

На правах рукописи

АФАНАСЬЕВ НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ПРИВОДА ШТАНГОВЫХ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК
ДЛЯ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ

05.02.13 – Машины, агрегаты и процессы
(в нефтяной и газовой промышленности)

Автореферат
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Уфа
2002

Диссертационная работа выполнена в ООО «Татнефть - СНЭРС»

ОАО «Татнефть» г. Альметьевск

Научный руководитель

доктор технических наук,
профессор Султанов Б.З.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор _____

доктор технических наук,
профессор _____

Ведущая организация

НГДУ «Джалильнефть»,
г. Джалиль.

Защита состоится " ____ " _____ 2002г. в _____ часов на заседании
Специализированного Совета Д 212.289.05 при Уфимском государственном
нефтегазовом техническом университете по адресу: 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уфимского
государственного нефтегазового технического университета.

Автореферат разослан

" ____ " _____ 2002 г.

Ученый секретарь
Специализированного Совета
доктор технических наук, профессор

Ибрагимов И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Рациональное использование энергетических ресурсов на современном этапе является одной из наиболее актуальных проблем как в нашей стране, так и за рубежом. Особо остро встает эта проблема вследствие того, что многие месторождения не только Урало-Поволжья, но и России в целом, находятся в поздней или завершающей стадии эксплуатации. В этих условиях скважинные флюиды характеризуются высокой вязкостью из-за наличия в их составе асфальто-смоло-парафиновых отложений. В таких условиях проблема добычи нефти усугубляется низкими пластовыми давлениями, так как эмульсия в скважине склонна к структурообразованию. Кроме того, в последние годы в основном вводятся в эксплуатацию месторождения с трудно извлекаемой нефтью и месторождения с содержанием битумов, что также требует дополнительного усовершенствования существующего скважинного оборудования.

Результаты анализа структуры себестоимости технологии механизированного способа добычи нефти показывают, что расходы на электроэнергию составляют в ней 30...50%. Амортизационные отчисления, зависящие от стоимости эксплуатационного оборудования, достигают 20...30%. Эти данные являются определяющими при выработке стратегии повышения эффективности механизированного способа добычи нефти, которая может быть реализована только с помощью комплекса соответствующих организационных мероприятий и технико-технологических энергосберегающих технологий.

Существующие штанговые насосные установки (ШСНУ) не обладают способностью создавать стационарное движение жидкости в пласте. Известно также, что винтовые насосные установки (УНВП), которые пока недостаточно широко используются в практике, наиболее перспективны в технологии добычи высоковязкой нефти и битумов и эксплуатации малодобитных скважин. Это связано с тем, что оборудование, принцип работы которого основан на вращении винтового ротора при помощи колонны вращающих штанг от поверхностного привода, максимально соответствует требованиям

эксплуатации малодебитных скважин, продуцирующих высоковязкие флюиды.

Решить сформулированную выше важную народнохозяйственную проблему позволит ряд мероприятий, направленных на разработку регулируемого энергосберегающего приводного комплекса скважиной насосной установки с улучшенными энергетическими и экологическими показателями на базе современных достижений науки и техники.

Энергосберегающий приводной комплекс (ЭПК) включает в себя участок линии электропередачи (ЛЭП), индивидуальный трансформатор напряжения, установку продольной компенсации (УПК), установку поперечной компенсации (УПЕК) и станцию управления с защитой, системой контроля и записи информации, многоскоростной электродвигатель и редуктор.

ЭПК позволяет увязывать в единую систему скважинные условия месторождения (гидрогеологию и гидродинамику), технику и технологию добычи нефти (электроэнергетику, экономику и экологию).

Перспективным путем решения поставленной проблемы является разработка и введение в эксплуатацию усовершенствованного регулируемого ЭПК, позволяющего получать максимальную нефтеотдачу пластов путем создания стационарных потоков и упруго-замкнутых режимов фильтрации в пласте за счет внедрения винтовых насосных установок с поверхностным приводом (УНВП). Привод УНВП обеспечивает низкую частоту вращения штанговой колонны, благодаря чему минимизируется эмульгирующее воздействие на скважинный флюид. При этом обеспечивается оптимальный режим работы системы "пласт - насос - привод", что в сочетании с высокой работоспособностью и нагрузочной способностью гарантирует перспективность применения указанного оборудования.

Целью работы является разработка регулируемого энергосберегающего приводного комплекса скважинной штанговой насосной установки с улучшенными технико-экономическими показателями, достигаемыми за счет снижения затрат электроэнергии и рационального использования технологических параметров.

Для достижения поставленной цели в работе **сформулированы и решены** следующие научно-технические задачи:

1. Проведен анализ режимных параметров приводных узлов скважинных штанговых насосных установок при добыче высоковязкой нефти и битумов.

2. Разработана математическая модель и методика расчета привода для определения основных энергетических параметров насосных установок.

3. Разработаны отдельные узлы механизированного комплекса и технические средства по регулированию и управлению приводным комплексом винтовой насосной установки с поверхностным приводом, обеспечивающие энергосбережение.

