



БЕСТРАНСМИССИОННЫЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ПРИВОД РЕДУКТОРА СТАНКА-КАЧАЛКИ

ПАВЛЕНКО Владимир Иванович
Генеральный директор ООО «РИТЭК-ИТЦ», к.т.н.

ГИНЗБУРГ Матвей Яковлевич
Заместитель генерального директора
ООО «РИТЭК-ИТЦ»



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

На рынке представлен широкий набор решений, обеспечивающих управление приводом УШГН. Только российские разработчики и производители сегодня предлагают более десяти моделей станций управления, «отличающихся 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 объеме и с максимальным эффектом, так как асинхронный электродвигатель (АД) не относится к типу электрических машин с широкими регулировочными возможностями. Кроме того, КПД серийного АД существенно снижается при режиме недогрузки, характерном для УШГН.

Более высокую эффективность с точки зрения энергопотребления и управления при эксплуатации 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. Однако в полной мере реализовать названные преимущества можно, лишь исключив заложенную в конструкцию СК клиноремennую передачу. Специалистам ООО «РИТЭК-ИТЦ» совместно с партнерами удалось разработать и успешно испытать бестрансмиссионную конструкцию СК с вентильным приводом.

Несмотря на многообразие конструктивных решений для приводов штанговых скважинных насосных установок (с реечным, винтовым, гидropневматиче-

ским и др. приводами), основным типом привода уже многие десятилетия остается балансирный привод с механической трансмиссией. За последние годы никаких существенных конструктивных усовершенствований этого привода не было.

Как считает специалист по электроприводам д.т.н., профессор факультета электротехники и информационных технологий Высшей школы прикладных наук и искусств г. Ганновер Петер Ф. Брош, «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. Двигатели данного типа отличаются более высоким КПД, а также дают 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, признанные мировым нефтяным сообществом в качестве эффективного нефтяного оборудования [3].

Замена в УШГН асинхронных электродвигателей на вентильные позволяет более эффективно реализовывать современные алгоритмы управления процессом добычи нефти посредством этого оборудования [4, 5]. Однако эффективность управления даже при использовании в составе привода СК вен-

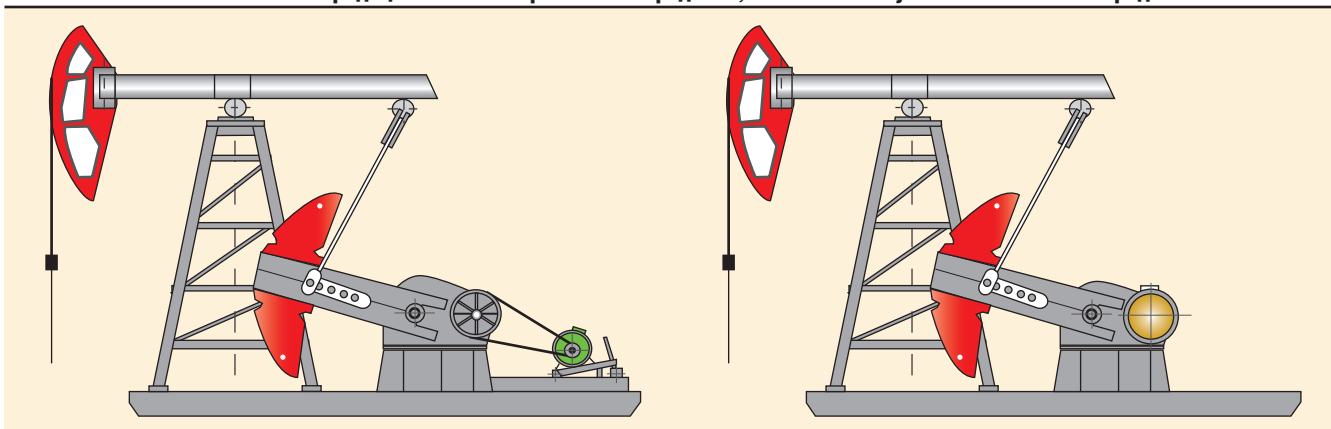


**ЕГНУС А.Е.**

Главный специалист ООО «РИТЭК-ИТЦ», к.т.н.

