СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 4
1 ИНФОРМАЦИОННО–ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР 7
1.1 Производимые штанговые насосы для нефтяной отрасли 7
1.2 Патентный обзор штанговых насосов 10
1.3 Классификация штанговых насосов 20
1.4 Работа насоса 24
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 29
2.1 Выбор и обоснование характеристик насоса 29
2.2 Техобслуживание насоса 38
2.3 Анализ отказов и других технических проблем, выявленных в процессе эксплуатации (обслуживание, ремонте) 44
3 РАСЧЕТ Технологии восстановления насоса 47
3.1 Обоснование методов восстановления 47
3.2 Мероприятия по повышению надежности и износостойкости (снижению эксплуатационных затрат) 48
3.3 Технология ремонта (восстановления) рабочих элементов (переходника и удлинителя) 52
3.4 Технология ремонта переходника 67
3.5 Монтаж (сборка-разборка, регулировка) 75
3.6 Выбор оборудования 76
3.7 Расчет технико-экономических показателей 80
4 Заключение 89
5 Цель работы
6 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

ВВЕДЕНИЕ

Две трети фонда (66%) действующих скважин стран СНГ (примерно 16,3% всего объема добычи нефти) эксплуатируются ШСНУ. Дебит скважин составляет от десятков килограммов в сутки до нескольких тонн. Насосы спускают на глубину от нескольких десятков метров до 3000 м., а в отдельных скважинах на 3200… 3400 м.

ШСН обеспечивают откачку из скважин жидкости, обводненностью до 99%, абсолютной вязкостью до 100 мПа·с, содержанием твердых механических примесей до 0,5%, свободного газа на приеме до 25%, объемным содержанием сероводорода до 0,1%, минерализацией воды до 10 г/л и температурой до 1300С.

По способу крепления к колонне НКТ различают вставные (НСВ) и не вставные (НСН) скважинные насосы. У не вставных (трубных) насосов цилиндр с седлом всасывающего клапана опускают в скважину на НКТ. Плунжер с нагнетательным и всасывающим клапаном опускают в скважину на штангах и вводят внутрь цилиндра. Плунжер с помощью специального штока соединен с шариком всасывающего клапана. Недостаток НСН - сложность его сборки в скважине, сложность и длительность извлечения насоса на поверхность для устранения какой-либо неисправности. Вставные насосы целиком собирают на поверхности земли и опускают в скважину внутрь НКТ на штангах. НСВ состоит из трех основных узлов: цилиндра, плунжера и замковой опоры цилиндра.

В трубных же насосах для извлечения цилиндра из скважины необходим подъем всего оборудования (штанг с клапанами, плунжером и НКТ). В этом коренное отличие между НСН и НСВ. При использовании вставных насосов в 2-2,5 раза ускоряются спуско-подъемные операции при ремонте скважин и существенно облегчается труд рабочих. Однако подача вставного насоса при трубах данного диаметра всегда меньше подачи невставного.

Для отбора из скважин больших количеств жидкости используют лопастный насос с рабочими колесами центробежного типа, обеспечивающий

большой напор при заданных подачах жидкости и габаритах насоса. Наряду с этим, в нефтяных скважинах некоторых районов с вязкой нефтью необходима большая мощность привода относительно подачи. В общем случае эти установки носят название электропогружные электронасосы. В первом случае - это установки центробежных электронасосов (УЗЦН), во втором - установки погружных винтовых электронасосов (УЗВНТ).

Скважинные центробежные и винтовые насосы приводятся в действие погружными электродвигателями. Электроэнергия подводится к двигателю по специальному кабелю. Установки ЭЦН и ЭВН довольно просты в обслуживании, так как на поверхности имеются станция управления и трансформатор, не требующие постоянного ухода.

При больших подачах УЭЦН имеют достаточный КПД, позволяющий конкурировать этим установкам со штанговыми установками и газлифтом.

При этом способе эксплуатации борьба с отложениями парафина проводится достаточно эффективно с помощью автоматизированных проволочных скребков, а также путем нанесения покрытия внутри поверхности НКТ.