4. Разработана станция управления с защитой от перегрузок для регулируемого поверхностного привода УНВП, которая позволяет создать принципиально новую технологию эксплуатации скважин.

5. Разработаны функциональная и принципиальная схемы станция управления винтовым насосом (СУВН-01АС) и основные компоненты станции управления и защиты.

Методами исследования являются:

1. Теоретический (теория установившихся и переходных процессов электрических сетей и машин; численные методы решения алгебраических и дифференциальных уравнений; методы теории аппроксимации; методы теории планирования эксперимента; теория метода декомпозиции сложных систем).

2. Эмпирический (аналитическая зависимость параметров насосных агрегатов, связанных с параметрами гидродинамики скважины).

3. Статистический (метод математической статистики и моделирования).

4. Экспериментальный (метод непосредственной оценки; метод непрерывного контроля с использованием дискретно регистрирующих и осциллографирующих приборов, подсистем АСУЭ, ПЭВМ различных типов).

Теоретические положения работы проверялись путем экспериментов на малых и полномерных физических моделях, опытных и промышленных образцах в производственных условиях НГДУ "Заинскнефть" и в ОНГДУ

"Татнефтебитум" ОАО "Татнефть". Относительная погрешность разработанных алгоритмов и методов расчетов в целом не превышает (5...7)%.

Автором защищаются:

1. Сформулированные требования к приводным комплексам штанговых скважинных насосных установок с точки зрения обеспечения энергосбережения и повышения эффективности эксплуатации скважин, продуцирующих высоковязкие флюиды.

2. Обоснование наиболее перспективного типа насосной установки, обеспечивающей возможность добычи вязкой и высоковязкой нефти, включая битумы, в условиях, где невозможно применение насосов других типов.

3. Методы управления технологическими параметрами скважинной насосной установки, основанные на электромеханических принципах регулирования скорости функционирования насосного агрегата при вращательном принципе работы.

4. Принципы теоретического расчета и математическая модель режима напряжения в установившихся и переходных процессах с использованием статических систем по компенсации потерь напряжения и реактивной мощности, обеспечивающие заданный режим энергосистемы, а также методические основы проектирования энергосберегающего приводного комплекса с улучшенными технико-экономическими показателями.

5. Результаты внедрения систем по оптимальному использованию энергосберегающего приводного комплекса штанговых насосных установок, по их управлению, а также регулированию режимов напряжения и электропотребления.

Научная новизна.

1. Теоретически обосновано преимущество вращательной работы штанговой колонны скважинной насосной установки в сравнении с возвратно-поступательным режимом функционирования с точки зрения минимизации энергозатрат.

2. Научно обоснован способ обеспечения режима работы штанговой

скважинной насосной установки, адекватно соответствующий добычным возможностям скважины по изменяющемуся дебиту в ходе эксплуатации.

3. Определены аналитические соотношения и разработаны математические модели, позволяющие решать задачи по оптимальному управлению и регулированию режимов напряжения и электропотребления приводного комплекса насосной установки, и, тем самым, обеспечивать энергосбережение.

4. Разработана теория расчета режима напряжения в установившихся и переходных процессах для поверхностного привода винтовой насосной установки при различных вариациях параметров электрической сети, электродвигателя и компенсирующих установок.

Практическая ценность работы.

1. Создан энергосберегающий приводной комплекс для штанговых насосных установок, обеспечивающий оптимизацию режима работы по дебиту скважины, прошедший апробацию на винтовых насосных установках в условиях ОАО "Татнефть".

2. Разработанные методы компенсации потерь энергии, которые могут быть использованы для энергосбережения как в приводе винтовых насосных установок, так и в приводе станков-качалок ШСНУ.

3. Получены характеристики установившихся и переходных процессов с улучшенными технико-экономическими показателями, что позволило повысить степень автоматизации системы электроснабжения приводного комплекса, уменьшить прямые и косвенные затраты за электроэнергию, улучшить режим работы всего электрооборудования, сетевой автоматики и релейной защиты.

Реализация результатов исследований.

Научные разработки уже внедрены в качестве отдельных элементов приводного комплекса, а также продолжают внедряться, обеспечивая планомерный процесс создания единой системы энергосберегающего приводного комплекса добычной скважины (ЭПКДС) на нефтегазодобывающих предприятиях ОАО "Татнефть".

Фактический экономический эффект от внедрения основных результатов

работы превышает один млн. руб., разработки автора позволили добиться эффекта в 300 тыс. рублей на 15.04.2002г.

Практически реализован ввод в эксплуатацию статического компенсатора потерь напряжения с блоком управления и защитой, который обеспечивает независимое местное быстродействующее автоматическое регулирование уровня напряжения.

Апробация работы.

