

Повышение энергоэффективности транспортировки продукции скважин с использованием объёмных насосов

Ю.Н. Баров

начальник отдела по ремонту нефтепромыслового оборудования¹
barov_ec@tatneft.ru

С.Х. Мотыгуллин

начальник научно-технического отдела²
motigullin@tatneft.ru

А.А. Дорохин

инженер отдела по ремонту нефтепромыслового оборудования¹
dorohin@tatneft.ru

С.Л. Волдавин

зам. начальника отдела по ремонту нефтепромыслового оборудования¹
VoldavinSL@asu.tatneft.ru

Р.Б. Фаттахов

к.т.н., заведующий лабораторией²
fattah@tatnipi.ru

¹Инженерный центр ОАО «Татнефть», Альметьевск, Россия

²ТатНИПИнефть, Бугульма, Россия

В статье представлены основные направления снижения энергозатрат в системе нефтесбора. Показана возможность снижения затрат с применением многофазных технологий. Приведены результаты опытно-промышленных работ по оценке целесообразности замены динамических насосов на менее энергоёмкие насосы объёмного типа. Сделаны выводы о возможности применения объёмных насосов в системе нефтесбора.

Ключевые слова

объекты нефтеперекачки, многофазные технологии, энергетическая эффективность, КПД насосов, эффектообразующие показатели

Разработка месторождений на поздней стадии неизбежно влечёт за собой увеличение объёмов потребления электроэнергии. В свою очередь, насосы динамического действия, используемые при транспортировке нефти в традиционных схемах, чувствительны к вязкости перекачиваемой жидкости. Это приводит к значительному снижению их КПД (снижение достигает 30%), что говорит о низкой энергоэффективности данного оборудования. Компания «Татнефть» многие годы применяет многофазные технологии с применением различных типов объёмных насосов, как отечественного, так и зарубежного производства. Данные технологии позволяют значительно сократить затраты на строительство нефтеперекачивающих объектов и эксплуатационные затраты при обслуживании этих объектов. В целях подтверждения реально возможного снижения энергетических затрат с применением объёмных насосов проведены опытно-промышленные работы (ОПР) по оценке целесообразности замены динамических насосов на менее энергоёмкие насосы объёмного типа на объектах нефтеперекачки.

Большинство месторождений ОАО «Татнефть» находятся на поздней стадии разработки и характеризуются низкими пластовыми давлениями и высокой обводнённостью, что в свою очередь неизбежно влечёт за собой увеличение объёмов потребления электроэнергии.

Традиционная схема нефтесбора «месторождение — дожимная насосная станция (ДНС) — товарный парк», получившая широкое распространение в компании, базируется в основном на использовании центробежных насосов (ЦНС), периодически откачивающих жидкость из накопительной емкости в напорный трубопровод. В свою очередь, насосы динамического действия чувствительны к вязкости перекачиваемой жидкости (снижение КПД достигает 30%), особенно при откачке накапливающейся в емкости устойчивой эмульсии. Кроме того, как показывают исследования эмульсия после ЦНС более устойчива и менее склонна к разделению, чем до насоса. Увеличение тонкодисперсной составляющей эмульсии приводит к 18-ти кратному росту остаточной обводнённости

и, соответственно, требует более высокого расхода деэмульгатора, тепловой энергии и пресной воды при дальнейшей подготовке ее на товарном парке [1].

В последние годы большой интерес со стороны нефтяных компаний, в том числе ОАО «Татнефть», вызывает перекачка продукции скважин с использованием объёмных насосов различных типов. Здесь можно выделить два направления:

- **Многофазные технологии**, предусматривающие транспортировку продукции скважин по нефтесборным и напорным трубопроводам без её разделения на жидкую и газовую фазы с применением винтовых многофазных насосов. В данном случае отпадает необходимость в ДНС.
- **ДНС с объёмными насосами** — подразумевается использование традиционной схемы нефтесбора, включающей ДНС, но с заменой центробежных секционных насосов на более энергоэффективные насосы объёмного типа.

Многофазные технологии

В компании «Татнефть» многофазные технологии впервые применены в 1997 году. Два насосных агрегата немецкой фирмы «Vorpemann Pump» были приобретены и установлены на ДНС-21с и ДНС-112 в НГДУ «Бавлынефть». В настоящее время эксплуатируются более 60 многофазных насосов различных фирм.

