

Бестрансмиссионный энергоэффективный привод редуктора СК

*Гинзбург М.Я., Егнус А.Е., к.т.н., Павленко В.И., к.т.н., Усачёв О.И.
ООО «РИТЭК-ИТЦ»*



Несмотря на многообразие конструктивных решений приводов штанговых скважинных насосных установок (с реечным, винтовым, гидропневматическим и др. приводами), основным типом привода уже многие десятилетия остаётся балансирный привод с механической трансмиссией. За последние годы никаких существенных конструктивных усовершенствований этого привода не было.

Основным направлением повышения эффективности эксплуатации установок скважинных штанговых насосных установок (УШГН) является их оснащение регулируемым приводом с алгоритмами управления, обеспечивающими оптимизацию режима отбора скважинной продукции.

Рынок представлен широким набором решений, обеспечивающих управление приводом УШГН. Только российские разработчики и производители сегодня предлагают более десяти моделей станций управления, «отличающиеся по способам обработки данных, алгоритмам откачки, отображению параметров работы и другим критериям» [1].

Однако, следует отметить, что алгоритмы интеллектуального управления асинхронным приводом станка-качалки (СК) не могут быть реализованы в полном объёме и с максимальным эффектом, так как асинхронный электродвигатель (АД) не относится к типу электрических машин, имеющих широкие регулировочные возможности. Кроме того, КПД серийного АД существенно снижается при режиме недогрузки, характерном для УШГН.

Более эффективное по энергопотреблению и управлению приводами различного оборудования обеспечивают вентильные электродвигатели с постоянными магнитами в роторе, которые представляют собой интегрированную систему регулируемого электропривода, одновременно осуществляющую и преобразование энергии, и управление преобразователем энергии. Как считает специалист по электроприводам – доктор технических наук, профессор Петер Ф. Брош (факультет

электротехники и информационных технологий Высшей школы прикладных наук и искусств г. Ганновер), «Асинхронный двигатель до сих пор остается «рабочей лошадкой» приводостроения. Однако в области приводов с изменяемым числом оборотов все большую конкуренцию ему составляет синхронный двигатель с постоянными магнитами. Такой двигатель имеет больший КПД, а также дает выигрыш по потреблению энергии, так как при использовании постоянного магнита отпадает необходимость в намагничивающем токе. **В перспективе асинхронные двигатели будут заменены синхронными двигателями с постоянными магнитами с электронной коммутацией во всех областях применения, где скорость вращения регулируется частотным преобразователем» [2].**

Высокие энергетические и регулировочные характеристики вентильных приводов позволили специалистам ООО «РИТЭК-ИТЦ» в рамках корпоративного проекта ОАО «ЛУКОЙЛ», создать на их основе приводы установок погружных центробежных и винтовых насосов, которые признаны мировым нефтяным сообществом в качестве эффективного нефтяного оборудования [3].

Замена в УШГН асинхронных электродвигателей на вентильные позволяет более эффективно реализовать современные алгоритмы управления процессом добычи нефти этим оборудованием [4], [5]. Однако эффективность управления, даже при использовании в составе привода СК вентильного электродвигателя, не может быть реализована в полной мере при сохранении в качестве элемента привода клиноременной передачи (рис.1а), которая не только снижает его КПД, но и из-за возможного проскальзывания нарушает синхронизацию системы управления и исполнительного механизма. Сохраняются также затраты, обусловленные простоями во время ремонтов и обслуживания клиноременной передачи.

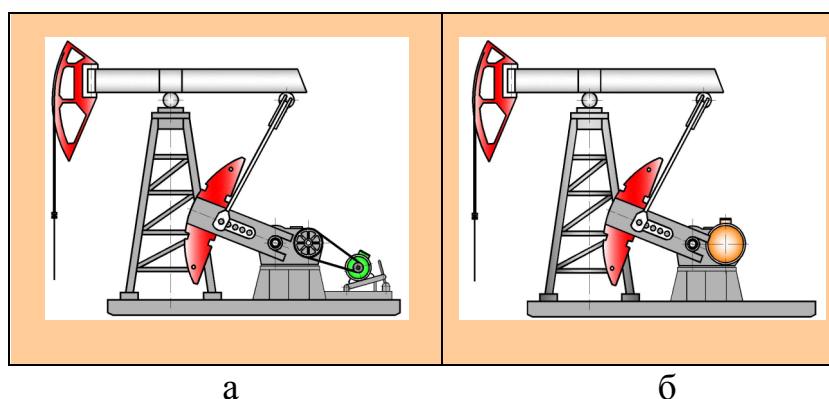


Рис.1 Станок-качалка
а - с традиционной клиноременной передачей,
б – с соосно установленным электродвигателем

Таким образом, проблемы, обусловленные сохранением в составе приводов СК стандартного АД и клиноременной передачи, следует отнести к недостаткам предлагаемых сегодня технических решений в области совершенствования их функциональных, ресурсных и энергетических характеристик.