Межремонтный период работы УЭЦН в скважинах достаточно высок и составляет до 600 сут.

Скважинный насос имеет 80-400 ступеней. Жидкость поступает через сетку в нижней части насоса. Погружной электродвигатель маслозаполненный, герметизированный. Во избежание попадания в него пластовой жидкости устанавливается узел гидрозащиты. Электроэнергия с поверхности подается по круглому кабелю, а около насоса - по плоскому. При частоте тока 50 Гц частота вращения вала двигателя синхронная и составляет 3000 мин(-1).

Трансформатор (автотрансформатор) используют для повышения напряжения тока от 380 (напряжение промысловой сети) до 400-2000 В.

Станция управления имеет приборы, показывающие силу тока и напряжение, что позволяет отключать установку вручную или автоматически.

Колонна НКТ оборудуется обратным и сливным клапанами. Обратный клапан удерживает жидкость в НКТ при остановках насоса, что облегчает запуск установки, а сливной освобождает НКТ от жидкости перед подъемом агрегата при установленном обратном клапане.

Для повышения эффективности работы для вязких жидкостей скважинные винтовые насосы с погружным электродвигателем. Установка скважинного винтового насоса, подобно установке ЭЦН, имеет погружной электродвигатель с компенсатором и гидрозащитой, винтовой насос, кабель, обратный и сливной клапаны (встроенные в НКТ), оборудование устья, трансформатор и станцию управления. За исключением насоса, части установки идентичны.

Цель Выпускной кваливицированной работы – провести анализ изнашиваемых узлов и методы их вастоновления;

- обосновать износ инструмента и способы ремонта;
- разработать технологию ремонта;

Задачи Выпускной кваливицированной работы

- дать характеристику имеющимся штанговым насоса;
- произвести анализ изнашиваемых узлов;
- рассмотреть технологию и способы ремонта узлов подлежащих ремонту;
- рассмотреть варианты новых методов ремонта.

1 ИНФОРМАЦИОННО–ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Производимые штанговые насосы для нефтяной отрасли

Самый главный разработчик и производитель штанговых нефтяных насосов в России расположен в Удмуртии, это старейшая компания "Ижнефтемаш" (Ижевск). По состоянию на 2009 год это предприятие изготовило в течение года 55% всех российских штанговых насосов. Значительно уступают в объемах выпуска другие российские компании: "Уралтрансмаш" (Екатеринбург), «Элкамнефтемаш» г.Пермь, завод "РЕДУКТОР"(Ижевск) и другие производители насосного оборудования. Импортные штанговые нефтяные насосы в России составляют очень небольшую часть.

Станок-качалка и есть один из элементов эксплуатации скважин штанговым насосом. По сути, станок-качалка является приводом штангового насоса, расположенного на дне скважины. Это устройство по принципу действия очень похоже на ручной насос велосипеда, преобразующий возвратно-поступательные движения в поток воздуха. Нефтяной насос возвратно-поступательные движения от станка-качалки преобразует в поток жидкости, которая по насосно-компрессорным трубам (НКТ) поступает на поверхность.

Если по порядку описать происходящие процессы при данном виде эксплуатации, то получится следующее. На электродвигатель станка-качалки подается электричество. Двигатель вращает механизмы станка-качалки так, что балансир станка начинает двигаться как качели и подвеска устьевого штока получает возвратно-поступательные движения. Энергия передается через штанги – длинные стальные стержни, скрученные между собой специальными муфтами. От штанг энергия передается штанговому насосу, который захватывает нефть и подает ее наверх.

При эксплуатации скважины штанговыми насосами к добываемой нефти не предъявляются строгие требования, которые имеют место при других способах эксплуатации. Штанговые насосы могут качать нефть,

характеризующуюся наличием механических примесей, высоким газовым фактором и так далее. К тому же, данный способ эксплуатации отличается высоким КПД. Существуют насосные установка АНЦ- 320К (цементировочный агрегат) на автомобильном ходу, установка АНЦ-320С (цементировочный агрегат) на салазках, насосная установка УНБ-300-40 с центробежным насосом-гомогенизатором.