**УСАЧЕВ Олег Ильич**

Главный специалист ООО «РИТЭК-ИТЦ»

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

тильного 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.

Таким образом, проблемы, связанные с 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.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЕСТРАНСМИССИОННОГО ПРИВОДА

Специалисты ООО «РИТЭК-ИТЦ» не согласились с пессимистической оценкой «перспектив конструктивных улучшений» приводов СК [6], получив патенты на полезную модель «Привода станка-качалки» [7, 8], «отличающегося тем, что ротор приводного электродвигателя установлен соосно и механически соединен

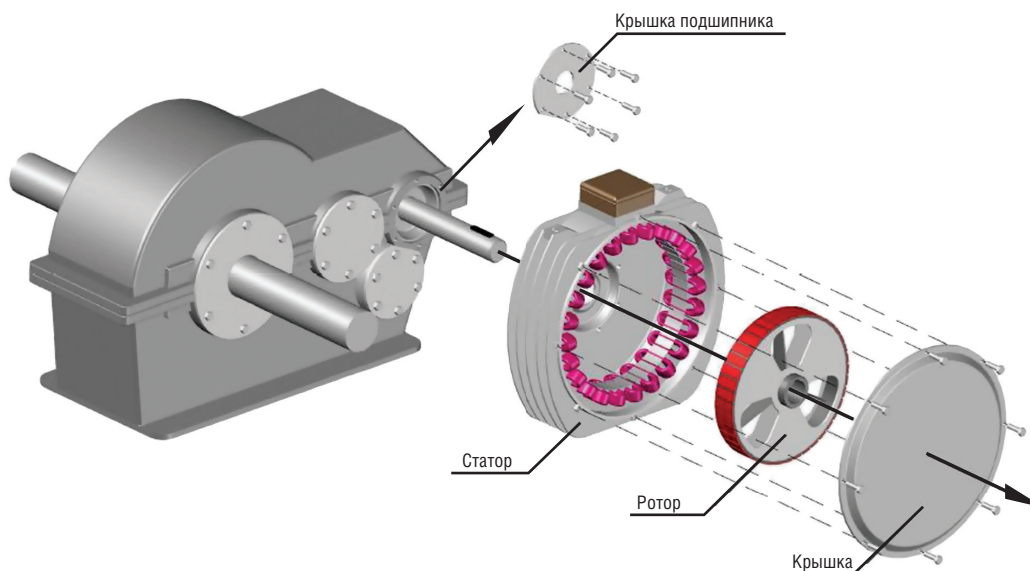
Рис. 2. Основные элементы двигателя и схема его установки на редукторе

Таблица 1

Технические характеристики двигателя ВДПМ-СК-22В

№	Показатель	Значение
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	0,977
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

