



ТАТНЕФТЬ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ППД



МИХАИЛ АБРАМОВ
Начальник отдела ППД
ОАО «Татнефть»

Организация системы ППД ОАО «Татнефть» ведет свое начало с 1951 года — более 60 лет, достаточно солидный возраст, — и при этом постоянно развивается. В своем докладе я хочу вам рассказать, какую эволюцию претерпела наша ком-

пания в развитии системы поддержания пластового давления, с чего все начиналось и каких результатов достигли.

В настоящее время сама система ППД «Татнефти» представляет собой мощную структуру, состоящую из 78 очистных сооружений сточной воды, четырех водозаборов пресной воды, 327 КНС и 10016 нагнетательных скважин, плюс к этому 16200 км трубопроводов различного назначения. Посредством этого оборудования в пласт закачивается ежегодно порядка 152–153 млн м³ технологической жидкости.

Если рассматривать развитие системы ППД поэтапно, то можем заключить, что задачи, направленные на развитие системы ППД ОАО «Татнефть», в настоящий момент практически все выполнены (см. «*Основные этапы развития...*»).

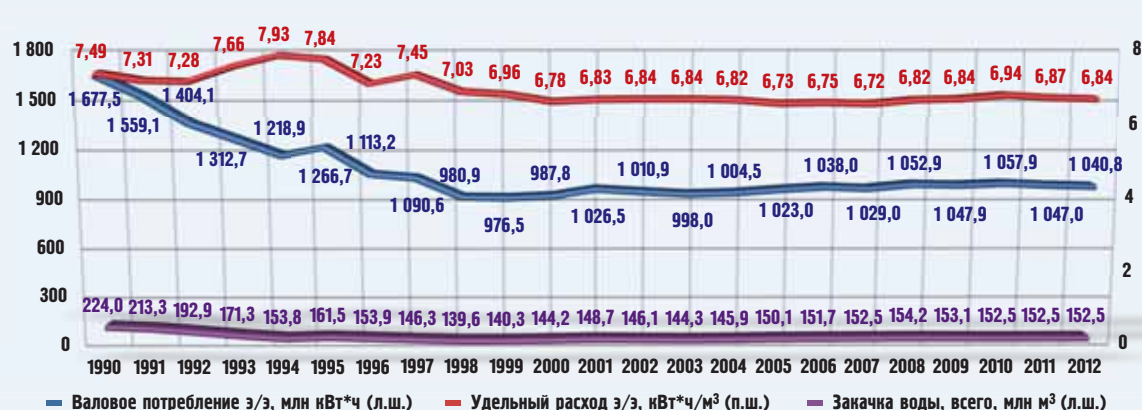
Особенности условий развития систем ППД в начальные периоды — это, естественно, стабилизация добычи нефти и, как следствие, резкое сокращение и последующая стабилизация объемов закачиваемой воды, оп-

тимизация энергозатрат на закачку. Если в 1990-е годы закачка составляла 220 млн кубов и потреблялось 1,5 млрд кВт*ч электроэнергии, то уже сегодня закачка снизилась до 150 млн кубов, а потребление электроэнергии — до 1,0 млрд кВт*ч: показатели снижены в 1,6 раз (см. «*Динамика закачки воды...*»).

Далее — это сравнительно высокая надежность водоводов благодаря применению металлопластмассовых труб, ингибиторов коррозии. Число нарушений герметичности трубопроводов, которое было на начальном этапе (23 случая в сутки на 11 НГДУ), при применении МПТ сократилось в десятки раз, и на текущий момент мы имеем два отказа в сутки на то же количество предприятий. Это позволило нам уже не тратить деньги на дорогостоящие ремонты трубопроводной системы, а направить высвободившиеся средства на реализацию следующего этапа развития системы ППД ОАО «Татнефть».

Следующий этап — обновление, модернизация насосного парка КНС, направленная на ор-

Динамика закачки воды в целях ППД и потребления электроэнергии в системе ППД за 1990–2012 гг.



ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ППД ОАО «ТАТНЕФТЬ»

► I этап (с конца 1950-х до 1985 года) — Строительство и развитие системы ППД.

Особенности этапа — быстрый рост добычи жидкости и нефти, объемов закачки воды и их стабилизация на высоком уровне.

► II этап (1985–1995 гг.) — Решение проблемы надежности водоводов системы ППД.

Особенности этапа - катастрофический рост порывов водоводов, снижение (дробление) остаточных запасов нефти, снижение объемов добываемой и закачиваемой воды.