Специалисты ООО «РИТЭК-ИТЦ» не согласились с пессимистической оценкой «перспектив конструктивных улучшений» приводов СК [6], получив патенты на полезную модель «Привод станка-качалки» [7],[8], «отличающийся тем, что ротор приводного электродвигателя установлен соосно и механически соединён с входным валом механического редуктора, а статор и корпус приводного электродвигателя механически соединены с корпусом механического редуктора», при этом «приводной электродвигатель выполнен в виде вентильной электрической машины с возбуждением от постоянных магнитов» (рис.1б).

Возможность обеспечения больших моментов при малых скоростях вращения и высокая удельная мощность позволили создать двигатель в виде цилиндра с малой высотой, который размещён в пространстве между корпусом редуктора и вращающимися кривошипами и установить его непосредственно на входной вал редуктора станка-качалки (рис.2).

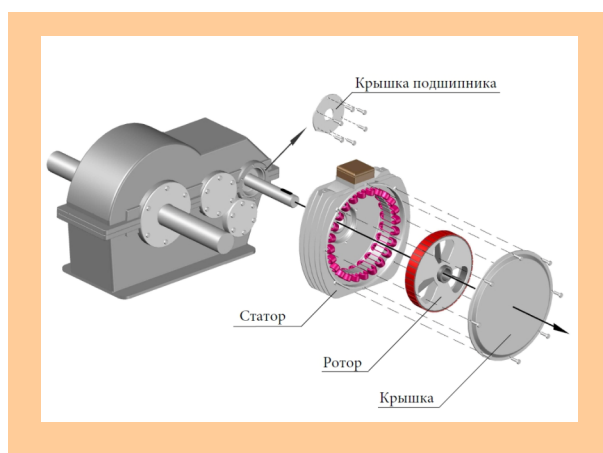


Рис.2 Основные элементы двигателя и схема его установки на редукторе

При проектировании двигателя учитывались следующие ограничения:

- двигатель должен быть установлен на посадочное место крышки подшипника входного вала редуктора и его длина должна вписаться в пространство между редуктором и кривошипом СК;

- двигатель должен представлять собой закрытую машину с естественным охлаждением без наружного вентилятора.

Способ охлаждения 1С0041 по ГОСТ 20459-87 «МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ. МЕТОДЫ ОХЛАЖДЕНИЯ. ОБОЗНАЧЕНИЯ».

С учетом отсутствия принудительного охлаждения – нагревостойкость изоляции обмотки был повышена с класса «F», применяемой в асинхронных электродвигателях для станков-качалок, на класс «H» (180⁰С).

Требования по условиям эксплуатации - аналогичные с требованиями к асинхронным электродвигателям для станков-качалок.

Технические характеристики разработанного низкооборотного вентильного электродвигателя ВДПМ-СК-22В представлены в табл.1.

Технические характеристики двигателя ВДПМ-СК-22В

Таблица 1

№	Показатель	Величина
1	Номинальные значения при частоте вращения 450 об/мин	
1.1	Мощность, кВт	22
1.2	Момент, Нм	470
1.3	Напряжение, В	296
1.4	Ток, А	48,5
1.5	КПД, %	91
1.6	cosφ	
2	Диапазон регулирования частоты вращения, об/мин	86-450
3	Габариты	
3.1	Диаметр, мм	770
3.2	Длина, мм	300
4	Масса, кг	295

Условное обозначение двигателя:

ВДПМ – вентильный двигатель с постоянными магнитами;

СК – станок-качалка;

22 – мощность, кВт (при частоте вращения 450 об/мин);

В – встроенный.

