

ОТЧЁТ

о проведении НИОКР по созданию электропривода маятникового типа для скважинных штанговых насосов

Введение. Научно-исследовательская работа по созданию привода СШН проводилась в соответствии с Госконтрактом «Инновационные технологии управления процессами направленного бурения скважин и нефтедобычи», заключенным между УГАТУ и Академией наук Республики Башкортостан на 2007-2008 г. Организация-соисполнитель – НПО «Уфанефтегазмаш».

В процессе выполнения Госконтракта проделана работа по разработке концепции экономичного привода, моделированию основных процессов в механической системе привода, созданию нескольких макетных образцов привода для проведения экспериментальных исследований. Разработан и изготовлен полноразмерный экспериментальный образец привода, который был представлен на международной выставке «Нефть, газ, технологии – 2007», проводимой в г. Уфе в мае 2007 г.

Проведённая работа дважды докладывалась на заседании Президиума Академии наук Республики Башкортостан и получила одобрение.

Кинематические модели привода, результаты машинного моделирования и испытания полноразмерного выставочного экземпляра привода позволили сформулировать главные технические требования к приводу и предложить принципиально новую концепцию механических процессов, осуществляемых в этой конструкции.

Главным отличительным свойством предложенной конструкции является использование маятникового принципа возвратно-поступательных движений, который не применяется в современной технике нигде, кроме часов, несмотря на обилие механизмов колебательного действия.

Учитывая, что маятниковый характер колебаний является самым экономичным с энергетической точки зрения, предлагается в качестве маятниковой схемы создания гармонических колебаний крутильный маятник

Максвелла, который при спуске насоса накапливает энергию, а при подъёме отдаёт её в систему силового привода.

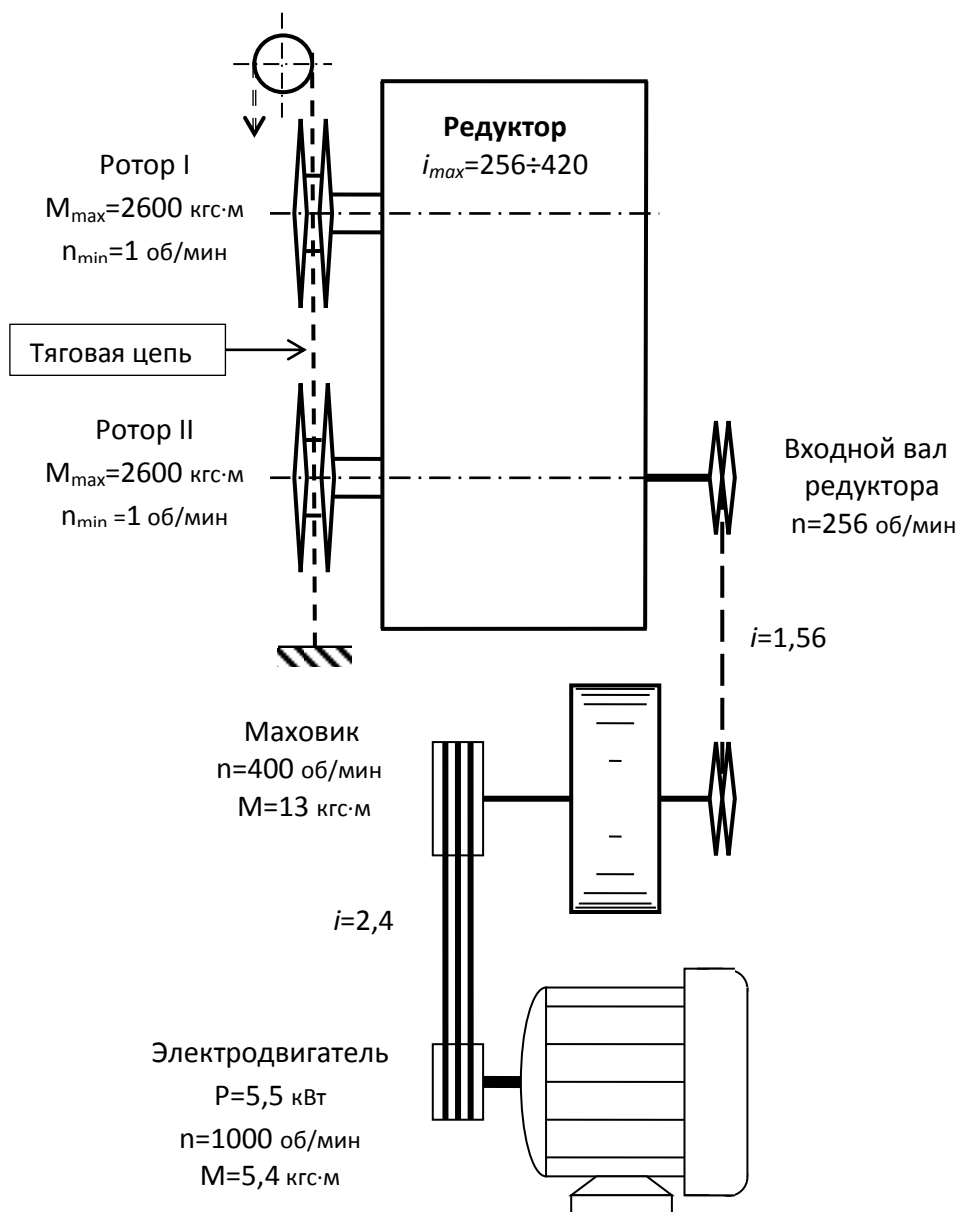
Цикл работы скважинного штангового насоса содержит первичный подъём полированного штока до верхней предельной высоты (3 или 6 метров), после чего электродвигатель отключается, а насос начинает спуск под действием гравитационных сил. Скорость спуска пропорциональна моменту инерции маховика и может регулироваться бесступенчато в широком диапазоне путём регулировки величины момента инерции с помощью раздвижных грузов. После того, как маховик отдаст всю накопленную энергию, включается электродвигатель и поднимает насос в верхнюю предельную точку, компенсируя тем самым энергетические потери в механической системе.