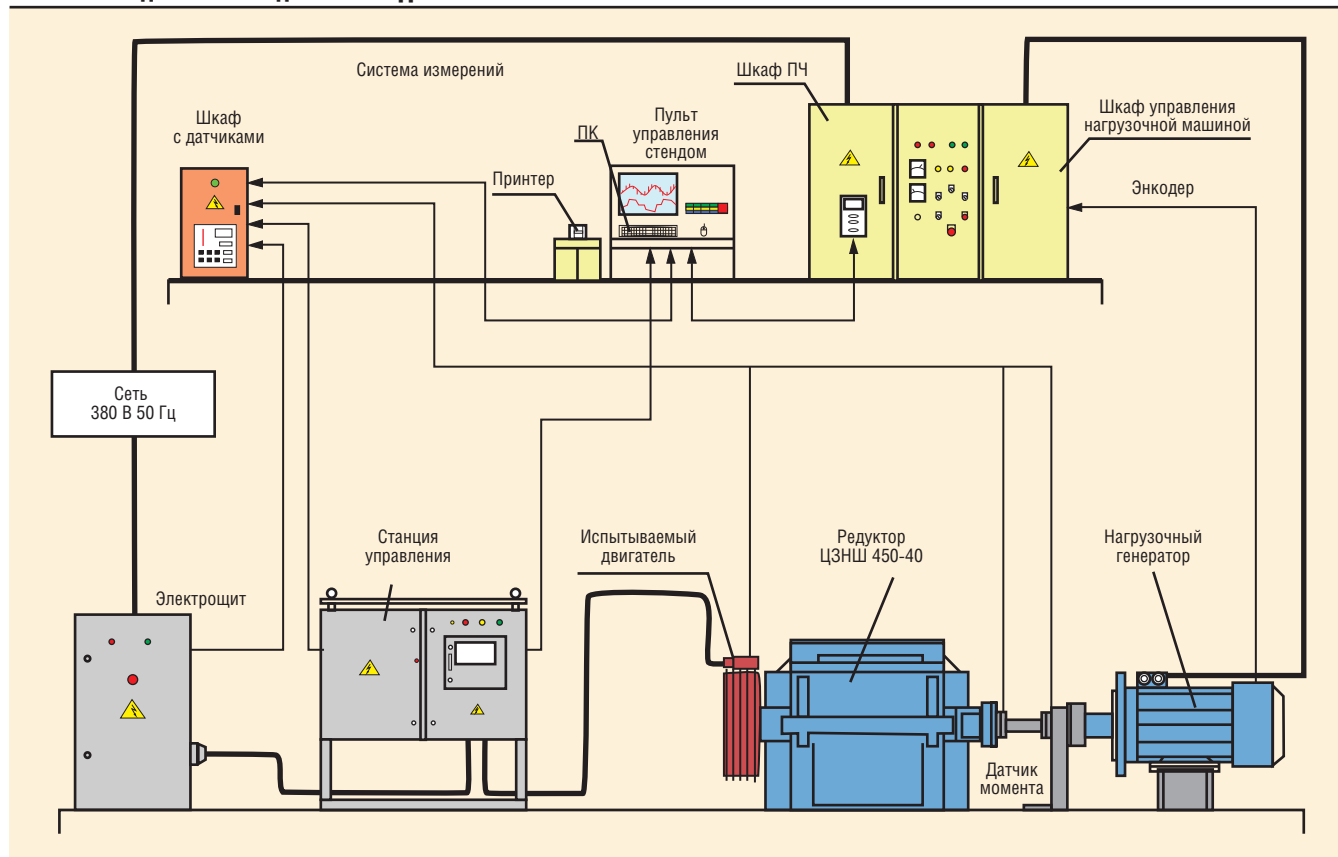
с входным валом механического редуктора, а статор и корпус приводного электродвигателя механически соединены с корпусом механического редуктора». При этом «приводной электродвигатель выполнен в виде вентильной электрической машины с возбуждением от постоянных магнитов» (рис. 16).

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

При проектировании двигателя учитывались следующие ограничения:

- двигатель должен быть установлен на посадочное место крышки подшипника входного вала редуктора, а его длина должна вписаться в пространство между редуктором и кривошипом СК;
- двигатель представляет собой закрытую машину с естественным охлаждением без наружного венти-

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



лятора и охлаждается методом 1С0041 по ГОСТ 20459-87 «Машины электрические вращающиеся. Методы охлаждения. Обозначения».

С учетом отсутствия принудительного охлаждения нагревостойкость изоляции обмотки была повышена с класса F, применяемого в асинхронных электродвигателях для станков-качалок, на класс H (180°С). В целом же требования к условиям эксплуатации аналогичны требованиям к АД для СК. Технические характеристики разработанного низкооборотного вентильного электродвигателя ВДПМ-СК-22В представлены в табл. 1.

ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

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»

- Нагрузочный стапель стенда (рис. 4) состоит из:
- опорной плиты с установленным на ней 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.

Таблица 2	
Комплектация стандартного и испытуемого приводов	
Объект испытаний	
Станок-качалка СКДР8-3-Ш 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)

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

Измерительная часть стенда 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%.

Рис. 4. Нагрузочный стапель стенда испытаний вентильного электродвигателя ВДПМ-СК-22В

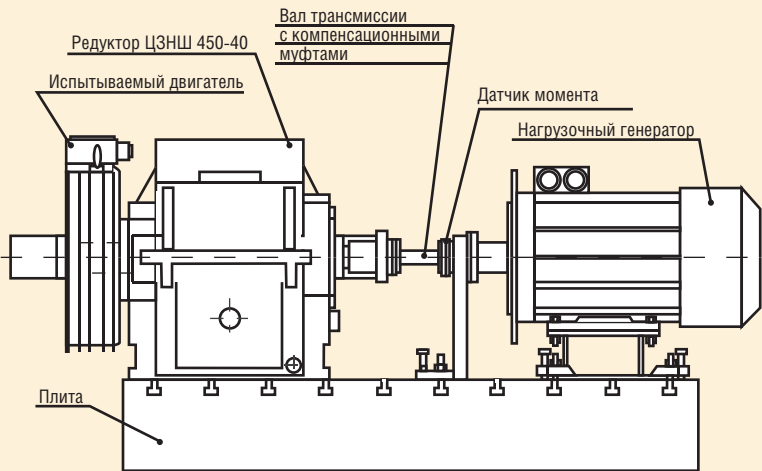


Рис. 5. Превышение температуры: 1- обмоток; 2 — ротора; 3 — корпуса, а — при режиме работы S1, б — при циклическом режиме S8

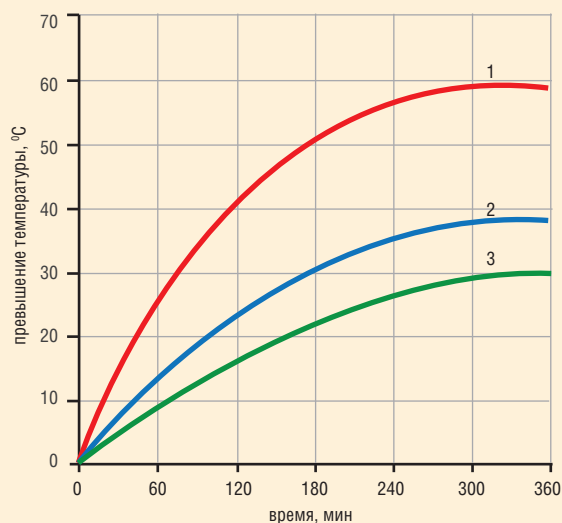
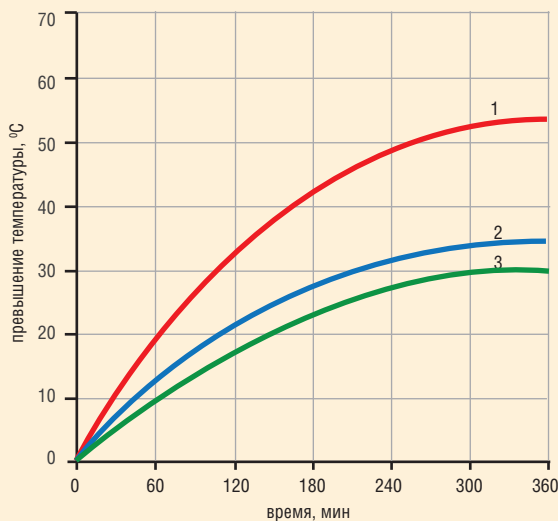
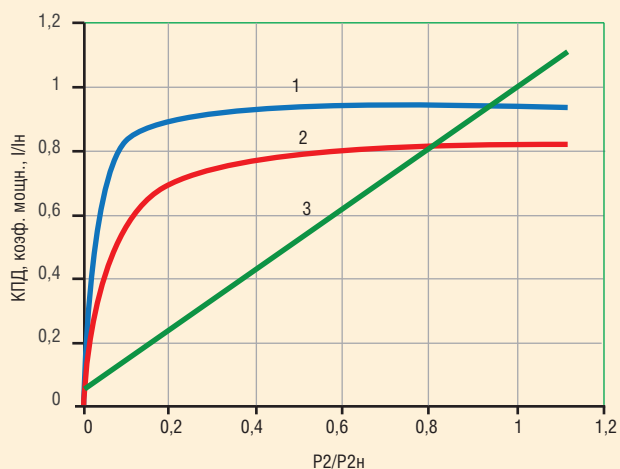