Основные положения и результаты диссертационной работы обсуждались:

- на научно-технической конференции "Научные проблемы Западно-Сибирского нефтегазового региона" (г. Тюмень, 1999);
- на V межвузовской научно-методической конференции "Проблемы нефтедобычи Волго-Уральского региона" (г. Уфа, 2000);
- на научно-практическом семинаре "Опыт, проблемы и перспективы внедрения методов виброакустического контроля и диагностики машин и агрегатов" (г. Октябрьский, 2000);
- на международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы Восточно-Уральской нефтегазовой провинции» (г. Уфа, 2001).

Публикации.

По теме диссертации опубликовано 9 работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность создания энергосберегающего приводного комплекса с улучшенными технико-экономическими показателями, определены проблемы, связанные с усовершенствованием механизированного способа добычи нефти и намечены пути их решения за счет модернизации приводов, сформулированы проблемы, связанные с разработкой новой технологии с автоматическим регулированием и управлением режимов напряжения и электропотребления, дана краткая характеристика работы.

В первой главе выполнен анализ существующей техники и технологии добычи высоковязкой нефти и битумов, и их эксплуатационных характеристик.

Проанализированы основные причины падений дебитов добычных

скважин, которые сопровождаются увеличением обводненности, вязкости, интенсификацией отложений асфальто-смоло-парафиновых отложений за счет усиления их адгезионно-когезионных свойств, а также вводом в эксплуатацию месторождений с высоковязкой и неньютоновской нефтью с низкими пластовыми давлениями.

Определена общая стратегия повышения эффективности механизированной добычи нефти, которая может быть реализована только с помощью комплекса технических средств и технологических приемов.

Установлено, что в существующей практике эффективным способом снижения удельных энергозатрат считается периодический (циклический) режим эксплуатации, что справедливо только для скважин с достаточно высоким пластовым давлением, с низкими коллекторскими свойствами пластов и стабильными реологическими свойствами жидкости. Сделан вывод о том, что в изменившихся условиях режим периодической эксплуатации зачастую не применим из-за ряда негативных последствий.

Выявлено, что периодическая эксплуатация приводит к неравномерной выработке пласта, снижению его нефтеотдачи. За время простоя скважины при "накоплении" происходит утечка жидкости из линии нагнетания, поэтому от момента пуска установки в работу до подачи жидкости в коллектор проходит определенное время, в течение которого расход электроэнергии можно считать малоэффективным.

Доказано, что использование периодического режима эксплуатации приводит к увеличению удельного расхода электроэнергии. Определены недостатки периодического режима - в частности такие, как изменение вязкости жидкости в скважине и в ее призабойной зоне во время накопления и одновременное изменение дебита скважины.

Определено, что максимальное энергосбережение при обеспечении стабильной нефтеотдачи будет достигнуто в том случае, если технические характеристики насосного оборудования максимально будут соответствовать дебитным возможностям скважины. Установлено, что основными

требованиями, предъявляемыми к нефтедобывающему оборудованию, являются следующие показатели: высокий к.п.д., малая установленная мощность, широкие функциональные возможности.

Определены важнейшие направления повышения эффективности добычи нефти глубинными насосными установками, такие, как:

- возможность обеспечения технологического процесса откачки флюида из скважины с оптимальными параметрами для системы "пласт – скважина – насосная установка";
- уменьшение удельных норм энергозатрат на одну тонну добычи нефти;
- уменьшение стоимости основных фондов и, как следствие, амортизационных отчислений.

Во второй главе выполнено теоретическое обоснование режимных параметров винтовой насосной установки с поверхностным приводом, обеспечивающих эффективные гидродинамические условия работы пласта. Разработан метод расчета по гидродинамике и определен заданный режим работы насоса в условиях непрерывности потока, что, является условием создания принципиально новой технологии эксплуатации скважин, продуцирующих высоковязкие нефти с помощью винтовых насосных установок с регулируемым поверхностным приводом.

Разработан метод расчета постоянного отбора жидкости из скважины. Определены принципы обеспечения режимных параметров работы пласта.

Разработаны аналитические зависимости и математическая модель для выбора мощности электродвигателя для винтовой насосной установки. Получены графики зависимостей мощности в функции от производительности, напора, плотности жидкости и к.п.д. УНВП (N1) в сопоставлении с ШСНУ (N2) для идентичных условий эксплуатации (рис. 1-4).

Выполнен согласованный выбор мощности винтовой насосной установки (N1) и мощности (N2) для ШСНУ, который обеспечивает оптимальный (рациональный) режим работы.

Разработана математическая модель для определения оптимальных

(рациональных) параметров энергетических характеристик, которая базируется на известной методике расчета режима работы асинхронного электродвигателя.

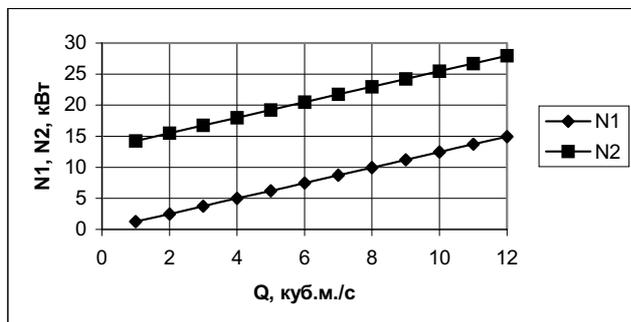


Рис.1. Зависимости мощности от производительности насоса.