Насосы для откачки пластовой жидкости из скважины, как указано выше, подразделяются на скважинные центробежные, скважинные винтовые и штанговые.

Пластовая жидкость - это смесь нефти, попутной воды и нефтяного газа с температурой не более 90°С.

Центробежные и винтовые скважинные погружные насосные агрегаты входят в состав установок, которые помимо агрегатов содержат кабельные линии и наземное электрооборудование. Агрегат и кабельная линия опускаются в скважину на насосно-компрессорных трубах. В наземное оборудование входит трансформаторная подстанция и пуско-регулирующая аппаратура.

Условное обозначение насосов УЭЦН М(К)-5А-250-1000 (установка электрическая с центробежным насосом модульным коррозионностойким):

- 5А - группа установки, характеризующая поперечные габариты;
- 250 - подача, $м^3$ в сутки;
- 1000 - напор, м.

Винтовой насос применен в установке электрической типа УЭВМ. насос ЭЦНК имеет 38 вариантов исполнений в зависимости от конструкции пяты, конструкции рабочих колёс, наличия входного модуля и типа соединений секций. В представленном насосе входной модуль конструктивно совмещён с секциями насоса.

насос типа ЭЦНМК состоит из входного модуля, модуля-секции (модулей-секций) и модуля головки. Соединение модулей между собой и входного модуля с двигателями - фланцевое. Соединение валов модулей-секций

между собой, модуля-секции с валом входного модуля, вала входного модуля с валом электродвигателя осуществляется с помощью шлицевых муфт.

Газосепаратор предназначен для уменьшения до 50% объёмного содержания свободного газа, содержащегося в жидкости на входе в насос. Газосепаратор выпускается для комплектации насосных агрегатов типа ЭЦНМ и ЭЦНМК в виде модуля в двух исполнениях: обычном и повышенной коррозионной стойкости. Газосепаратор монтируется между насосом и двигателем.

скважинные штанговые насосы, выпускаемые в соответствии с требованиями стандарта американского нефтяного института (спецификация II АХ).

Данные насосы аналогичны насосам, выполненным по ОСТ 26-16-06 - 86 следующих типов:

- НВ1Б - вставной с замком наверху;
- НВ2Б - вставной с замком внизу;
- НН2Б - невставной с ловителем.

Все упомянутые типы штанговых насосов имеют толстостенный цельный (безвтулочный) цилиндр (обозначается «Б»).

Насосы для закачки пластовой жидкости в скважину представлены группой поверхностных и скважинных насосов.

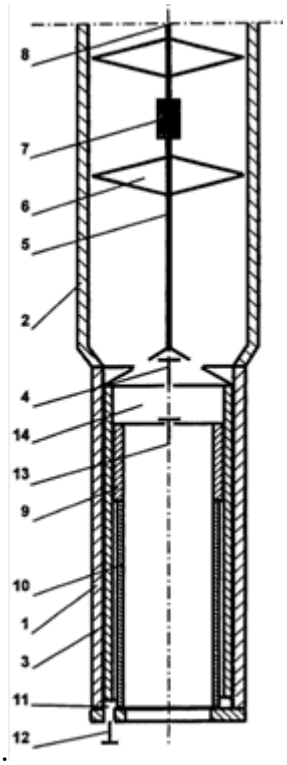
Рассматриваемые поверхностные насосы - это горизонтальные центробежные секционные многоступенчатые насосы типа ЦНС. Описание этих насосов приведено разделе "Горизонтальные многоступенчатые насосы". В эту группу насосов входят также и буровые насосы. Скважинные погружные насосные агрегаты типа ЭЦП для закачки воды в пласт конструктивно представляют собой аналог насосных агрегатов для откачки воды из скважин. Для закачки воды применяются скважинные насосные агрегаты полупогружного типа ЭЦНА, у которых электродвигатель устанавливается на поверхности в устье скважины.

