамических нагрузок на колонну штанг и увеличение сроков службы оборудования. Фирмой разработана и изготовлена серия установок с различными характеристиками: максимальная длина хода - 2,5-10 м; подача насоса - 80-300 м³/сут; напор - 400-1500 м; число ходов в минуту - 0,5-5; потребляемая мощность - 37,3-167,8 кВт; масса установки - 7,9- 31,5 т. [12,13,14].

Установки фирмы «Маре» в количестве 50 шт. эксплуатируются с 1976 г. Наибольший эффект достигается при эксплуатации установок на континентальном шельфе.

ДСНУ мачтового типа, разработанная в АЗИН-маше содержит электромеханический привод с реверсивным электродвигателем, установленным на мачте. Уравнивание установки обеспечивается с помощью контргрузов, перемещающихся по направляющим мачты, длина хода плунжера 6-10 м, тяговое усилие установки 8-10 тонн. Установка обеспечивает

эксплуатацию и ремонт скважины без применения агрегата подземного ремонта.

Высокопрофильные (мачтовые) ДСНУ (фирмы "Маре", "Oilwell др.) предназначены для работы с устьевыми штоком и сальником обычной конструкции. К их достоинствам относятся отсутствие дополнительного шурфа для противовеса, возможности применения противовесов из железобетона и проведения ремонта скважин без использования агрегата подземного ремонта.

Недостатками мачтовых ДСНУ являются большие удельные, масса и габариты, сложность обслуживания, ограничение хода плунжера длиной 10-12 м. Последнее обстоятельство значительно снижает эффективность применения ДСНУ с мачтовым приводом, и поэтому более перспективными с точки зрения получения максимального эффекта являются установки с низкопрофильным приводом и гибким тяговым органом, длина хода плунжера которых практически не ограничена.

Их создание связано с тем, что с целью уменьшения габаритов привода, при разработке установок ряд фирм отказались от использования мачт, а контргруз был опущен в шурф, специально пробуренный рядом со скважиной. Типичным представителем такой установки является установка Alpha-I фирмы "Bethlehem Steel". В установке барабан лебедки приводится во вращение через стандартный редуктор трехфазным асинхронным двигателем мощностью 40кВт. Направление вращения двигателя механически переключается при изменении направления движения плунжера насоса (вверх и вниз) [9,10,11,12,13,14].

Особенность этой установки в том, что барабан лебедки снабжен спиральным желобом для каната или эксцентриками, благодаря которым канат увеличивает свой пробег и которые позволяют изменять радиус барабана в конце каждого хода плунжера, плавно снижать скорость, а следовательно, инерционные нагрузки. Эксцентриковая система намотки каната позволяет изменять величину крутящего момента на валу двигателя и, тем самым обеспечивать плавную остановку подвесной системы и реверсирование ее движения в конце каждого хода. В течение периода времени, когда плунжер движется по инерции вниз, двигатель выключен, и включение его для обеспечения обратного движения происходит только тогда, когда инерционные нагрузки полностью прекращаются. В результате такая установка хорошо уравновешена, и двигатель в течение почти всего хода плунжера потребляет постоянную мощность.

Работа установки управляется сложной электронной системой, контролирующей три параметра: нагрузку на устьевой шток, которая определяется по динамограмме; перемещение устьевого штока, определяемое датчиком положения; мощность (ток), замеряемую по силе тока при работе установки. С помощью этих данных обеспечивается безаварийная работа установки и автоматическое ее отключение.

Результаты исследований показали, что использование каната в качестве гибкого тягового органа приводит к увеличению габаритов привода установки, так как для обеспечения долговечности и надеж-

ности работы каната необходимо обеспечить соотношение диаметра каната к диаметру барабана порядка 1:100. Поэтому диаметры приводных барабанов и направляющих роликов всех перечисленных установок составляют 1,5-2 м.

Один из способов решения этой проблемы предложила фирма "National Supply" (США), разработавшая ДСНУ Liftronic, в которой в качестве тягового органа используется грузовая пластинчатая цепь. В результате этого диаметр барабана и роликов уменьшился до 0,3 м, что привело к снижению габаритов установки [13,14].

В приводе установки имеются два барабана, смонтированных на валу редуктора. На барабаны намотаны цепи: одна связана с устьевым штоком, другая - с противовесом. Редуктор смонтирован на станине вместе с электродвигателем и соединен с ним ременной передачей. По достижению полированным штоком заданного положения, определяемого микропроцессором, двигатель установки отключается, после чего вращение двигателя реверсируется.