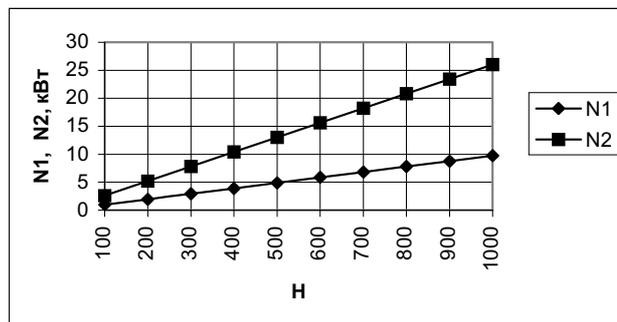


Рис.2. Зависимости мощности от напора насоса.

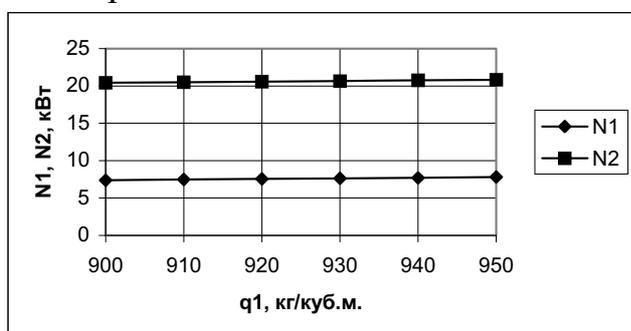


Рис.3. Зависимости мощности от плотности жидкости насоса.

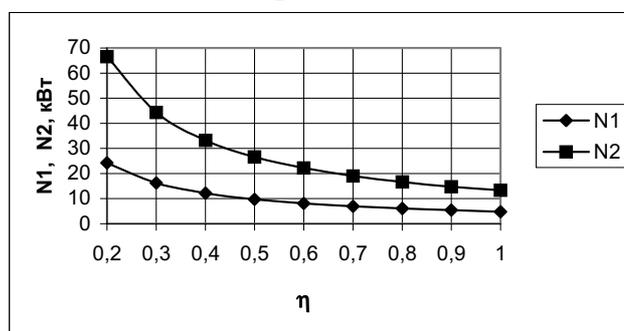


Рис.4. Зависимости мощности от к.п.д. насоса.

Выполнено математическое моделирование режима работы винтовых насосных установок и ШСНУ с целью определения оптимальных (рациональных) параметров энергетических характеристик.

Математическое моделирование показателей энергетических характеристик асинхронного электродвигателя (АД) производилось при варьировании уровня напряжения на зажимах электродвигателя в пределах от 0,8 до 1,1 о.е. от номинального уровня напряжения было выполнено в общепринятой системе относительных единиц (о.е.).

Из результатов анализа графиков определены оптимальные и рациональные (технически осуществимые по требованию ГОСТ на качество электроэнергии) уровни напряжения и их основные показатели по режиму электропотребления, на основе которых произведен расчет технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов винтовых насосных установок и ШСНУ.

В третьей главе выполнен анализ результатов практической эксплуатации УНВП, на основе которого выявлен ряд негативных проблем, связанных с отворотом насосно-компрессорных труб (НКТ), вызываемым проявлением реактивного крутящего момента.

Разработана методика проведения экспериментальных исследований и на базе существующей конструкции лабораторного стенда кафедры НИМ УГНТУ создана малая физическая модель для исследования режимных параметров УНВП.

Экспериментально определены рабочие параметры одновинтовой насосной установки на малой физической модели.

Отработаны проектно-конструкторские решения по основным элементам полномерной физической модели УНВП, обеспечивающие гарантированный момент сопротивления, которое компенсирует реактивный крутящий момент, вызывающий отворот НКТ.

Произведено моделирование режима работы УНВП и определены качественные и количественные значения реактивного момента и осевых усилий, действующих на статор и ротор насосной пары.

Выполнено физическое моделирование режима работы УНВП, определены следующие основные параметры в функции от давления – подача насоса $Q=f(P)$, осевое усилие на винте $H_{o,y}=f(P)$ и реактивный крутящий момент на корпусе $H_{p.m.}=f(P)$.

В четвертой главе проведено сопоставление винтовых и плунжерных скважинных насосных установок.

Показано, что наиболее полно требованиям эффективности отвечают винтовые насосные установки с поверхностным приводом, которые при этом обладают и другими достоинствами: низкой металлоемкостью и малыми габаритами, простотой конструкции и отсутствием клапанов, постоянством подачи в длительном режиме и практическим отсутствием эмульгирующего воздействия рабочих органов на скважинную жидкость.