► III этап (1995–2002 гг.) — осуществление модернизации насосных станций ППД и создание условий для индивидуализации закачки.

В условиях необходимости качественного внедрения технологии динамичной выработки пласта, уменьшения объемов добычи и закачки жидкости, опережающих темпов ввода очагов, обеспечения стабильности системы ППД и учета накопленной закачки поскважинно и т.д. появились такие инструменты, как малорасходные насосы, широкий спектр качественного оборудования скважин и КНС, накладные расходомеры.

► IV этап (2003–2010 гг.) — комплексная оптимизация процессов ППД, преимущественно на базе компьютерных информационных технологий.

► V этап (перспективный, 2011–2015 гг.) — адресность закачки, надежность насосных агрегатов, оборудования и трубопроводов, энергоэффективность системы ППД в целом.

оборудования позволила повысить управляемость системы ППД

С поэтапным развитием системы ППД ОАО «Татнефть» создана надежная система доставки технологической жидкости в пласт

за счет адресной закачки, дала возможность сгруппировать сква-

Основной итог: стабилизация добычи нефти и, как следствие, резкое сокращение и стабилизация объемов закачиваемой воды, оптимизация энергозатрат на закачку

жины по значению давления и приемистости, сократить удель-

К наиболее же эффективным техническим решениям при совершенствовании системы заводнения в новых условиях разработки можно отнести:

ные затраты электроэнергии на закачку куба воды, снизить непро-

...развитие систем межскважинной и внутрискважинной перекачки для отдельных участков, модернизацию существующих технологических схем;

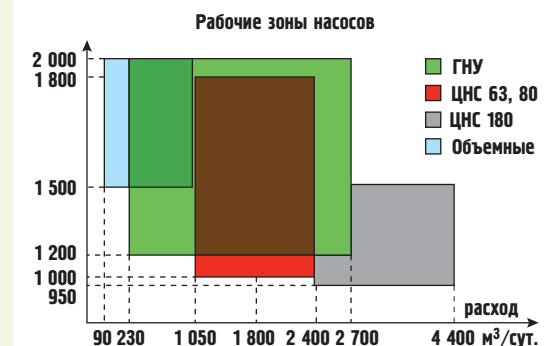
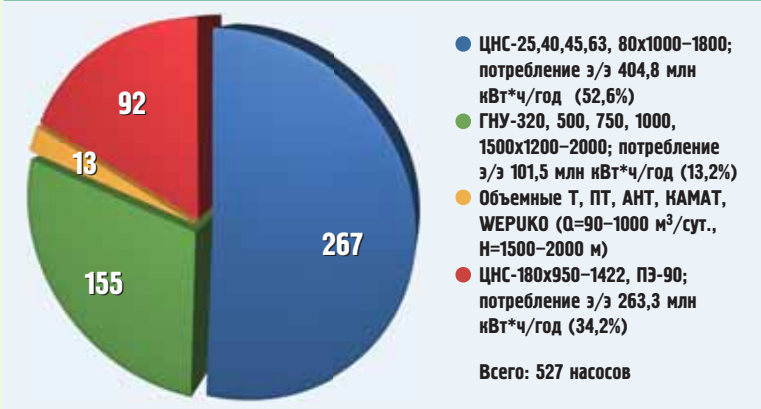
дуктивную закачку воды и валовое потребление электроэнергии.

ганизацию адресной закачки жидкости в пласт, избирательно воздействия на участки с низкими значениями пластового давления. Ныне это достаточно широкая гамма насосного оборудования, позволяющая покрывать практически все показатели по подаче и напору, необходимых для разработки нефтяных месторождений с применением заводнения, и, естественно, закрывать

все нужды нашей компании (см. «Насосное оборудование КНС»).

И если рассматривать номенклатуру используемых насосных агрегатов, то следует отметить, что практически 30% оборудования у нас — горизонтальные насосные системы собственного производства и закупленные у фирмы REDA; таких насосных систем мы купили в свое время порядка 140 штук. Замена насосного

Насосное оборудование КНС



Разработка программного обеспечения, которая позволяет подбирать насосный агрегат в зависимости от состояния трубопроводной сети и выбирать оптимальный режим работы этого оборудования, дала нам возможность прогнозировать потре-

...использование различных технологий одновременно-раздельной закачки воды в два и более продуктивных пласта;

ние электроэнергии в системе ППД на более длительный период и соответственно своевременно заниматься ремонтом оборудования.