1.2 Патентный обзор штанговых насосов

Классы МПК: F04B47/02 с приводным устройством, расположенным на поверхности земли. Автор(ы): Шкандратов Виктор Владимирович (RU), Бортников Александр Егорович (RU), Сидоров Дмитрий Анатольевич (RU), Казаков Алексей Анатольевич (RU), Астафьев Дмитрий Анатольевич (RU). Патентообладатель(и): ООО «ЛУКОЙЛ-Коми» (RU). Приоритеты: подача заявки: 2006-09-14 публикация патента: 10.04.2008.

Устройство предназначено для использования в нефтяной промышленности для добычи высоковязкой нефти. Скважинный штанговый насос содержит неподвижный цилиндр, подвижный цилиндр и неподвижный плунжер.

Неподвижный цилиндр связан с колонной насосно-компрессорных труб (НКТ). В верхней части подвижного цилиндра установлен нагнетательный клапан, корпус которого соединен со штоком. На штоке смонтирован центратор и автосцепное устройство с возможностью соединения штока с колонной штанг. Внутри подвижного цилиндра установлен неподвижный полый плунжер, соединенный в нижней части с полым приемным патрубком, выполненным с внутренним диаметром, равным внутреннему диаметру плунжера, и наружным диаметром, меньшим наружного диаметра плунжера. Приемный полый патрубок и неподвижный цилиндр в нижней части соединены между собой с помощью корпуса разрядного клапана и образуют кольцевую разрядную камеру. Разрядный клапан периодически обеспечивает сообщение разрядной камеры с затрубным пространством. В верхней части полого плунжера установлен всасывающий клапан, расположенный соосно с нагнетательным клапаном. Обеспечивает повышение эффективности работы насоса за счет увеличения его производительности и расширения диапазона использования насоса (рис.1).



1 - цилиндр неподвижный; 2 - насосно-компрессорные трубы (НКТ);
2 - подвижный цилиндр; 4 - корпус которого соединен со штоком; 5 - штоке;
6 - автосцепное устройство; 7- колонная штанга; 8 - колона штанг;
9 - неподвижный полый плунжер; 10- приемный полый патрубок; 11-камеры;
12 - корпусом разрядного клапана; 13 - всасывающий клапан;
14 - приемная камера

Рисунок 1 - скважинный штанговый насос для откачки высоковязкой нефти

Известен скважинный штанговый насос для откачки высоковязкой нефти (а.с. СССР №1588910 от 19.10.1987 г., E21B 47/02), содержащий неподвижный укороченный цилиндр, спущенный на насосно-компрессорных трубах (НКТ), подвижный цилиндр и неподвижный плунжер, установленный в подвижном цилиндре, связанном с колонной насосных штанг. Неподвижный плунжер и неподвижный цилиндр связаны между собой посредством зацепления замка в замковой опоре, установленной в нижней части колонны НКТ над неподвижным укороченным цилиндром. Всасывающий и нагнетательный клапаны расположены в нижней части насоса, соответственно в подвижном цилиндре и неподвижном плунжере. Неподвижный укороченный цилиндр

снабжен дополнительным всасывающим клапаном и образует с основным подвижным цилиндром дополнительную рабочую пару.

Недостатком известной конструкции является ограничение диапазона использования насоса, а именно: гидравлического утяжеления низа колонны штанг, согласно представленной в описании схеме насоса, недостаточно для компенсации гидродинамического сопротивления жидкости как по колонне НКТ, так и в клапанных парах, даже с увеличенным проходным сечением при добыче высоковязкой нефти, как, например, нефть пермокарбоновой залежи Усинского нефтяного месторождения с вязкостью в пластовых условиях 680-780 мПа·с. При такой вязкости добываемой нефти возрастают гидродинамические сопротивления во всасывающем клапане подвижного цилиндра и в колонне НКТ, что приводит к зависанию колонны штанг и, как результат, происходит обрыв штанговой колонны.