Небольшие габариты установки делают ее особенно пригодной для эксплуатации скважин, находящихся на территории населенных пунктов.

Одним из последних достижений в области создания ДСНУ за рубежом является малогабаритная установка фирмы "Western". Привод установки поставляется в полностью собранном виде. Основные элементы привода: лебедка с гидроприводом; подвижное устьевое уплотняющее устройство в трубной сборке, имеющее полированную внутреннюю поверхность; противовес. Лебедка включает барабан диаметром 2083 мм, который вращается шестью гидромоторами, канатонавивочный блок, обеспечивающий соосность каната со стволом скважины. Уплотняющее устройство представляет собой манжетный плунжер скважинного насоса, соединенный с канатом и колонной штанг [10,11,12,13,14].

Результаты проведенного опроса фирм показали, что из всех созданных конструкций ДСНУ в настоящее время на промыслах эксплуатируются преимущественно установки фирм «Маре» и «Western». В этих условиях для привода лебедки используется гидродвигатель, который, как показали испытания, более надежен по сравнению с реверсируемым электродвигателем. Технико-экономический анализ ДСНУ с мачтой и шурфом показал, что масса приходящаяся на один кВт установленной мощности установок с мачтой, в 3-4 раза больше, чем установок с шурфом, причем она мало меняется с изменением нагрузки в точке подвеса. Значения удельной массы установки фирмы "Western" выше, чем установки Liftronic, за счет того, что длина хода насоса установки фирмы "Western" почти в 3 раза больше, чем установки Liftronic.

С увеличением тягового усилия установок масса, приходящаяся на каждый метр длины хода установок мачтового типа, примерно в 5 раз больше, чем установок с шурфом. Длину хода установок с мачтой, очевидно, нецелесообразно принимать более 10 м по двум причинам. Во-первых, при превышении этого предела сильно возрастает масса установки. Во-вторых, возникают затруднения с изготовлением

цельного устьевого штока и, следовательно; теряется одно из основных преимуществ такого типа установок.

С точки зрения снижения металлоемкости и габаритов более экономичными являются установки с заглубленным противовесом. Однако работы, связанные с бурением и эксплуатацией шурфов, создают дополнительные трудности для промысловиков. Кроме того, к недостаткам этого типа установок следует отнести наличие динамического сальника на устье скважины.

Наряду с зарубежными фирмами, в странах СНГ также проводилась работа по созданию отечественной ДСНУ. Прошли промысловые испытания установки, разработанные в институте ВНИИ совместно с ПО «Оренбургнефть» и институтом «ВНИИметмаш». Отличительная особенность установки - длина хода плунжера, соизмеримая с глубиной скважины, т.е. порядка десятков и сотен метров. Цилиндром насоса служат НКТ, что в значительной степени удешевляет его изготовление и сборку, но усложняет конструкцию плунжера. В качестве тягового органа применяется длиномерная стальная лента, наматываемая на барабан привода лебедки. Однако, привод этой установки не содержит уравнивающего устройства.

К недостаткам существующих конструкций длинноходовых приводов следует отнести следующее.

Как показано выше, основными недостатками высокопрофильных мачтовых длинноходовых установок являются большие габариты, масса и сложность монтажа.

Недостатками низкопрофильных длинноходовых приводов являются:

- низкая надежность сопротивления обрыву гибкого тягового органа, подверженного действию переменных растягивающих и (в связи с намоткой на барабан) изгибных нагрузок с большим числом циклов;

- сложность создания надежного уплотнения на устье скважины гибкого тягового органа в виде плоской стальной или резинотросовой ленты овального сечения либо каната

- необходимость устройства и поддержания в работоспособном состоянии глубокого шурфа, в котором перемещается противовес.

Кроме того, общей проблемой эксплуатации указанных длинноходовых приводов является недостаточная надежность системы реверсирования, обусловленная использованием в качестве рабочего органа привода вращающихся барабанов и необходимостью переключения направления их движения с помощью дополнительных устройств.

С учетом этого, одной из наиболее приоритетных задач является создание станка - качалки с рабочим органом, не требующим реверсирования приводных устройств [15,7,16,17,18,19,20,21,22].