У «Татнефти», как и других компаний, больше 50% потребления электроэнергии приходится на мехдобычу, а 30% — на закачивание жидкости в пласт, и всякое мероприятие, направленное на снижение потребления электроэнергии, позволяет реально снизить себестоимость добываемой продукции.

Следующий шаг: для выявления причин нарушения герметичности эксплуатационных колонн мы провели глубокий анализ и изучили зависимость отказов от возраста скважин. Были проведены исследования в плане закачки жидкости — это такие показатели, как закачка, давление, тип воды, состояние цементного кольца эксплуатационной колонны, состояние самих скважин и т.д.

Таким образом, было проанализировано 28 параметров. Проведенный анализ позволил рас-

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ППД НА ПОЗДНЕЙ СТАДИИ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- ◆ Детализация условий формирования самостоятельных объектов разработки с учетом многопластовости и состояния остаточных запасов нефти путем их разукрупнения;
- ◆ обеспечение оптимальных величин пластового, забойного давлений в нагнетательных и добывающих скважинах;
- ◆ прогнозирование увеличения коэффициента нефтеизвлечения за счет применения физико-химических методов и совершенствования системы заводнения с использованием гидродинамических методов;
- ◆ ревизия существующей системы заводнения и отбора с целью оценки необходимого объема реконструкции системы ППД и совершенствования технологий и оборудования

пределить возможный механизм износа по значимости. Для эксплуатационных колонн нагнетательных скважин в тот период внутренняя коррозия, которая была связана с негерметичностью самих насосно-компрессорных труб, являлась основным разрушением.

Для того чтобы исключить эту проблему были предложены варианты использования насосно-компрессорных труб с полимерным покрытием и с высокогерметичной муфтой, стеклопластиковые насосно-компрессорные трубы. По лицензионному соглашению с компанией Smith ОАО «Татнефть» организует собственное производство эксплуатационных пакеров M1X на пяти и шести дюймовую эксплуатационную колонну, открывает целевое финансирование по программе защиты эксплуатационных колонн нагнетательных скважин.

Целевая программа способствовала достижению следующих показателей: порядка 87% — это защищенность полимернопокрытыми трубами, порядка 50% — защита пакерным оборудованием. Эта программа на сегодняшний день еще продолжается (см. «Выполнение целевой программы...»).

В настоящий момент нагнетательная скважина в ОАО «Татнефть» представляет собой конструкцию, содержащую и электрохимическую защиту, и полимернопокрытые трубы, пакер, что создает достаточную герметичность и защиту эксплуатационной колонны от воздействия высокого давления и агрессивности закачиваемой жидкости.

Решив проблему с защитой эксплуатационных колонн нагнетательных скважин, ОАО «Татнефть» направило усилия на улучшение качества подготовки закачиваемой жидкости. Один из показателей качества закачиваемой жидкости это загрязненность основного агента закачки, сточной нефтепромысловой жидкости, которая у нас, может быть, порой не очень хорошо готовится на товарных парках.

Для того чтобы исключить человеческий фактор в плане мониторинга подготовки жидкости, по заданию «Татнефть» были разработаны специальные приборы — поточные анализаторы по загрязнению и поточные анализаторы по кислороду. Внедрение приборов на приемных линиях КНС и очистных сооружениях товарных



Выполнение целевой программы по внедрению НКТ в антикоррозионном исполнении и пакеров M1-X



**Интеллектуальное месторождение:
инновационные технологии от скважины
до магистральной трубы**

16 - 21 сентября 2013 г., Анапа



- передовые технологии сбора и обработки геологической и геофизической информации, создание геологической модели, цифровая модель керна;
- моделирование разработки месторождений: инновационные подходы, интегрированное моделирование, программные комплексы;
- проектирование высокотехнологичных скважин;
- удаленный мониторинг буровых работ, инновации в бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин, боковых стволов;
- технологии «интеллектуального» заканчивания скважин, многостадийные ГПП;
- проектирование, мониторинг и управление «интеллектуальной» разработкой нефтяного месторождения, планирование МУН;
- интеллектуальный контроль скважин в процессе добычи нефти и газа, системы погружной телеметрии;
- материалы, реагенты и технологии для «интеллектуальных» скважин, пакерное и вспомогательное оборудование;
- оптимизация работы промысловых объектов нефтегазодобычи с помощью внедрения высокотехнологичных систем измерений и контроля, станции дистанционного управления;
- автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) нефтегазодобывающего производства;
- энергоэффективные технологии в добыче нефти и газа;
- технологии «интеллектуальных» скважин на ПХГ;
- «интеллектуальные» тренажеры для обучения специалистов нефтегазового комплекса.