На 65% объектах внедрение МФН было осуществлено с целью утилизации попутного нефтяного газа, т.е. было прекращено сжигание газа на факелах. Наряду с получением дополнительных объёмов попутного газа для переработки, достигнуто улучшение экологической обстановки на площадях нефтедобычи. На сегодняшний день многофазными насосами на этих объектах перекачено и утилизировано более 80 млн м³ попутного газа. На других объектах, с внедрением МФН, было достигнуто значительное снижение устьевых давлений на скважинах и в нефтесборных трубопроводах.

Необходимо отметить широкую гамму многофазных насосов, различных по конструкции и принципу действия, прошедших

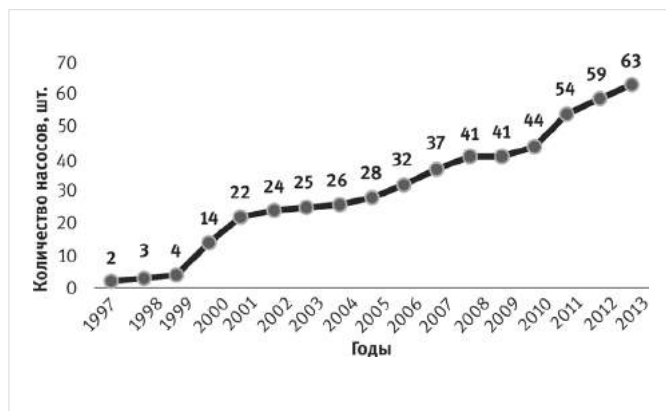


Рис. 1 — Динамика внедрения МФН на объектах ОАО «Татнефть»

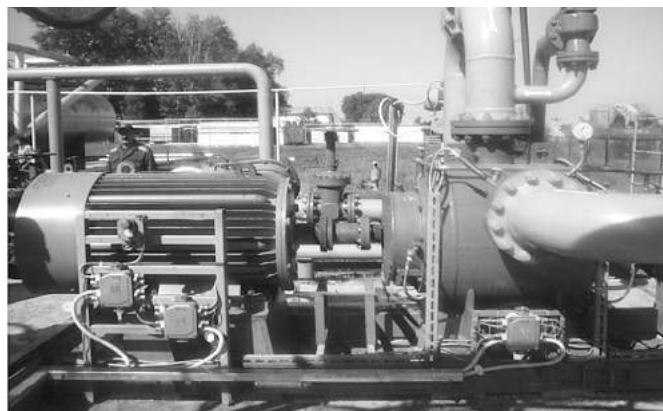


Рис. 2 — Насос производства ОАО «ТатНИИнефтемаш»

промышленные испытания или эксплуатирующихся на месторождениях компании. Это двухвинтовые многофазные насосы фирм «Борнеманн» (Германия), «Ливгидромаш» (г. Ливны) и «ТатНИИнефтемаш» (г. Казань) (рис. 2).

Одновинтовые установки представлены ООО «ПермИнжинирингГрупп» (г. Пермь) (рис. 3) и компаниями «Seerex», «Netzsch» (все Германия). Прошли опытную эксплуатацию одновинтовые насосы ООО «ВНИИБТ-буровой инструмент» (г. Пермь)»

Также на Южно-Ромашкинской площади в системе нефтесбора эксплуатируется бустерная насосная установка, разработанная НИТ «Бустер» (г. Архангельск) и предназначена для перекачивания газожидкостной смеси (ГЖС) в системе нефтесбора. Установка создана на базе поршневого насоса НБ-125 (рис. 4) и оснащена бустерным устройством.

Основными недостатками установки являются занимаемая объектом площадь и количество задействованного оборудования (делитель фаз, трубопроводы), что сопоставимо с ДНС. Это ведёт к увеличению эксплуатационных затрат. Также на приёме установки поддерживается относительно высокое (0,8–1,4 МПа) давление, что не позволяет существенно снизить устьевые давления на скважинах: быстроизнашивающимися узлами являются поршни, штока и клапана насосов.

Прошёл опытную эксплуатацию диафрагменный насос замещения ООО «Ижуникомтех» на многофазной жидкости. Эти насосы не имеют скользящих уплотнений и полностью герметичны. Давление нагнетания создаётся за счёт сжатия диафрагмы давлением масла, создаваемого с помощью шестерчатого насоса. Основной проблемой насоса является низкий ресурс диафрагмы.