Наиболее близким по технической сущности, принятым авторами за прототип, является скважинный штанговый насос (патент РФ 1588024 от 25.03.1983 г., E21B 47/02), содержащий неподвижный цилиндр, связанный с колонной насосно-компрессорных труб, плунжер, шток, соединенный с колонной насосных штанг, разрядную камеру, периодически сообщающуюся через разрядный клапан с затрубным пространством, приемную камеру, всасывающий и нагнетательный клапаны. Предотвращение зависания штанговой колонны при ходе вниз обеспечивается за счет силы, действующей на плунжер насоса и направленной вниз за счет снижения давления в разрядной камере ниже давления на приеме насоса.

Недостатком данной конструкции является снижение производительности насоса за счет уменьшения полезного объема приемной камеры на объем штока плунжера, размещенного в приемной камере. Кроме того, сужается диапазон использования насоса. В скважинах, осложненных выносом механических примесей, высоким газосодержанием скважинной жидкости, или в скважинах с низким пластовым давлением и высокой обводненностью, использование соответственно поднасосного фильтра,

газосепаратора или хвостовика приводит к существенному увеличению наружного диаметра насоса, усложнению конструкции и процессу монтажно-демонтажных работ на скважине, так как всасывающий клапан расположен сбоку. Это ограничивает его использование в скважинах с наиболее распространенным диаметром эксплуатационной колонны (менее 168 мм).

Задачей настоящего изобретения является повышение эффективности работы насоса за счет увеличения его производительности и расширения диапазона использования насоса.

Поставленная задача достигается конструктивным исполнением насоса. Скважинный штанговый насос содержит неподвижный цилиндр, подвижный цилиндр и неподвижный плунжер, при этом неподвижный цилиндр связан с колонной НКТ. В верхней части подвижного цилиндра установлен нагнетательный клапан, корпус которого соединен со штоком. На штоке смонтирован центратор и автосцепное устройство с возможностью соединения щтока с колонной штанг. Внутри подвижного цилиндра установлен неподвижный полый плунжер, соединенный в нижней части с полым приемным патрубком, выполненным с внутренним диаметром, равным внутреннему диаметру плунжера и наружным диаметром, меньшим наружного диаметра плунжера. Приемный полый патрубок и неподвижный цилиндр в нижней части соединены между собой с помощью корпуса разрядного клапана и образуют кольцевую разрядную камеру. Разрядный клапан периодически обеспечивает сообщение разрядной камеры с затрубным пространством. В верхней части полого плунжера установлен всасывающий клапан.

Существенными отличительными признаками заявленного изобретения являются:

- насос снабжен дополнительным подвижным цилиндром, установленным между неподвижным цилиндром и плунжером;

- плунжер выполнен полым и неподвижным;

- плунжер соединен в нижней части с приемным полым патрубком, выполненным с внутренним диаметром, равным внутреннему диаметру

плунжера, и наружным диаметром, меньшим наружного диаметра плунжера с образованием между неподвижным цилиндром и приемным полым патрубком кольцевой разрядной камеры, в которой установлен разрядный клапан;

- корпус разрядного клапана соединен с неподвижным цилиндром и приемным полым патрубком плунжера;

- в верхней части плунжера установлен всасывающий клапан;

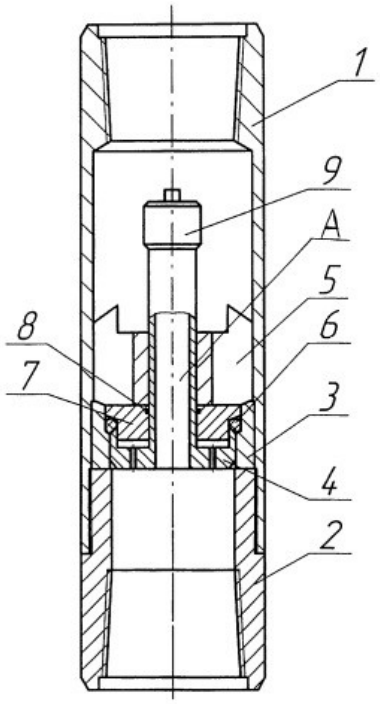
- в верхней части подвижного цилиндра установлен нагнетательный клапан;

- корпус нагнетательного клапана соединен со штоком;

- на штоке смонтирован центратор и автосцепное устройство с возможностью соединения штока с колонной насосных штанг.