Такой режим работы позволяет уменьшить потребление энергии в 3÷5 раз.

Описание кинематики привода.

Привод представляет собой кинематическую цепь механических устройств, началом которой является электродвигатель, соединённый ремённой передачей с маховиком, после которого движение передаётся через цепную передачу редуктору. На выходе редуктора размещены два рабочих ротора, соединённых с тяговой втулочно-роликовой цепью, один конец которой прикреплен к полированному сальниковому штоку насосной установки СШН, а второй – закреплён неподвижно (рис. 1).

Редуктор в процессе рабочего хода выполняет двойную роль: при подъёме насоса он снижает скорость вращения и повышает крутящий момент, а при спуске насоса под действием гравитации, когда электродвигатель выключен, он выполняет роль мультипликатора, раскручивая маховик и запасая кинетическую энергию.



Число двойных ходов насоса, мин ⁻¹	Число оборотов выходных валов редуктора, об/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Скорость вращения электродвигателя, об/мин
0,5÷2	1	5,5	1000
2÷4	2	11	2000
4÷8	3	17	3000

Рис. 1. Кинематическая схема привода

Приведённая кинематическая схема позволяет организовать работу привода по маятниковому принципу, график работы приведён на рис. 2.

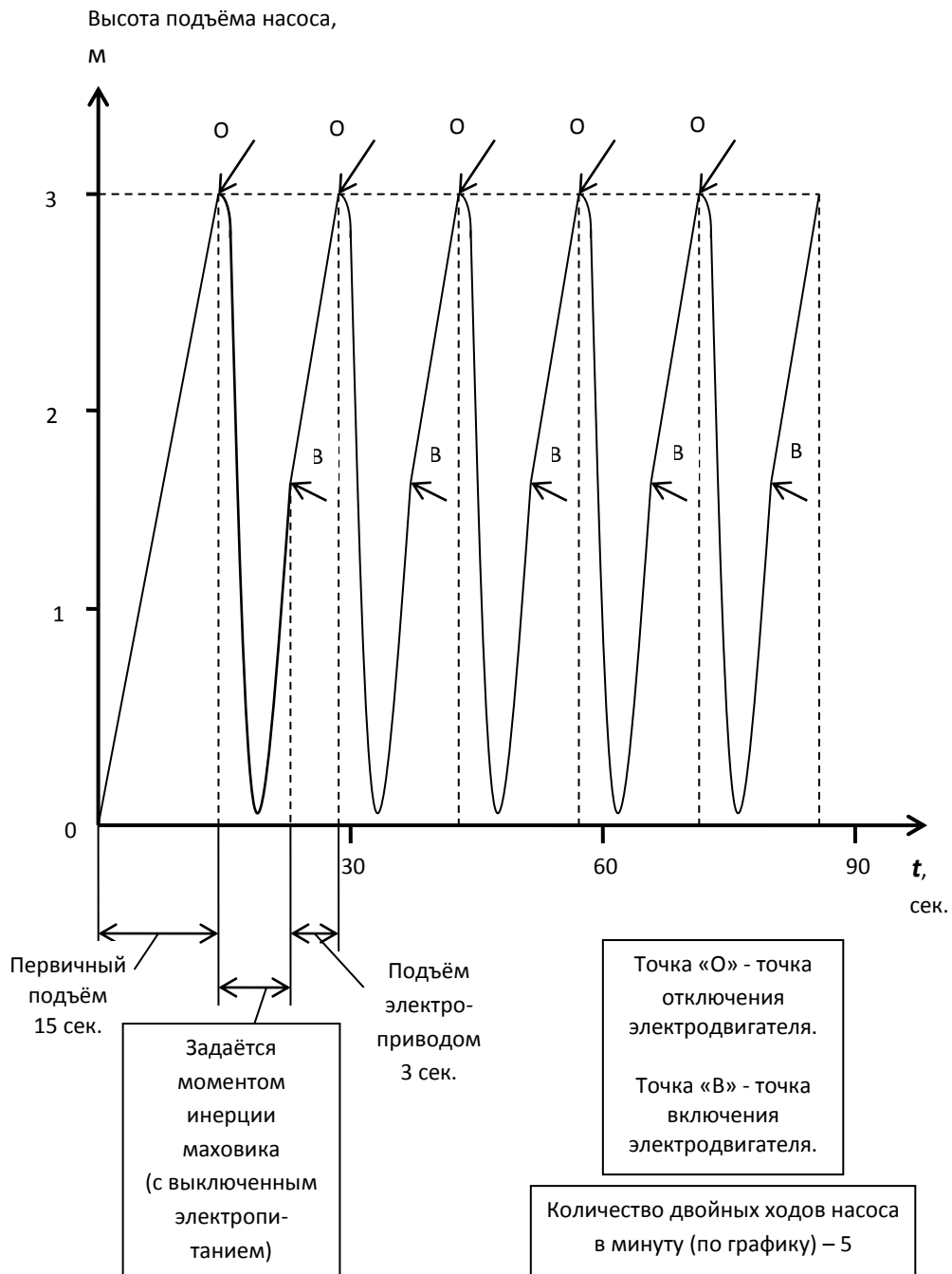
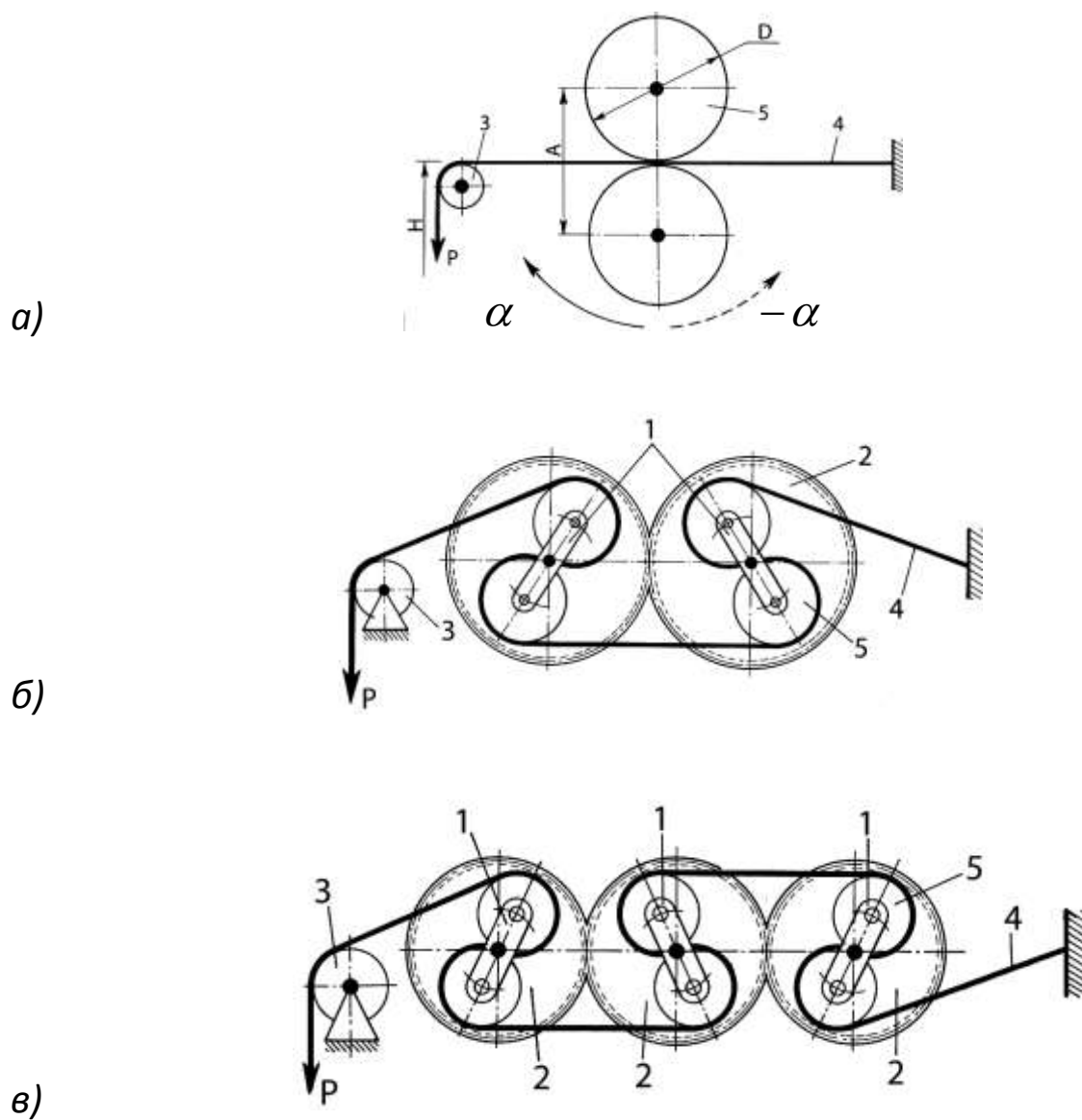