**Строительство и ремонт
скважин - 2013**

23 - 28 сентября 2013 г., Анапа



- новые технологии бурения, заканчивания и ремонта скважин;
- проектирование, организация, контроль и супервайзинг буровых работ;
- геофизическое сопровождение процессов строительства и ремонта скважин;
- управление траекторией ствола скважины, геонавигация;
- строительство многоствольных скважин и КРС зарезкой боковых стволов;
- буровые установки и установки для КРС;
- долота и скважинный инструмент;
- колтюбинговые технологии, оборудование и инструмент;
- системы буровых растворов, материалы и химические реагенты;
- цементирование скважин: технологии, оборудование и материалы;
- освоение скважин и вызов притока;
- предупреждение и ликвидация осложнений;
- ремонтно-изоляционные работы;
- трубы нефтяного сортамента, резьбовые соединения, защита от коррозии;
- автоматизированные системы управления;
- энергоэффективные технологии;
- организация сервиса;
- снижение степени рисков и промышленная безопасность.

**Сбор, подготовка и транспортировка
углеводородов - 2014**

март 2014 г., Сочи



- проектирование объектов сбора, подготовки и транспортировки углеводородов, интегрированные проекты;
- строительство промысловых и магистральных трубопроводов;
- техника и технология ГНБ;
- трубы, трубопроводная и запорная арматура;
- инновационные технологии мониторинга технического состояния трубопроводных систем;
- оборудование насосных и компрессорных станций;
- строительство и эксплуатация нефтегазохранилищ, резервуарное оборудование;
- строительство и эксплуатация подземных хранилищ газа, интеллектуальные системы их мониторинга;
- борьба с коррозией, предупреждение и ликвидация АСПО;
- современные технологии, материалы и реагенты в системах сбора, подготовки и транспортировки углеводородов;
- физико-химические методы регулирования структурно-реологических свойств нефтей;
- автоматизация инфраструктур, КИП, ИТ- технологии;
- сервисные работы в процессах строительства и эксплуатации объектов сбора, подготовки и транспортировки углеводородов;
- обслуживание и охрана трубопроводов, обеспечение промышленной, пожарной и экологической безопасности;
- ликвидация аварийных разливов нефти.

**Современные технологии капитального ремонта
скважин и повышения нефтеотдачи пластов.**

Перспективы развития

май 2014 г., Геленджик



- ремонтно-изоляционные работы в нефтяных и газовых скважинах;
- повышение нефтеотдачи пластов, моделирование и оценка технологической эффективности МУН;
- интенсификация добычи нефти и газа;
- гидроразрыв пласта;
- глушение скважин, временная блокировка продуктивных пластов;
- вторичное вскрытие;
- крепление призабойных зон слабоцементированных коллекторов;
- ликвидация осложнений при бурении скважин;
- зарезка вторых стволов;
- роль геолого-промысловых исследований при ремонте скважин;
- применение колтюбинговых технологий;
- внутрискважинный инструмент и технологическое оборудование;
- организация сервисных услуг;
- технично-экономический анализ проектов, супервайзинг, управление;
- информационные технологии.

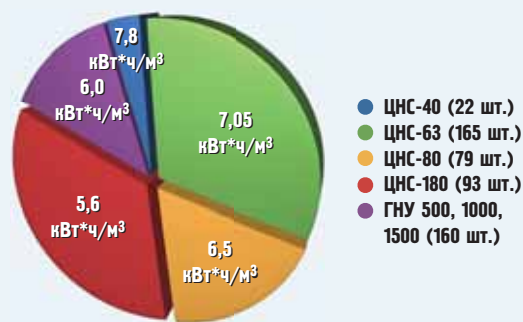
информационные партнеры

информационные партнеры

информационные партнеры



Показатели удельного потребления электроэнергии насосными агрегатами КНС



парков дало возможность значительно улучшить качество закачиваемой жидкости.