Испытания электродвигателя проводились на специальном стенде (рис.3) по «Программе и методике испытаний опытного образца электродвигателя с постоянными магнитами для станка-качалки», разработанной в соответствии с требованиями ГОСТ 11828-86 «Машины электрические вращающиеся Общие методы испытаний» и ГОСТ 7217-87 «Машины электрические вращающиеся ДВИГАТЕЛИ АСИНХРОННЫЕ Методы испытаний»

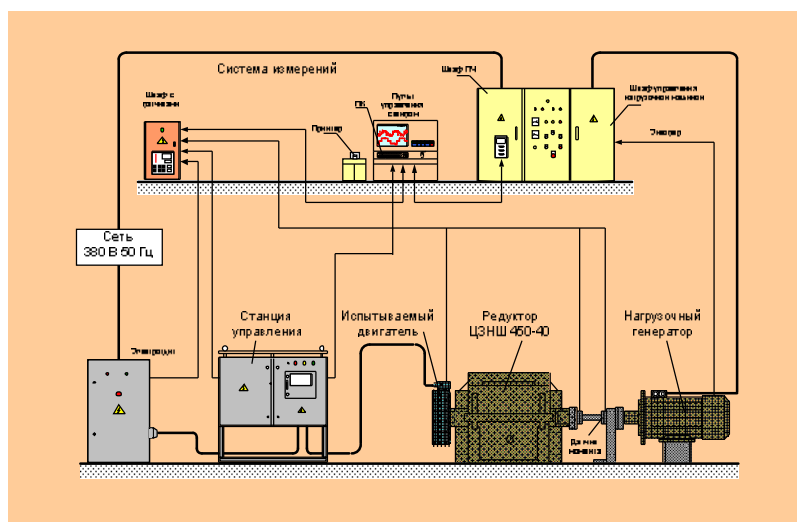


Рис.3 Стенд испытаний двигателя ВДПМ-СК-22В

Нагрузочный ступень станда (рис.4) состоит из:

- опорной плиты, с установленным на нём редуктором ЦЗНШ-450-40 на входной вал которого монтируется испытуемый двигатель;
- нагрузочного устройства ЭЛДИН А280М8НФ5;
- вала трансмиссии с компенсационной муфтой для передачи момента от нагрузочного устройства через входной вал редуктора на испытуемый двигатель;
- датчика момента М40-1к, установленного в муфте.

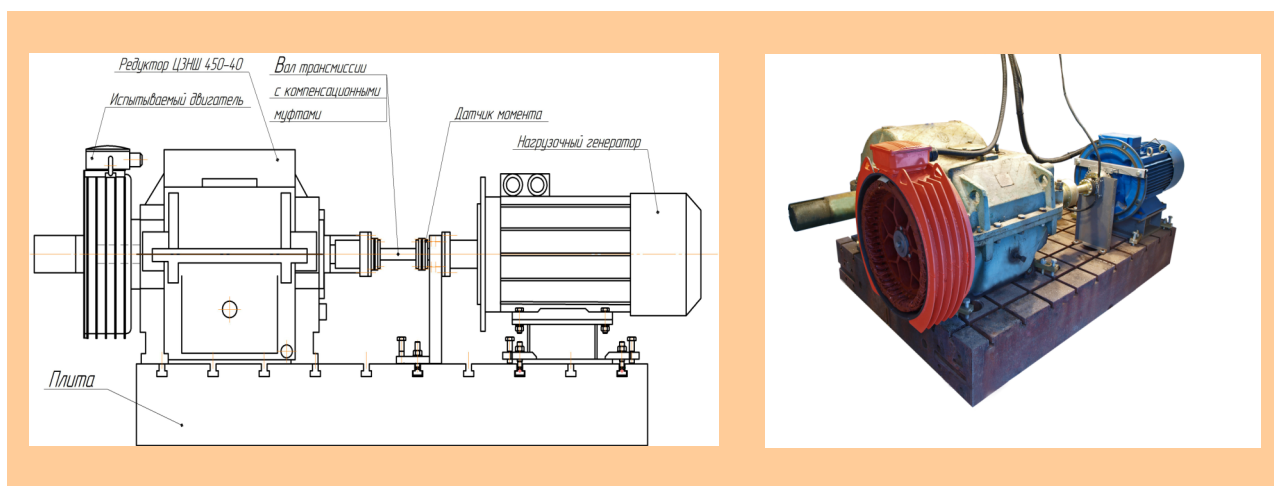


Рис.4 Нагрузочный ступень станда испытаний вентильного электродвигателя ВДПМ-СК-22В

Нагрузочное устройство станда, включающее в себя асинхронный генератор, управляемый преобразователем, обеспечивает рекуперацию энергии в сеть, а также различные режимы нагрузки испытываемого двигателя, в том числе циклические (с заданным законом изменения момента), характерные для привода СК.

Измерительная часть станда обеспечивает контроль параметров испытаний, их визуализацию, протоколирование и хранение полученных результатов в памяти компьютера, осциллографирование напряжения, токов и моментов, а также математическую обработку измеряемых величин. Измерение электрических параметров проводится с точностью не ниже 0,5%. Тепловые испытания - измерение температуры обмотки, ротора и корпуса - проводились при двух режимах работы: S1 и циклическом S8 при номинальных моментах и минимальной и максимальной частоте вращения (рис.5).