Большое количество двухвинтовых насосных агрегатов, серии АЗ 2ВВ производства ОАО «Ливгидропром» было внедрено на промыслах компании в период с 2000 по 2006 годы. Но на сегодня дальнейшее внедрение этих насосов постепенно сворачивается из-за сравнительно низкого их ресурса, ограниченных возможностей при перекачивании жидкостей с большим содержанием газа, низкой ремонтопригодности деталей и узлов проточной части, что приводило к длительным простоям и большим затратам на их ремонт. Основными причинами выхода из строя насосов при эксплуатации являются: пропуски перекачиваемой среды через торцовые уплотнения, потеря производительности из-за износа проточной части и выход из строя подшипников. Применение усовершенствованных насосов А5 и А8 2ВВ положения кардинально не изменило.

Применение многофазных технологий на объектах ОАО «Татнефть» и малых нефтяных компаний республики Татарстан показало ряд преимуществ данного направления перед традиционной раздельной схемой транспортировки нефти и позволило достичь следующих результатов:

- сокращения капитальных затрат при обустройстве новых месторождений и при замене старого, отработавшего свой ресурс, оборудования действующих ДНС;
- экономии средств на строительство газопроводов при утилизации газа с ДНС, не обустроенных системой газосбора;
- дополнительных объёмов сырья в видепутного нефтяного газа;
- ухода от штрафных санкций за сжигание газа на факелах со стороны экологов;
- сокращения земельных площадей под строительство нефтеперекачивающих объектов;
- увеличения дебита скважин за счёт снижения устьевых давлений. При этом глубинно-насосное оборудование эксплуатируется в более щадящих режимах. Уменьшились утечки через СУСГ, что улучшило экологическую обстановку на месторождениях;
- снижения давлений в нефтесборных трубопроводах, что снизило количество порывов на них;
- сокращения эксплуатационных затрат из-за меньшего количества обслуживаемого оборудования.

Однако необходимо иметь в виду, что при использовании МФН наблюдается рост энергопотребления в сравнении с ЦНС, причиной которого является рост гидравлических потерь в напорных трубопроводах при перекачке продукции скважин как за счёт увеличения дополнительного объёма газа, так и за счёт пробкового режима течения, характерного для пересечённой местности. Что касается диспергирующего эффекта после МФН, то он трёхкратно ниже, чем при использовании ЦНС [1].

Перед принятием решения о применении многофазной технологии на каком-либо месторождении всегда необходимо выполнить сравнительный технико-экономический анализ. При этом производят сравнения с другими способами транспортировки продукции скважин, например: со строительством ДНС или ГЗНУ и необходимым в этом случае газопроводом, ёмкостным и насосным оборудованием, факельным хозяйством и т.д.

Ниже мы приводим основные эффектообразующие показатели для наиболее распространённого варианта внедрения МФН взамен обустройства нового

нефтеперекачивающего объекта (ДНС, ГЗНУ). ТЭО основывается на сравнении капитальных вложений и эксплуатационных затрат при строительстве новой ДНС и многофазной технологии.

1 вариант. Строительство и обустройство новой ДНС:

- стоимость ёмкостного оборудования;
- стоимость нефтепровода;
- стоимость оборудования (насосы, ёмкости, трубопроводы и т.д.);
- затраты по эл. энергии;
- стоимость СМР (монтаж трубопроводной обвязки, арматуры, заливка фундаментов, монтаж энергетического оборудования и т.д.);
- строительство газопровода (или другие варианты утилизации газа);
- оборудование факельного хозяйства;
- стоимость технического обслуживания и ремонта (насосного, ёмкостного, энергетического) оборудования;
- стоимость дренажной системы;
- стоимость отвода земли.

2 вариант. Применение МФН:

- стоимость отвода земли;
- стоимость оборудования (насосов, дренажной ёмкости и т.д.);
- затраты по эл. энергии;
- стоимость энергетического оборудования;
- стоимость СМР (трубопроводная обвязка, арматура, фундаменты и т.д.);
- стоимость технического обслуживания и ремонта оборудования.

В свою очередь, одной из важной составляющей всей многофазной технологии является осуществление правильного подбора оборудования к требуемому объекту. В ОАО «Татнефть» оценку потенциальных объектов системы сбора для обустройства с применением многофазных насосов на основе типовых схем и их внедрение осуществляют в соответствии с технологическим регламентом [2] и методикой с программным обеспечением [3].