Указанная совокупность существенных признаков обеспечивает достижение поставленной задачи. Конструктивное исполнение насоса позволяет увеличить объем рабочей приемной камеры и, как результат, увеличить производительность насоса. Заявляемая конструкция также позволяет значительно расширить диапазон использования насоса. При изменении вязкости добываемой нефти конструкция насоса позволяет при одном и том же диаметре плунжера и цилиндров, только за счет изменения наружного диаметра приемного патрубка (использование сменного патрубка), изменить объем разрядной камеры и, как результат, изменить в ней давление разрежения, что приведет к изменению величины силы, направленной вниз. Таким образом, в зависимости от вязкости добываемой жидкости можно изменять величину силы, направленной вниз, для компенсации зависания штанговой колонны при ходе подвижного цилиндра вниз и, как результат, изменять нагрузку на головку балансира станка-качалки, то есть конструкция позволяет шире использовать возможности насоса в зависимости от вязкости добываемой жидкости. Кроме того, конструктивное исполнение насоса позволяет при необходимости изменить его подачу в сторону уменьшения, не ухудшая условий наполнения приемной камеры за счет возможности обеспечения минимального мертвого пространства как в приемной, так и

разрядной камерах. Конструкция насоса также обеспечивает возможность использования его в скважинах с осложненными условиями: при наличии мехпримесей, высокого газосодержания или в скважинах с низким пластовым давлением и высокой обводненностью может быть использован соответственно поднасосный фильтр, газосепаратор серийного производства или хвостовик без увеличения диаметра насоса и, как результат, использовать насос в скважинах с наиболее распространенными диаметрами эксплуатационных колонн (140-168 мм). Таким образом, диапазон использования заявляемого насоса значительно шире, чем у прототипа.



1 - корпус; 2 - упорный переводник;3 - седло; 4 - затвор; 5 - направляющая втулка; 6 - канале седла; 7- кольцевой хвостовик; 8 - уплотнительное резиновое кольцо; 9 - заглушка

Рисунок 2 – клапан скважинного плунжерного насоса

Клапан скважинного плунжерного насоса предназначен для использования при добыче нефти из скважин. Клапан плунжерного скважинного насоса содержит корпус и пустотелый затвор. В теле головки затвора выполнена кольцевая полость. Последняя гидравлически связана с

подклапанным пространством. В последнем размещен хвостовик, которым снабжена нажимная втулка. Седло клапана выполнено двухступенчатым по диаметру. В нижней части седла в рабочем положении размещается головка затвора. В верхней части седла размещается подвижная нажимная втулка. Последняя взаимодействует с выполненным из полиуретана герметизирующим кольцом. Сквозной канал в затворе снабжен заглушкой. Последняя выполнена в виде втулки. В проходном канале последней размещен поршень. Последний зафиксирован от осевого перемещения штифтом и ограничительной шайбой с направляющим стержнем. Обеспечивается увеличение герметизирующей способности клапанного узла.

Изобретение относится к нефтедобывающей отрасли промышленности, в частности к скважинным штанговым насосам, применяемым для добычи нефти.

Известен клапан плунжерного скважинного насоса, состоящий из корпуса, седла, затвора в виде шарика и клетки, имеющей фигурные вырезы для прохождения откачиваемой жидкости. Недостатком конструкции клапана является ненадежная герметизирующая способность, так как касание шарового затвора по поверхности седла происходит по линейному принципу и поэтому малейший износ, коррозия или механические частицы приводят к разгерметизации клапанного узла. В конечном счете это снижает коэффициент наполнения насоса и приводит к необратимости ремонта скважины.[2]

Наиболее близким по конструктивному оформлению и принципу действия является всасывающий клапан штангового скважинного насоса (RU 2011092 C1, МПК 7 F 16 K 15/02, 15.04.1994). Указанный клапан содержит корпус, в котором размещено седло с опорными поверхностями, затвор с направляющим хвостовиком в виде втулки с лопастями. Затвор установлен в корпусе с возможностью осевого перемещения и снабжен подвижным кольцом, взаимодействующим с герметизирующим резиновым кольцом круглого сечения.