До настоящего времени в России реализовывалась концепция применения

насосных установок, снабженных погружными электродвигателями (ПЭД). Выбор этой концепции основывался на использовании унифицированных узлов серийных установок электроцентробежных насосов (УЭЦН), а именно электродвигателей, протектора с компенсатором, кабельных линий, трансформаторов и станций управления, освоенных производством для установок ЭЦН. Весьма привлекательным являлось также отсутствие движущихся элементов в интервале от забоя до устья, например, в виде колонны штанг или труб.

В результате сравнительного анализа УЭЦН и винтовых насосных установок с ПЭД выявлено, что последние включили в себя большинство недостатков УЭЦН: отмечены сложность и специфичность ПЭД; большая габаритная длина, что существенно усложняет или даже делает невозможным спуск их в искривленные, наклонно направленные (ННС) и горизонтальные (ГС) скважины; сложность и трудоемкость замены вышедших из строя ПЭД из-за необходимости производства спускоподъемных операций (СПО) с колоннами насосно-компрессорных труб (НКТ); дороговизна и ненадежность кабельной линии; сложность ее спуска в скважину из-за необходимости крепления к НКТ.

Кроме этого, существенным недостатком добычных установок с ПЭД являются большие потери электроэнергии в кабельной линии и ПЭД и низкий к.п.д.

Известно, что произведение η и $\cos \varphi$ характеризует экономичность электродвигателей. Влияние невысокого к.п.д. погружного электродвигателя на показатели агрегата в целом усиливается ограниченным к.п.д. винтовых насосов с погружным электроприводом.

Учитывая постоянный рост цен на электроэнергию и их относительную долю в себестоимости продукции, принята новая стратегия в выборе технологической схемы и компоновки оборудования. Разработаны основные узлы винтовой насосной установки с поверхностным приводом.

В качестве привода добычной установки предложено использовать не

ПЭД, а взрывозащищенные асинхронные электродвигатели с более высокими значениями η и $\cos \varphi$. При такой компоновке элементов приводного комплекса исключается необходимость прокладки кабельной линии в скважине.

Новый энергосберегающий приводной комплекс формирует новую электротехнологию и обладает существенным преимуществом: его использование приводит к уменьшению числа подземных ремонтов скважин, подавляющее большинство которых связано с необходимостью профилактики, ремонта или замены ПЭД или насоса, что, в свою очередь, связано с производством спускоподъемных операций НКТ с кабельной линией. Перемещение электродвигателя на дневную поверхность снимает ограничения на габаритные размеры, изменяется среда размещения, облегчается обслуживание, повышается надежность и наработка на отказ.

Автором принят за основу наиболее перспективный способ регулирования скорости вращения УНВП - электромеханический.

Из анализа зарубежных научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ видно, что регулирование величины крутящего момента за счет изменения частоты вращения вала двигателя позволяет снизить затраты электроэнергии на подъем жидкости из скважины. Эти данные подтверждены экспериментами, проведенными на действующих скважинах.

Совместно с сотрудниками УГНТУ разработана конструкция винтовой насосной установки с усовершенствованным поверхностным приводом (УНВП).

Решена техническая задача по повышению надежности и расширению функциональных возможностей привода винтовой насосной установки путем оперативного регулирования напора и подачи насоса изменением частоты вращения колонны штанг, вращающихся за счет манипулирования вставкой редуктора-мультипликатора и сменными зубчатыми колесами редуктора.

Выполнена конструктивная компоновка и изложен принцип работы поверхностного привода винтовой насосной установки.

Положительный эффект при использовании поверхностного привода

скважинного винтового насоса достигается путем установки оптимальной депрессии на пласт путем повышения точности регулирования подачи за счет изменения подачи насоса регулировкой частоты вращения ротора.

Разработаны варианты присоединения электродвигателя к быстроходному валу, к тихоходному валу, или непосредственно к ведущему валу редуктора без установки редукторно - мультипликаторной вставки, как показано на рис. 5.