Данные корпоративные документы позволяют подобрать насосное оборудование в соответствии с его производительностью и напорными характеристиками. К тому же данная методика даёт возможность просчитывать не только требуемые насосные характеристики, но и возможности напорных трубопроводов.

Представляет также интерес и подход на основе применения алгоритма нечетких множеств, предусматривающий такие показатели, как дебит продукции, давление на входе в насос, перепад давления, объёмное газосодержание, риск образования газовой пробки и др. [4]



Рис. 3 — Насос компании «ПермИнжинирингГрупп»

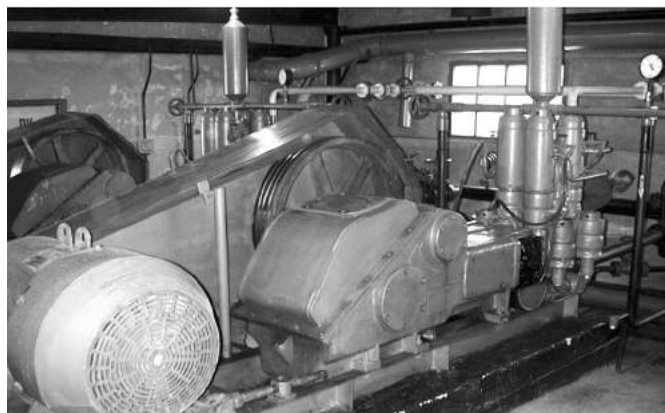


Рис. 4 — Насосная установка НИТ «Бустер»

Дальнейшая политика ОАО «Татнефть» направлена на развитие и расширение многофазных технологий при её экономической сбалансированности.

ДНС с объёмными насосами.

В целях подтверждения реально возможного снижения энергетических затрат с применением объёмных насосов в 2011 году в ОАО «Татнефть» проведены опытно-промышленные работы (ОПР) по оценке целесообразности замены динамических насосов на менее энергоёмкие насосы объёмного типа на объектах нефтеперекачки. Можно отметить следующие достоинства объёмных насосов для объектов нефтесбора:

1. Более высокий КПД в сравнении с применяемыми центробежными насосами, особенно на вязких жидкостях. Здесь также отметим 3-х кратное снижение диспергирующего эффекта объёмного насоса в сравнении с ЦНС при перекачке дегазированной жидкости.
2. Возможность кратковременно перекачивать жидкость с небольшим содержанием газа.
3. Устойчивая работа с частотными преобразователями.

Основным сдерживающим фактором, влияющим на массовое применение данных насосов на нефтеперекачивающих объектах, является их относительно высокая стоимость.

Первоначально для проведения экспериментальных работ в качестве объёмных насосов рассматривались плунжерные и винтовые машины. Были определены объекты и выполнены предварительные технико-экономические обоснования (ТЭО).

Составляющие элементы, принятые в

расчёте ТЭО:

1. Начальная стоимость оборудования (насосный агрегат, станция управления).
2. Стоимость строительно-монтажных работ (фундамент, трубопроводная обвязка, арматура).
3. Стоимость электроэнергии (предполагаемые затраты всей насосной установки).
4. Эксплуатационные затраты (техническое обслуживание, капитальный ремонт).
5. Стоимость потерь от простоя оборудования.

По предварительным расчётам экономического эффекта проекты с применением плунжерных насосов в системе нефтесбора не окупаются в связи с высокой первоначальной стоимостью самих насосов и сравнительно небольшими объёмами перекачиваемой жидкости. В итоге экономия электроэнергии от применения плунжерных насосов вместо ЦНС не позволила перекрыть стоимость самих проектов. В результате в качестве экспериментального оборудования были выбраны одновинтовые жидкостные насосы компаний Seerex и Netzsch (все Германия). За базу сравнения приняты новые ЦНС, смонтированные на тех же объектах.

Для ОПР были определены четыре объекта в трёх НГДУ ОАО «Татнефть». Анализ результатов ОПР за 2012 год показал:

1. Суммарно по четырём объектам экономия электроэнергии за год составила 1102 тыс. кВт*ч. Снижение энергопотребления составило в среднем 70%.
2. КПД объёмных насосов значительно превысил КПД центробежных. Средний КПД новых ЦНС составил 24,5%, одновинтовых насосов — 66,5%.
3. Суммарный чистый дисконтированный

доход за 10 лет эксплуатации составит 5,8 млн руб.