...внедрение элементов интеллектуализации, т.е. возможность в реальном режиме времени видеть процесс воздействия закачиваемого агента на пласт;

Развитие компьютерных и информационных технологий поз-

...организацию предварительного сброса воды на наиболее удаленных участках месторождения;

волило специалистам ОАО «Татнефть» разработать собственные

...организацию на отдельных участках низконапорной системы ППД с внедрением насосов объемного действия

компьютерные программы, способные реально оказывать по-

Важной особенностью этих технологий является комплексность их применения в целях достижения максимального КИН при оптимизации энергозатрат

мощь в работе специалистам, работающим в цехах добычи и ППД, в частности, АСУ ТП для

ППД, где представлено рабочее место каждого специалиста цеха ППД: технолог, геолог, механик и диспетчер. Более того, каждый, пользуясь своим рабочим местом, имеет достаточно хорошую информацию относительно самого состояния скважины, состояния сети и состояния эксплуатационных колонн нагнетательных скважин, состояния оборудования КНС и др. Это позволяет им своевременно и оперативно принимать правильные решения в своей работе.

За небольшой промежуток времени ИТ-системы сильно преобразились, но, тем не менее, требования к системе разработки нефтяных месторождений с применением ИТ-технологий несколько не уменьшились, а только, наоборот, выросли (см. «Требования к системе ППД...»).

Для сложившейся системы разработки нефтяных месторождений с применением заводнения в ОАО «Татнефть» актуальной задачей является оптимизация объема закачки с целью получения максимального процента нефтеизвлечения. Решение задач по оптимизации и эффективности воздействия системы ППД на пласт необходимо проводить с использованием искусственного интеллекта. Такая интеллектуальная модель на основе нейросетевой модели с применением программы Roxar была разработана в ОАО «Татнефть», и сейчас идет активный процесс ее апробации для внедрения.

В настоящее время, учитывая активный рост цен на энергоносители, компания все больше средств направляет на решение проблем, связанных с излишним потреблением электроэнергии, и основная доля новых технических разработок касается именно проблемы сокращения энергозатрат. Перспективными разработками и мероприятиями для реализации по этому направлению в области ППД являются:

- Развитие различных систем внутрискважинной перекачки;
- Одновременно-раздельная эксплуатация нагнетательных скважин, которая реализована в нескольких вариантах. Для

многопластовых объектов применяются модельные технологии, как наиболее предпочтительные, с механизмом, который позволяет четко выдерживать давление и расход по каждому пласту в реальном режиме времени;

- Организация на отдельных участках низконапорной системы ППД с применением перекачивающих насосов;
- Более эффективное использование насосного оборудования, своевременное проведение ремонтных и профилактических работ насосного оборудования (см. «Показатели удельного потребления электроэнергии...»).

Огромное внимание уделяется эксплуатации насосного оборудования, по той причине, что оно достаточно энергоемкое, достаточно большое потребление электроэнергии происходит как раз за счет использования этого оборудования. Чем ниже производительность насосного оборудования, тем выше его удельное потребление. Это связано с конструктивной особенностью центробежных насосных агрегатов.

Поэтому нашей компанией было принято решение использовать объемные насосы на закачке жидкости в пласт как альтернативу центробежным. В связи с этим были закуплены два насосных агрегата с производительностью от 800 до 1000 м³/сут. у немецких производителей. Поэксплуатировав объемные насосные агрегаты более года, мы видим достаточно хороший эффект от их применения: КПД 80–82%, потребление электроэнергии 3,4–3,8 кВт*ч на кубометр закачиваемой жидкости. С аналогичной производительностью насосные агрегаты ЦНСА-40 имеют КПД 47–49% и удельное потребление 9,7–12,1 кВт*ч.

Показатели эксплуатации указывают на то, что использование плунжерных насосных агрегатов будет эффективно на отдельных участках, где производительность по закачке жидкости составляет не более 1000 м³/сут.

ДИСКУССИИ:

Е. Байкова («Сургутнефтегаз»): Мероприятия, о которых вы говорили в первой части доклада, привели ли к увеличению наработки НКТ в нагнетательных скважинах, снижению аварийности НКТ. Какая средняя наработка НКТ в нагнетательных скважинах?

М.А.: Действительно, для НКТ, имеющих полимерное покрытие и защиту, ресурс работы увеличился. Более того, мы уже научились покрывать полимерным покрытием НКТ, бывшие в эксплуатации; это тоже дает нам определенный эффект. Так что покрытия, естественно, увеличивают срок эксплуатации самих НКТ, эксплуатационных колонн нагнетательных скважин и межремонтный период работы нагнетательных скважин.