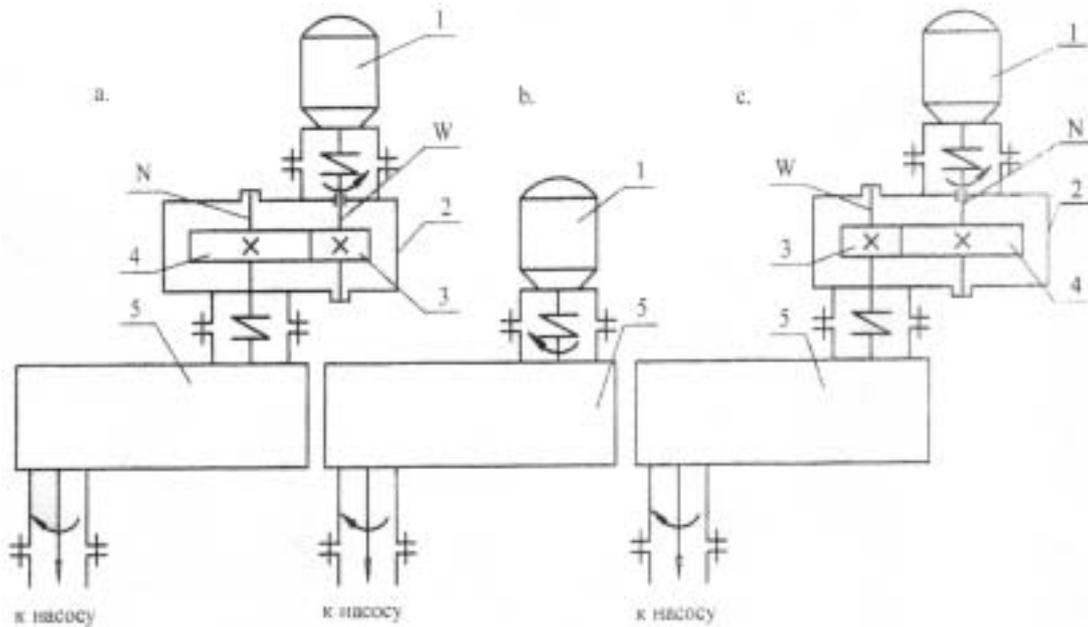


Рис.5. Схемы регулирования частоты вращения колонны штанг с помощью модульной вставки, где: 1 – электродвигатель; 2 – модульная вставка; 3 – зубчатое колесо высокоскоростное; 4 - зубчатое колесо тихоходное; 5 - вращатель (N – тихоходный вал; W – быстроходный вал).

Экспериментально доказано, что с помощью вставки можно получить практически любое число частот вращения ведомого вала, а, следовательно, оптимизировать режим эксплуатации скважины.

Поверхностный привод сконструирован из условия возможности применения электродвигателей с частотой вращения 1440 и 960.

Разработана станция управления, которая позволяет получить две скорости за счет кнопочного переключения.

Определена специфика изменения нагрузки, которая заключается в замене поступательно-возвратного движения колонны штанг на вращательное, что существенно снижает массу движущихся частей и исключает необходимость

прокладки питающего кабеля в скважине.

Представлены результаты модернизации основных элементов и узлов существующих штанговых насосных установок с учетом результатов анализа технической литературы по существующей технике и технологии по добыче высоковязкой, парафинистой нефти и битума.

Одновременно с созданием и внедрением регулируемого привода УНВП внедряется система контроля объема откачиваемой жидкости. Наиболее распространенными системами контроля являются контроллеры с микропроцессором, работа которых основана на измерении нагрузки на полированный шток, величины тока электродвигателя, уровня вибрации и давления в забое скважины.

Опыт практической эксплуатации показывает, что использование контроллеров позволило на 20 % снизить расход энергии, на 25 % уменьшить число аварий и увеличить добычу нефти на 4 %.

В этой главе приведены также результаты экспериментальных исследований: при питании двигателя током номинальной частоты и током пониженной частоты, при снижении числа циклов в минуту, при вторичном уменьшении числа оборотов в минуту до 6,6.

Усовершенствованный поверхностный привод винтовой насосной установки типа УНВП в достаточном объеме прошел испытания на битумных скважинах в ОНГДУ "Татнефтебитум".

Винтовая насосная установка типа УНВП-600/20 введена в эксплуатацию с 17.11.99г. на опытной скважине № 131-В, где и продолжается ее использование.

В пятой главе Разработан метод расчета и математическая модель для определения граничащих значений параметров УНВП в установившихся и переходных процессах. Метод расчета базируется на уже известном способе вычислений и отличается от него тем, что математическая модель дополнена новыми элементами аналитических зависимостей, учитывающих специфику изменения динамики нагрузки электропривода.

Исследованы режимы работы привода УНВП в установившихся и

переходных процессах.

Выполнено математическое моделирование и определены граничащие параметры ЭПКДС, обеспечивающие устойчивый режим работы АД и гарантированный процесс самозапуска. Получены графики зависимостей в функции времени в режиме холостого хода и в режиме нагрузки. Установлены следующие зависимости: зависимости пускового и установившегося момента; зависимости пускового и установившегося тока; зависимости круговой частоты вращения.

Из графиков зависимостей, приведенных в диссертации, видно, что подключение установки продольной компенсации с параметрами схемы замещения равными 0,01 о.е. и 0.02 о.е, существенно улучшает процесс пуска асинхронного электродвигателя УНВП. Сокращается время пуска: в первом случае - с 20 секунд до 15,61 секунды и во втором случае - до 14,33 секунд.

Для достижения таких результатов необходим процесс быстрого полупериодного управления режимом напряжения и электропотребления. Эта задача решена путем совершенствования схемы электроснабжения и технических средств по компенсации потерь напряжения.

Усовершенствована существующая схема электроснабжения ЭПКДС (рис.6) путем внедрения индивидуальных установок компенсации реактивной мощности и установок компенсации потерь напряжения в линии и электрооборудовании, а также даны конкретные рекомендации по усовершенствованию режима напряжения и электропотребления путем внедрения автоматической стабилизации рационального уровня напряжения в центре питания (ЦП).