Итоги

Получены положительные результаты по снижению энергопотребления, которые составили в среднем 70%. Результаты проведённых ОПР позволяют сделать выводы, что насосы объёмного действия имеют хорошие перспективы применения на нефтеперекачивающих объектах ОАО «Татнефть».

Выводы

1. Использование многофазных насосов позволяет снизить затраты при обустройстве новых месторождений и повысить эффективность действующих.
2. Применение насосов объёмного действия на объектах нефтеперекачки эффективнее насосов центробежного типа.

Список используемой литературы

1. Пергушев Л.П., Фаттахов Р.Б., Сахабутдинов Р.З. Сравнительные промышленные исследования нефтесборного и мультифазного насосов // Нефтепромысловое дело. 2011. № 3. С. 22–24.
2. РД 153-39.01-643-09 Технологический регламент по оценке применения многофазного насоса при транспортировке газожидкостной смеси. Бугульма, 2009. 40 с.
3. Методика по выбору и применению многофазных двухвинтовых насосов в системе сбора, подготовки и транспорта продукции нефтяных скважин. Уфа: ИПТЭР, 2004. 109 с.
4. Гильмутдинова Н.З. Шаблон применимости технологии транспорта продукции скважин // ОАО НК Роснефть. 2012. С. 37–39.

ENGLISH

PUMPS

Improved energy efficiency of well production transportation using positive displacement pumps (PDP)

UDC 628.276.8

Yuriy N. Barov — head of oilfield equipment repair¹; barov_ec@tatneft.ru

Salavat K. Motyugullin — head of the scientific and technical department²; motyugullin@tatneft.ru

Aleksandr A. Dorokhin — engineer of oilfield equipment repair²; dorokhin@tatneft.ru

Sergey L. Voldavin — deputy head of department of oilfield equipment repair²; VoldavinSL@asu.tatneft.ru

Rustem B. Fattakhov — phd, head of laboratory²; fattah@tatnipi.ru

¹Engineering Center of JSC “Tatneft”, Almeteyevsk, Russian Federation

²TatNIPIneft, Bugulma, Russian Federation

Abstract

The article presents main trends for reducing power consumption in oil gathering system and demonstrates that power consumption costs can be reduced using multi-phase technologies. The pilot test results are shown to assess the feasibility of replacing the dynamic pumps to less power consuming positive displacement pumps. The conclusions are made with regards to possible utilization of positive displacement pumps in the oil gathering system.

Results

The favorable effects were obtained with regards to power consumption reduction, which amounted to an average of 70%. The results of the pilot operation make it possible to draw the conclusions that the positive displacement pumps have very good application opportunities for Tatneft's oil facilities.

Conclusions

1. Using multiphase pumps can reduce costs

of surface facilities in new oil fields and improve performance of producing fields.

2. Using positive displacement pumps in oil pumping facilities is considered to be more efficient than using centrifugal pumps.

Keywords

oil pumping facilities, multi-phase technologies, energy efficiency, pump efficiency, effect generating indicators

References

1. Pergushev L.P., Fattakhov R.B., Sakhabutdinov R.Z. *Sravnitel'nye promyslovye issledovaniya tsentrobezhnogo i mul'tifaznogo nasosov* [Comparative field research and multiphase centrifugal pumps]. *Neftpromyslovoe delo*, 2011, issue 3, pp. 22–24.
2. RD 153-39.01-643-09 *Tekhnologicheskii reglament po otsenke primeneniya*

mnogofaznogo nasosa pri transportirovke gazozhidkostnoy smesi [Technical specifications for the evaluation of the application of multiphase pump when transporting liquid mixture]. Bugul'ma: 2009, 40 p.

3. *Metodika po vyboru i primeneniyu mnogofaznykh dvukhvintovykh nasosov v sisteme sbora, podgotovki i transporta produktsii neftyanykh skvazhin*

[Methodology for selection and use of multiphase twin-screw pumps in the system of collection, treatment and transportation of products of oil wells]. Ufa: *IPTEP*, 2004, 109 p.

4. Gil'mutdinova N.Z. *Shablon primenimosti tekhnologii transporta produktsii skvazhin* [Template applicability transport technology production wells]. JSC NK Rosneft', 2012, pp. 37–39.