А. Дроздов (РГУ нефти и газа): По наработке объемных плунжерных насосов для системы ГППД хотелось бы услышать от вас ответ на вопрос, как она велика и какие выявлены проблемы при эксплуатации. И второй вопрос: почему вы в своих интеллектуальных технологиях не используете такой эффективный метод нефтеотдачи, как циклическое заводнение?

М.А.: Начну с последнего. У нас как раз и используется циклическое заводнение, при этом мы постоянно меняем и периоды циклической закачки, и состояние скважин, переводя их из одной категории в другую. Что касается объемных насосов, то хочу сказать, что у нас был и печальный, и положительный опыт использования объемных насосов. Печальный — при использовании объемных насосов отечественных производителей в тот период, когда занимались модернизацией насосного парка системой ГППД.

Эксплуатация плунжерных насосов показала, что отечественные насосы недостаточно надежны. Более того, они требовали особого и довольно пристального к себе внимания. В итоге мы отказались от их эксплуатации и длительный период не использовали плунжерные насосы в эксплуатации. К тому же тарифы на электроэнергию не были высокими в 90-е годы прошлого века.

Сейчас это самый важный показатель при эксплуатации насосных агрегатов — тарифы на электроэнергию растут и темпы роста достаточно стремительны, что несомненно сказывается на себестоимости добываемой продукции, идет стремительный рост эксплуатационных затрат на закачку жидкости в пласт.

Было принято решение еще раз вернуться к эксплуатации плунжерных насосных агрегатов, но не наступать на те же грабли, а закупить импортные насосы. Импортные насосы, проработав достаточно — сейчас наработка более 8 тыс. часов у каждого из насосов, — показали свои преимущества. Нарботка и постоянный мониторинг их технического состояния подтвердили, что для нас эти насосы жизнеспособны. Это, во-первых, а во-вторых, то, что ремонт этих насосов не требует вывоза агрегата с объекта, что тоже дает определенный плюс в плане ремонта и обслуживания оборудования.

Учитывая опыт, мы решили, что нам еще стоит прикупить некое количество насосов для того, чтобы продолжить эксплуатацию, и там уже окончательно сделать выводы.

Более того, мы их позиционировали как насосы, которые могут занять нишу центробежных насосных агрегатов с производительностью от 90 до 1000 м³ в сутки и со значением КПД не более 50%. Сейчас, после эксплуатации опытной партии плунжерных насосных агрегатов, диапазон использования хотели бы расширить по производительности до 1500 м³ в сутки с КПД до 90%. Это аналоги по производительности нашим насосным агрегатам ЦНСА 63 и 80 м³/сут., у которых КПД не более 60% (63 — это 54%, 80 — это 57%).

Вопрос: В продолжение объемных насосов — каков общий КПД?

М.А.: Общий КПД у плунжерных насосных агрегатов 87,5% при расходе 41 м³ в час.

Вопрос: И никаких вопросов с циклическостью нагрузки по трубопроводу дальше, то есть при эксплуатации?

М.А.: В пульсации, имеется в виду? Нет, этот вопрос мы также решили для себя, прикупив два разных по конструктивному исполнению насосных агрегата у разных производителей этого оборудования. В процессе эксплуатации заметили, что в одном реализован механизм, который позволяет нам уйти от пульсации во время работы насосного агрегата. Было принято оперативное решение дооснастить и второй насосный агрегат аналогичным изделием. В итоге сейчас мы имеем очень хорошие показатели по вибрации и пульсации, почти на уровне центробежного насоса.

Вопрос: По поводу объемных насосов, какое оборудование более капризно при наличии мехпримесей — ЦНС или объемный насос?

М.А.: Конечно, объемный насос. Вы же понимаете, что плунжерная пара имеет минимальные зазоры между рабочими поверхностями, к тому же клапан и седло также плохо работают с мехпримесями. В центробежном насосе расстояние между направляющим аппаратом и рабочим колесом позволяет мехпримесям достаточно легко преодолеть эти зазоры без особого ущерба рабочей паре. Он не столь капризен в эксплуатации, поэтому мы повсеместно используем центробежные насосы. Объемный насос требует другого уровня обслуживания и имеет повышенные требования к эксплуатации.

Осознав и проанализировав ситуацию, мы пришли к выводу, что надо обязательно организовать полноценный сервис по обслуживанию оборудования, независимо от того, какое это оборудование; либо это центробежный насос, либо это объемный насос. Профессиональные организации, занимающиеся обслуживанием оборудования, способствуют увеличению срока эксплуатации имеющегося оборудования.