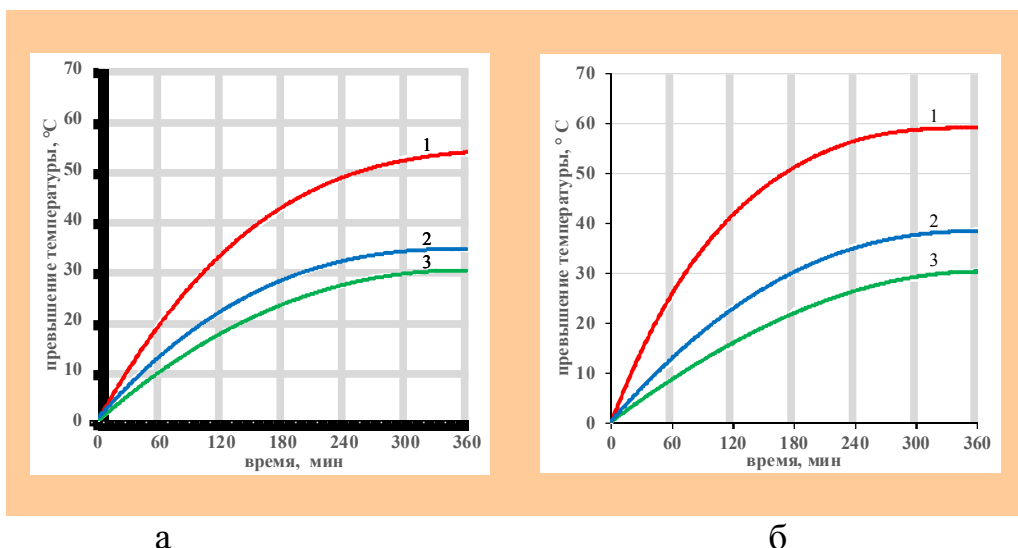


Рис.5 Превышение температуры, обмоток -1, ротора -2 и корпуса - 3
а - при режиме работы S1, б – при циклическом режиме S8

Максимальный перегрев обмотки статора относительно температуры окружающей среды составил 60°C в режиме циклической нагрузки на нижней границе скоростного диапазона. Учитывая, что температурный класс обмотки соответствует 180°C , массогабаритные характеристики двигателя могут быть оптимизированы.

На рис 6 приведены рабочие характеристики двигателя ВДПМ - СК-22В.

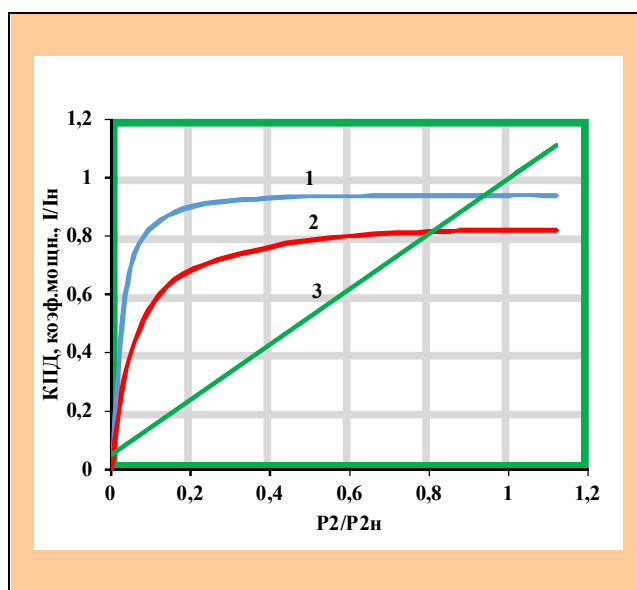


Рис.6 Рабочие характеристики двигателя
ВДПМ-СК-22В при $n_n = 450$ об/мин.
1- КПД, 2 - коэф. мощности, 3 –ток I/I_n ,

Промысловые испытания привода проводились на скважине № 318 Ярино-Каменноложского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» в марте 2014 года.

Комплектация стандартного и испытуемого приводов представлена в табл.2.