Экспериментальные данные суточного графика напряжения с совмещением теоретического режима работы системы БАР-РПН (БАР-блок автоматического регулирования, устройство регулирования напряжения под нагрузкой - РПН) по автоматической стабилизации рационального уровня напряжения приведены в диссертации.

В данной главе диссертационной работе также представлены

экспериментальные данные суточных графиков напряжения с совмещением свободного режима напряжения и при автоматической стабилизации рационального уровня напряжения.

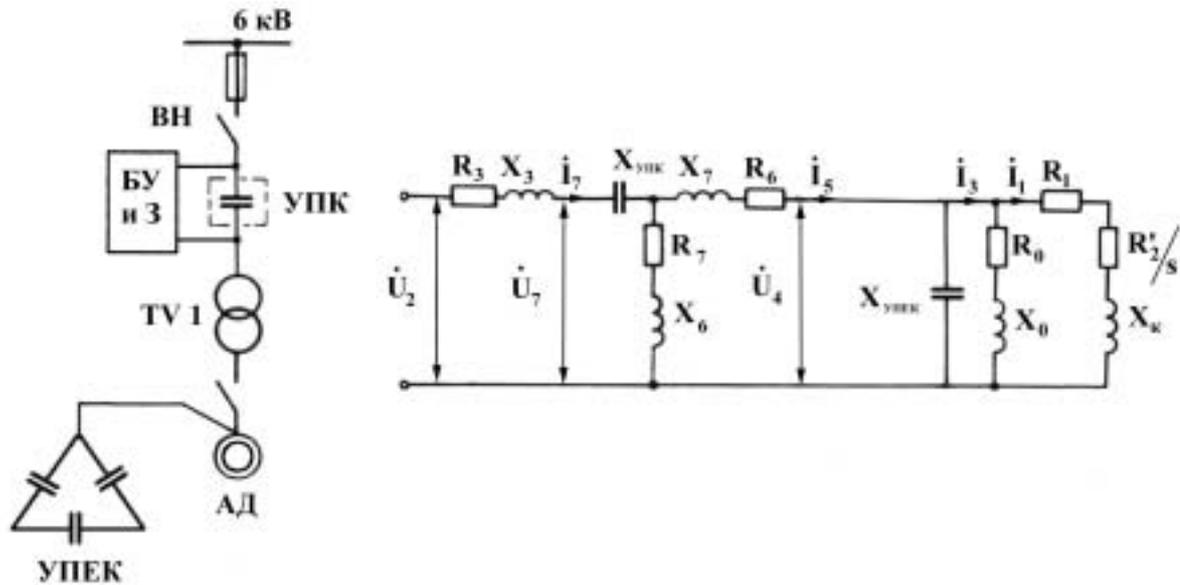


Рис.6. Принципиальная однолинейная схема электроснабжения ЭПКДС (энергосберегающего приводного комплекса добывающей скважины) и схема ее замещения.

Принципиальная однолинейная схема электроснабжения усовершенствованного ЭПКДС приведена на рис.6, который включает в себя традиционную схему электроснабжения, индивидуальный трансформатор (TV1), винтовую насосную установку с поверхностным приводом (УНВП) с асинхронным электродвигателем (АД), станцию управления, установку продольной компенсации (УПК) с блоком управления и защитой (БУ и З) и установку поперечной компенсации (УПЕК).

Модернизированы и внедрены индивидуальные технические средства для компенсации реактивной мощности - УПЕК и потерь напряжения - УПК.

В диссертационной работе приведена осциллограмма промышленного эксперимента с сформированными пусковыми характеристиками асинхронного электродвигателя, подтверждающая теоретические выкладки по математическому моделированию процесса пуска с компенсирующими установками, где представлены: $I(t)$; $U(t)$ - мгновенные значения тока и напряжения; $Q(t)$; $P(t)$ - мгновенные значения реактивной и активной

мощности; $\Delta P(t)$ - мгновенные значения изменяющихся потерь активной мощности. Автором разработана также экспериментальная установка энергосберегающего приводного комплекса добывающей скважины, включающая в себя винтовую насосную установку с поверхностным приводом, технические средства компенсации реактивной мощности и потерь напряжения, режимы работы которых обеспечивают все положительные результаты экспериментальных исследований процесса самозапуска асинхронного электродвигателя,.

В результате анализа массива данных, полученных путем математического моделирования процесса пуска электродвигателя УНВП в режиме нагрузки, с учетом и без учета УПК, выявлено, что при всех теоретических диапазонах изменения варьируемых параметров пуск электродвигателя осуществляется без аномальных режимов. Это подтверждает правильность выбора режимных параметров УНВП, граничащих с параметрами УПК.

В данной главе получены обобщенные графики зависимостей времени пуска УНВП в функции от момента сопротивления (m_c) и механической постоянной времени T_m (в синхронных секундах). Эти графики зависимостей имеют нелинейный характер.