Таблица 3

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

Параметры	Значение
Частота качаний, мин ⁻¹	5,4
Подача, м ³ /сут	11,4
Расход электроэнергии, кВт-ч/сут	157,8
Удельный расход электроэнергии, кВт-ч/м ³	13,8

Рис. 6. Рабочие характеристики двигателя ВДПМ-СК-22В при $n_n = 450$ об/мин.: 1 — КПД; 2 — коэффициент мощности; 3 — ток I/In



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).

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

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

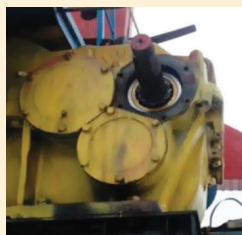
Промысловые испытания привода проводились на скважине № 318 Ярино-Каменноложского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» в марте 2014 года.

Комплектация стандартного и испытываемого приводов представлена в табл. 2.

Программа испытаний предусматривала два этапа. Первый этап предполагал сбор и систематизацию результатов измерений, характеризующих работу СК с приводом серийной комплектации, для создания базы для сравнения (табл. 3). На этом же этапе проводилась проверка конструктивных параметров и технологичности монтажных операций (рис. 7).

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

В программу первого этапа также входила проверка энергетических и функциональных характеристик нового привода, снятие динамограмм, измерение суточных дебита и энергопотребления, обеспечение режимов запуска, регулирование частоты

Рис.7 Последовательность монтажа бестрансмиссионного привода редуктора станка-качалки

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)

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 составила 16,7% (табл. 4).

Таким образом, результаты первого проведенного этапа испытаний подтвердили работоспособность заложенных в систему 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 завершен до конца 2014 года.

Созданный специалистами ООО «РИТЭК-ИТЦ» бестрансмиссионный привод редуктора станка-качалки обеспечивает снижение энергопотребления, трудоемкости 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.

Таблица 4		
Снижение удельного энергопотребления при замене в СК асинхронного привода на вентильный ВДПМ — СК-22В		
Показатель	Комплектация УШГН	
	Стандартный асинхронный привод	Привод на основе электродвигателя ВДПМ — СК-22В
Частота качаний, мин ⁻¹	5,4	5,4
Подача, м ³ /сут	11,4	11,1
Энергопотребление, кВт·ч/сут	157,8	127,9
Снижение удельного энергопотребления		
кВт·ч/м ³	-	2,3
%	-	16,7

Мы выражаем благодарность руководству и коллективу ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», которые поддерживали эту разработку в течение 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 // Инженерная практика, 2011, № 10.
2. Конструктор-машиностроитель, 2010, №1.
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 // Территория Нефтегаз, 2012, № 5.
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 // Бурение и нефть, 2014, № 2.
7. Патент на полезную модель № 33181, 24. 96. 2003.
8. Патент на полезную модель № 119409, 24.01. 2012.