Комплектация стандартного и испытуемого приводов

Таблица 2

Объект испытаний	
Станок-качалка СКДР8-3-III с редуктором ЦЗНШ-450-40(90)	
Комплектация до испытаний	Комплектация с новым типом привода
Электродвигатель	
Двигатель асинхронный АИР 180S4 (N = 22 кВт, n = 1460 об/мин)	Вентильный электродвигатель ВДПМ-СК-22В
Трансмиссия от двигателя к редуктору станка-качалки	
защитное ограждение, сменные шкивы, клиноременная передача	нет
Аппаратура управления	
Блок управления БУС-4	Станции управления SALT-ВД (ООО «Темп-Электро», г. Пермь)

Программа испытаний предусматривала два этапа:

На первом этапе предусмотрено:

1. Сбор и систематизация данных измерений, характеризующих работу СК с приводом серийной комплектации для создания базы для сравнения (табл.3).

Параметры работы УШГН на скв. № 318 со стандартным
приводом СК

Таблица 3

Параметры	Показатель
Частота качаний, кач/мин	5,4
Подача, м ³ /сут	11,4
Расход электроэнергии, кВт.час/сут	157,8
Удельный расход электроэнергии, кВт.час/м ³	13,8

2. Проверка конструктивных параметров и технологичности монтажных операций (рис.7).

				
1. Снять крышку со стороны входного вала редуктора	2. Установить и закрепить на редукторе статор двигателя	3. Установить на входной вал редуктора ротор двигателя	4. Закрепить ротор на входном валу редуктора	5. Двигатель на редуктор установлен (крышка снята)

Рис.7 Последовательность монтажа бестрансмиссионного привода редуктора станка-качалки

Фактическое время монтажа (со всеми подготовительными операциями) составило 55 мин.

3. Проверка энергетических и функциональных характеристик нового привода, снятие динамограмм, измерение суточного дебита и энергопотребления, обеспечение режимов запуска, регулирование частоты качания в ручном и автоматическом режимах, проверка влияния внутрициклового изменения частоты вращения на пиковые значения усилий в механических узлах СК.

Снижение удельного энергопотребления при замене в СК асинхронного привода на вентильный составляет 16,7% (табл.4.).

Снижение удельного энергопотребления при замене в СК
асинхронного привода на вентильный ВДПМ - СК-22В

Таблица 4

Показатель	Комплектация УШГН	
	Стандартный асинхронный привод	Привод на основе электродвигателя ВДПМ - СК-22В
Частота качаний, 1/мин	5,4	5,4
Подача, м ³ /сут	11,4	11,1
Энергопотребление, кВт.час/сут	157,8	127,9
Снижение удельного энергопотребления		
кВт.час/м³	-	2,3
%	-	16,7

Проведённые испытания, подтвердили работоспособность заложенных в системе управления интеллектуальных алгоритмов, автоматически оптимизирующих параметры отбора скважинной продукции и снижающих пиковые значения усилий в механических узлах СК. Отработка таких режимов запланирована на **второй этап испытаний**, который будет завершён до конца 2014 года.

Созданный специалистами ООО «РИТЭК-ИТЦ» бестрансмиссионный привод редуктора станка-качалки обеспечивает снижение энергопотребления, трудоёмкости обслуживания и повышение эффективности управления процессом добычи нефти УШГН.

Создание такого привода – это первая реализация в нефтяном машиностроении России актуальной сегодня мировой тенденции перехода на прямой привод, создаваемый на базе синхронных электродвигателей с постоянными магнитами.

Мы выражаем благодарность руководству и коллективу ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь», которые поддерживали эту разработку в течении ряда лет.

В разработке и испытаниях привода участвовали ОАО «НИПТИЭМ», г. Владимир и ООО «Темп-Электро», г. Пермь.

Литература

1. Ковшов В.Д., Латыпов А.Ф., Светлакова С.В. Обзор современных станций управления ШГН отечественного производства, ж. Инженерная практика, № 10, 2011.
2. Конструктор-машиностроитель, №1, 2010.
3. DRAFT INTERNATIONAL STANDARD ISO/DIS 15551-1 1, 2013-08-29
Electric submersible pump systems for artificial lift.
4. Ивановский В.Н., Садчиков Н.В., Улюмджиев А.С. К вопросу оптимизации закона движения выходного звена привода скважинной насосной установки ж. Территория Нефтегаз, № 5, 2012.
5. Артыкаева Э.М. Повышение энергоэффективности нефтедобывающих станков-качалок нефти с применением вентильных электродвигателей вращательного движения
http://www.rusnauka.com/17_AND_2011/Tecnic/5_89609.doc.htm.
6. Молчанов А.Г. Пути дальнейшего совершенствования штанговых скважинных насосных установок. ж. Бурение и нефть, № 2, 2014.
- 7 Патент на полезную модель № 33181, 24. 96. 2003.
- 8 Патент на полезную модель № 119409, 24.01. 2012.

Пещанская Елена <eap@ngv.ru>