Рис. 2. График работы маятникового привода

В процессе проведения НИОКР был разработан оригинальный способ создания тягового усилия на приводе СШН (рис. 3).



1-ротор; 2-зубчатое колесо; 3-опорный ролик; 5-ролик ротора.

Рис. 3. Схема устройства для создания тягового усилия

Разработана методика расчёта, в основе которой формула вычисления высоты подъёма груза:

$$H = \left[2\pi D \left(\frac{\alpha}{360} \right) + A \right] \cdot n,$$

где H -высота подъема груза; D -диаметр ролика; A -межцентровое расстояние роликов; n -количество роторов; α - угол поворота ротора.

Устройство защищено патентом RU № 2351532. Универсальность способа создания тягового усилия позволяет распространить действие патента на все последующие модификации приводов, использующих маятниковый принцип действия.

Разработанная кинематическая схема получила своё воплощение в полноразмерном экспериментальном экземпляре, который был изготовлен, проведены стендовые испытания, выявлены технические характеристики и недостатки.

Наземный привод скважинного штангового насоса (СШН) предназначен для создания периодических вертикальных колебаний глубинного плунжерного насоса для поднятия на поверхность скважинной жидкости. Наименование привода – ЭПМ-12-3 «Пирамида» расшифровывается как: электропривод маятниковый, максимальная нагрузка на подвесе – 12 тонн, максимальная длина хода – 3 метра.

Конструкция привода представляет собой трехгранную пирамиду, выполненную из трубчатых элементов (рис 4, а).

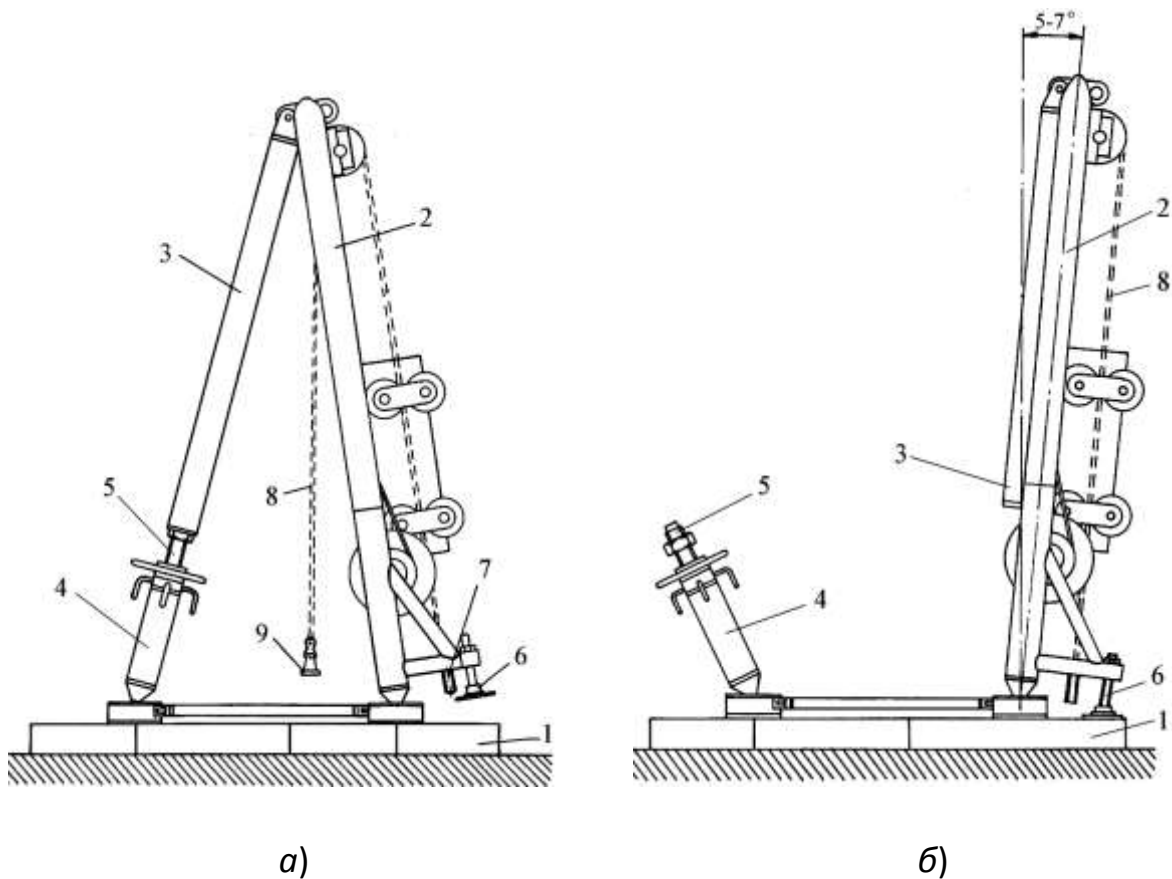


Рис. 4 – Схема привода ЭПМ-12-3 «Пирамида»

а) в рабочем состоянии; б) в состоянии свободного доступа к устьевой арматуре скважины

1-опорная плита; 2-рама; 3-верхняя часть опоры; 4-нижняя часть опоры;
5-винтовой механизм; 6-опорная стойка; 7-натяжной винт; 8-тяговая цепь;
9-соединительная серьга

В рабочем положении силовой каркас привода представляет собой пространственную жесткую систему, равномерно распределяющую вес груза, соединенный с помощью серьги 9 с тяговой цепью 8, на все элементы силового каркаса. Причем, рама 2 и опора 3-4 работают на сжатие, а остальные элементы – на растяжение.