В процессе исследований выполнен расчет ожидаемого годового экономического эффекта при сравнении конкурирующих вариантов ШСНУ и винтовой насосной установки с поверхностным приводом. Кроме того, в диссертационной работе приведена таблица сравнения технико-экономических и энергетических показателей при добыче высоковязкой нефти с использованием ШСНУ и УНВП.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Обоснованы принципы проектирования энергосберегающих приводных комплексов, исходя из условий эксплуатации нефтепромыслового оборудования при добыче высоковязкой нефти без специальных технологических мероприятий по снижению свойств скважинных флюидов.

2. Результатами аналитических исследований показано, что энергоемкость добычи нефти при использовании технологии с вращательным движением штанговой колонны по сравнению с технологией, предполагающей возвратно-поступательный принцип подъема жидкости из скважины в идентичных условиях существенно ниже. Расчеты показывают, что номинальная мощность привода для винтовых насосных установок должны быть в два раза меньше мощности двигателя штанговой скважинной насосной установки.

3. Разработан регулируемый энергосберегающий приводной комплекс для штанговых скважинных насосных установок, позволяющий регулировать подачу насоса по условиям добычных возможностей скважины.

4. Экспериментальными исследованиями в лабораторных и промышленных условиях установлена возможность снижения энергоемкости привода за счет уменьшения пусковых моментов и установки в приводном комплексе компенсаторов потерь напряжения.

5. Опытная эксплуатация винтовой насосной установки с разработанным регулируемым энергосберегающим приводом показала, что можно снизить энергозатраты на добычу нефти не менее, чем на 30 %.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Афанасьев Н.В., Нурбосынов Д.Н. Исследование самозапуска погружного электродвигателя // Нефть Татарстана. – 1999, № (3-4), - с. 56-58.

2. Афанасьев Н.В., Чернявская И.А., Нурбосынов Д.Н. Совершенствование режима напряжения и электропотребления в условиях предприятий нефтедобычи // Нефть Татарстана. – 1999, № (1-2), - с. 64-67.

3. Карпов Н.Л.; Султанов Б.З., Афанасьев Н.В. Исследование винтового насоса на лабораторной установке. // Тезисы докладов научно-технической конференции. / Научные проблемы Западно-Сибирского региона: гуманитарные, естественные и технические аспекты. - Тюмень: -1999, - с. 215 – 216.

4. Афанасьев Н.В. Выбор мощности электродвигателя для привода

винтовой насосной установки. Тезисы доклада. / Проблемы повышения нефтедобычи.- Октябрьский, издательство УГНТУ, 2000.

5. Афанасьев Н.В. Защита электропривода насосных установок от перегрузки. // Тезисы докладов V межвузовской научно-методической конференции. / Проблемы нефтедобычи Волго-Уральского региона. - Уфа: 2000, - с. 111-112.

6. Карпов Н.Л., Султанов Б.З., Афанасьев Н.В. Крутильные автоколебания штанговой колоны при эксплуатации винтовой насосной установки с поверхностным приводом. // Сборник научных трудов. / Опыт, проблемы и перспективы внедрения методов виброакустического контроля и диагностики машин и агрегатов. Научно - практический семинар. - Октябрьский: - 2000, - с. 136-137.

7. Султанов Б.З., Зубаиров С.Г., Афанасьев Н.В. Штанговая насосная установка с регулируемым приводом. // Прогрессивные технологии в добыче нефти: Сборник научных трудов. / Редкол: Шаммазов А.М. и др. Уфа: Издательство УГНТУ, 2000, с. 76-86.

8. Султанов Б.З., Зубаиров С.Г., Афанасьев Н.В. Экспериментальное определение рабочих параметров одновинтового насоса на лабораторном стенде. // Прогрессивные технологии в добыче нефти: Сборник научных трудов. / Редкол: Шаммазов А.М. и др. Уфа: Издательство УГНТУ, 2000, с.156-162.

9. Султанов Б.З., Афанасьев Н.В. Система защиты скважинной насосной установки. / Проблемы Восточно-Уральской нефтегазовой провинции: тезисы докладов международной научно-практической конференции. – Уфа: Издательство УГНТУ, 2001, - с. 55.

ДИССЕРТАНТУ ПРИНАДЛЕЖАТ:

в публикациях 2, 3, 6, 7, 8, – идеи разработок, постановка задач, разработка методик, разработка схемных решений, анализ результатов работ, доля автора в каждой публикации составляет 33%;

в публикациях 1, 9 – обоснование разработок, организация и разработка

технического задания, анализ результатов работ, доля автора в каждой публикации составляет 50%;

в публикациях 4, 5, – разработка концепции, выбор исходных данных для моделирования, анализ результатов моделирования, проведение исследований и анализ результатов исследования, организация и разработка технического задания, разработка схемных решений, организация внедрения новых технических средств, доля автора в каждой публикации составляет 100%.

Соискатель

Н.В. Афанасьев