Важнейшим шагом в решении проблемы замены вращающегося барабана таким рабочим органом является выбор увеличенной длины хода плунжера скважинного насоса и, соответственно, устьевого штока и канатной подвески станка - качалки в более

умеренных, чем у длинноходовых приводов, пределах. С учетом того факта, что в настоящее время не менее 98% существующего парка приводов штанговых скважинных насосов составляют станки - качалки с длиной хода канатной подвески не более 3 м, начальной реализации преимуществ длинноходовых приводов вполне можно добиться созданием надежно работающего оборудования с длиной хода, увеличенной до 6 м.

Список литературы:

1. Храмов Р. А. Длинноходовые насосные установки для добычи нефти - М.; Недра, 1985.
2. Адонин А.Н Процессы глубинонасосной нефтедобычи. - М.: Недра, 1964, 263 с.
3. Аливердизаде К.К. Балансирные индивидуальные приводы глубинно-насосной установки. Баку: Азнефтеиздат, 1951.-215с.
4. Ахтямов М.М. Основные виды отказов станков-качалок в НГДУ «Туймазанефть» и технология их восстановления //Тр. Башнипинефть, вып. 103, с. 72-75.
5. Валишин Ю.Г. Исследование работы глубинных штанговых насосов методом барографирования. Дис. на соискание учен., степени каад. техн. наук.- Уфа, 1972.
6. Н.Х. Габдрахманов, Ахтямов М.М., Уразаков К.Р., Баталов С.Ю. Промысловые исследования числа качаний балансира станка-качалки в зависимости от технологических параметров // Тр. Башнипинефть, вып. 106, с.
7. Трахтман Г.И. Повышение надежности глубиннонасосного оборудования за рубежом.// Обзор, инфор. ВНИИОЭНГ. Сер. Машины и нефтяное оборудование, 1983, №6.
8. Аливердизаде К.С. Вопросы механики и техники длинноходового режима откачки при штанговом глубиннонасосном способе добычи нефти - Баку; Изд. Нефтяной и горно - топливной литературы, 1958г.
9. ТУ 26-16-241-88. Станок-качалка ПФ8-3,5-4000. от 08.06.88.
10. Technical information for the oil and gas well specialist. Tech facts. Baker Oil Tools Group. Printed in U.S.A. 1977.
11. Н, API Specification for pumping units. API STD I IE. 1982.
12. Compozit Catalog of Oil field equipment and services, S984-1988.
13. Doty D.R., Schmidt Z. Aqn Improved Model for Sucker Rod Pumping.- J. Petr. Tech. (Sept. 1975).
14. Gibbs SJG. A revien of Meieds for Design and Analysis of Rod Pumping Installation.- J. Pefe 'Peek (Dec. 1982) P. 2931-2III.
15. Особенности насосной добычи нефти на месторождениях Западной Сибири/ К.Р. Уразаков, Н.Я. Багаудинов, З.М. Атнабаев и др. М.: ВНИИОЭНГ, 1997. 56 с.
16. Трахтман Г.И. Применение штанговых глубинонасосных установок за рубежом.// Обзор, инфор. ВНИИОЖНГ. Сер. Нефтепромысловое дело, 1990.
17. Трахтман Г.И. Новое оборудование для эксплуатации нефтяных скважин.// Обзор, информ. ВНИИОЭНГ. Сер. Машины и нефтяное оборудование. Зарубежный опыт, 1988.
18. Анализ и обобщение методов расчета механического уравнивания станков-качалок // В.В. Андреев, З.С. Гильмияров, К.Р. Уразаков, С.Г. Зубаиров: Библ. Указ. ВИНТИ. Депонированные научные работы.-1995.-№ 3046- В95.
19. Валеев М.Д. Добыча высоковязкой нефти на промыслах Башкирии. М.: ВНИИОЭНГ, 1985.
20. Касьянов В.М. Аналитический метод контроля работы глубинных штанговых насосов// Тематический науч-

- но-технический обзор. Машины и оборудование нефтегазовой промышленности.- М.: ВНИИОЭНГ, 1973,- 94 с.
21. Максютов Р. А., Джавадян А. А., Шкадов Я.Я. Современные глубинонасосные установки в нефтяной промышленности // Обзор, информ., ВНИИОЭНГ. Сер. Машины и нефтяное оборудование, 1992, №5.
22. Нагаев Ф.М. Исследование эксплуатационной надежности работы колонны штанг// РНТС Машины и нефтяное оборудование. -М.: ВНИИОЭНГ, 1980,- № 5.

Рецензент: д.т.н. Татыбеков А.