При проведении ремонтных работ на устье скважины необходимо открыть свободный доступ к устьевой арматуре. Это осуществляется с помощью винтового механизма 5, который опрокидывает раму 2 в обратную сторону с отклонением от вертикали на $5-7^\circ$. Это положение фиксируется с помощью опорной стойки 6 (рис. 4, б), а отсоединенная нижняя часть опоры 4 откидывается на шаровом шарнире в обратную сторону (при

необходимости ее можно снять с шарнира и полностью удалить). Общий вид привода в сборе показан на рис. 5.



Рис. 5 – Общий вид наземного привода скважинного штангового насоса ЭПМ-12-3 «Пирамида»

Повышенная надёжность привода обеспечивается рядом оригинальных технических решений, в том числе простотой электросхемы (рис. 6).

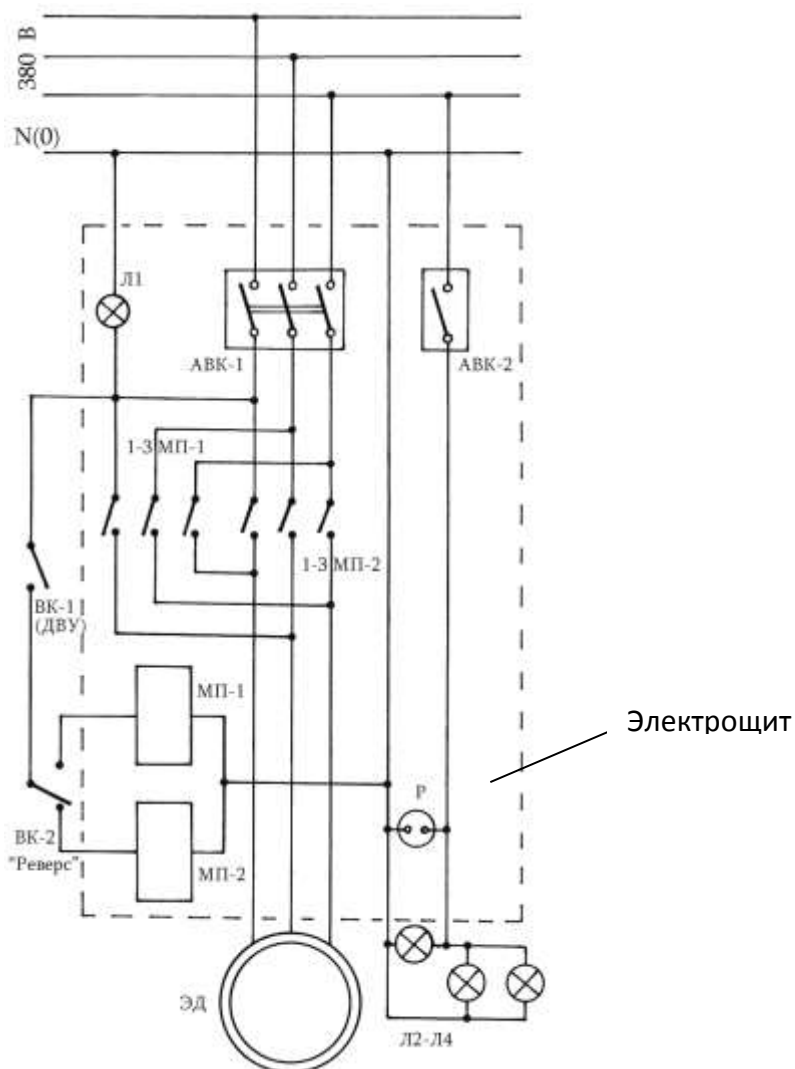


Рис. 6. Электросхема привода

Обозначение	Наименование	Кол.
АВК-1	Автоматический выключатель 3-х фазный, 380 В, 15 А	1
АВК-2	Автоматический выключатель 1-фазный, 220 В, 10 А	1
МП-1, МП-2	Магнитный пускатель, катушка на 220 В, контакты на 20 А	2
ВК-1, ВК-2	Концевой переключатель ВПВ-1А-21, 380 В, 16 А,	2
ЭД	Асинхронный электродвигатель, 380 В, 7,5 кВт, 1500 об/мин	1
Л1	Лампа сигнальная, 220 В, 5 Вт.	1
Л2...Л4	Лампа накаливания, 220 В, 75 Вт.	3

Основные технико-экономические показатели привода:

Максимальная нагрузка на подвесе, kH	120
Диапазон изменения длины хода, m	от 1,5 до 3
Диапазон регулирования частоты колебаний, $мин^{-1}$	0,5÷8
Мощность электродвигателя, $kВт$	7,5
Масса, t	3,5

Преимущества перед станками-качалками СКН:

- Потребляет в 4 раза меньше электроэнергии;
- Масса меньше в 5 раз;
- Нагрузка на подвесе от 3 до 12 тонн (универсальность);
- Высота подъёма от 1,5 до 3 метров (регулируемость);
- Экономический эффект 450 тыс. руб. в год на один привод;
- Всегда готов к работе, не требует фундамента.

К дополнительным опциям предлагаемого привода можно отнести следующее:

- ❖ Возможность увеличения хода до 6 метров без изменения габаритов;
- ❖ Возможность использовать на болотистых и слабых грунтах;
- ❖ Перемещение к месту эксплуатации в полностью собранном виде;
- ❖ Возможность дистанционного регулирования рабочих режимов (длину хода и числа двойных ходов) с подключением к АСУ ТП;
- ❖ Уменьшение травматизма за счёт полностью закрытого механизма;
- ❖ Увеличение на 15% межремонтного периода.

Заключение по испытанию технической части привода:

- Работоспособность разработанной кинематической схемы на основе нового принципа создания тягового усилия и маятникового характера создания незатухающих колебаний была подтверждена в процессе стендовых испытаний.
- Отмеченный в процессе испытаний недостаток – консольное исполнение рабочих роторов, которое привело к перегрузке роторных валов. Для устранения этого недостатка необходимо роторы выполнять двухпорными.

ТЕХНИКО – ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПРИВОДА

1 Характеристика продукции и услуг

Технологическое оборудование для привода СШН маятникового типа – новинка в области нефтедобывающей промышленности, обеспечивающая значительное снижение энергозатрат на нефтеизвлечение, уменьшение стоимости основных фондов и строительно-монтажных работ.

Продукция, планируемая к выпуску в соответствии с настоящим проектом, включает в себя комплект оборудования, содержащий наземный электропривод, опорные плиты, устройство соединения с полированным штоком насосной установки.

Оборудование глубиннонасосной добычи нефти на основе наземного привода маятникового типа, предназначено преимущественно для использования в малодебитных скважинах на поздней и заключительной стадиях эксплуатации продуктивного пласта, когда затраты на энергетическое обеспечение балансирных станков-качалок не окупаются добытой нефтью.

Оборудование и закупаемая вместе с ним технология является на настоящий момент самой прогрессивной в мире и не имеет аналогов на мировом рынке.

Технологическое оборудование маятникового привода для глубиннонасосной добычи нефти штанговыми насосами будет изготавливаться на основе оригинальной разработки, прошедшей экспериментальную проверку, обладает абсолютной новизной и «ноу-хау», что *гарантирует эксклюзивное, не доступное остальным субъектам мирового рынка, качество готовых изделий по следующим позициям:*

- простота конструкции, невысокая стоимость оборудования, в 2 раза меньшая, чем при использовании балансирных станков-качалок (с учётом СМР);
- низкое энергопотребление (в 4÷5 раз меньше, чем при использовании балансирных и цепных приводов);
- уменьшается обводнённость добываемой нефти;

- не требуется сооружение фундамента для установки оборудования;
- возможность увеличения высоты подъёма насоса с 3 до 6 метров без изменения основных параметров привода.

В качестве дополнительных услуг предприятие производит обучение персонала пользованию изделием, может осуществлять техническое обслуживание эксплуатируемых изделий.

2 АНАЛИЗ РЫНКА

2.1 Состояние рынка сбыта продукции

Производимую продукцию планируется реализовывать на внутреннем и международном рынке, ёмкость которого позволяет осуществить интервенцию с целью закрепления на управляемом сегменте рынка. На региональном рынке (в России) число выведенных из эксплуатации по разным причинам около 25 тыс. скважин. Это первые потребители изделия. Кроме того, из 160 тыс. действующих в России продуктивных скважин 70 % – малодобитные, оборудованные балансирными станками-качалками, действующими в нерациональном режиме. Замена их на маятниковый привод СШН – путь к повышению экономической эффективности нефтеизвлечения.

Возможные области использования изделия – шельфовые нефтеразработки Камчатки и Сахалина, южные зарубежные нефтеразработки – Иран, центральная Африка, Саудовская Аравия. Общее количество изделий, которое необходимо для оборудования продуктивных скважин в этих регионах – около 80÷90 тысяч. В России – около 50÷60 тыс. (с учетом замены отслуживших свой срок изделий). При годовой производительности 500 изделий рынок не может быть насыщен за ближайшие 20 лет.

2.2 Конкурентный анализ

На рынке технологического нефтедобывающего оборудования, как внутреннем, так и мировом, нет предприятий и фирм, производящих аналогичную продукцию.

Технологическое оборудование для маятникового привода СШН *представляет на мировом рынке действительно последнее слово технического прогресса*. Новизна технологии нефтеизвлечения, новизна технической реализации новой технологии, а также невысокая цена оборудования, реализующего новый способ привода СШН, делает **отсутствие конкурентов** вполне естественным.

2.3 Анализ рынка ресурсов

Для производства технологического оборудования маятникового привода СШН требуются следующие комплектующие материалы:

- стальная труба (квадрат, прямоугольник);
- стальной прокат (лист, швеллер, уголок);
- втулочно-роликовая цепь;
- электротехнические материалы (электродвигатель, щит управления, контактные датчики).

Общая номенклатура комплектующих изделий, классифицируемых в вышеуказанные группы, превышает 15 тысяч наименований, выпускаемых промышленностью, что позволяет осуществить выбор наилучших сочетаний материалов и технологий их обработки для достижения высокого качества продукции.

Поставка комплектующих материалов и сырья будет производиться с региональных баз, что уменьшает расходы на транспортировку.

2.4 Маркетинговая стратегия и обоснование цены

На основании сведений, изложенных в п. 1 «Характеристика продукции и услуг», предлагаемое оборудование для глубиннонасосной добычи нефти обладает самыми высокими на мировом рынке характеристиками качества, а относительно низкая себестоимость (благодаря простоте конструкции) позволит установить отпускные цены ниже, чем на аналогичную продукцию, например, балансирный станок-качалку. Как следует из анализа рынка сбыта

продукции, только *такое сочетание качественных и стоимостных характеристик продукции позволит новому субъекту рынка обеспечить себе гарантированный сбыт.*

Таким образом, *маркетинговой стратегией предприятия-изготовителя является ценовая конкуренция при обеспечении эксклюзивного качества изделий.* В связи с этим предприятие сможет не только занять планируемую нишу на региональном и международном рынке, но и закрепиться в ней, обеспечив себе стабильный гарантированный сбыт.

Для того чтобы конкурировать с производителями аналогичной по назначению продукции, планируется установить отпускную цену – не более \$ 17 тыс. при себестоимости производства изделия \$ 10 тыс.

Данная цена позволит предприятию работать с рентабельностью не менее 65 % , следовательно, она экономически обоснована.

Отчёт подготовил Е.С. Шаньгин

17.09.2013 г.