Недостатком данной конструкции является малый ресурс, так как подвижное кольцо под действием столба откачиваемой жидкости передает всю

нагрузку при каждом цикле работы насоса на резиновое герметизирующее кольцо и за счет изжовывания быстро выводит его из строя. Кроме этого, клапан не снабжен демпфирующим устройством, снижающим динамическую нагрузку на подвижное кольцо.

Целью изобретения является увеличение герметизирующей способности и ресурса клапанного узла, а следовательно, повышение межремонтного периода работы скважинной насосной установки.

Поставленная цель достигается тем, что величина хода подвижного нажимного кольца, хвостовик которого размещен в кольцевой полости головки затвора, гидравлически связанной с полостью под клапаном, ограничена глубиной кольцевой полости, что предотвращает передачу всей нагрузки от столба откачиваемой жидкости на герметизирующее эластичное кольцо, выполненное из полиуретана. Кроме этого, подвижное запорное кольцо выполнено большего размера по диаметру, чем запорная головка, и при входе в отверстие седла соответственно большего размера создает демпфирующий эффект за счет вытеснения жидкости через калиброванные щели из полости, образованной каналом седла и подвижным запорным кольцом.

На рисунке 2 изображен клапан плунжерного скважинного насоса (продольный разрез); на рисунке 3 - сливная заглушка в закрытом (а) и открытом (б) положениях.

Клапан скважинного плунжерного насоса состоит из корпуса 1, в котором с помощью упорного переводника 2 закреплено седло 3, внутренний канал которого выполнен ступенчатым, то есть имеет два размера по диаметру. В полости корпуса установлен затвор 4 с возможностью осевого перемещения до контакта с упорной поверхностью седла 3 посредством втулки, снабженной направляющими лопастями. Головка затвора 4 снабжена кольцевой полостью, имеющей сквозные осевые отверстия.

На наружной поверхности направляющей втулки 5 имеются лопасти, контактирующие с внутренней цилиндрической поверхностью корпуса 1. Головка затвора при закрытом положении клапана сопряжена с нижним малым

каналом седла 3 и снабжена эластичным полиуретановым герметизирующим кольцом 6. В канале седла 3 большего размера размещена подвижная втулка 7, имеющая кольцевой хвостовик.

По оси затвора 4 выполнено сквозное отверстие - сливной канал А, снабженное заглушкой 9, герметизирующей указанный канал в рабочем положении.

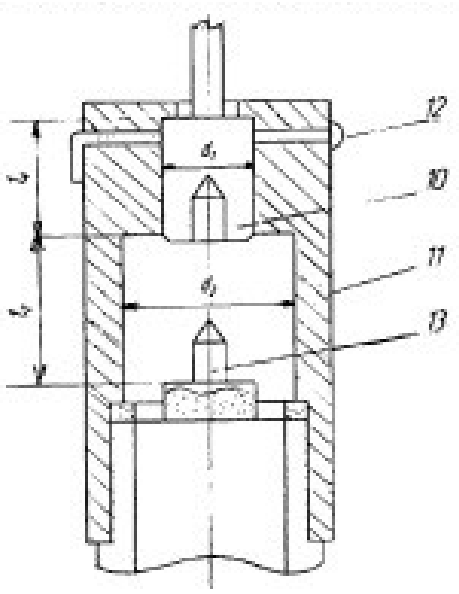
Принцип действия клапана заключается в следующем: клапан с помощью резьбы присоединяется к цилиндру насоса и отпускается в скважину на колонне труб. Плунжер насоса опускается на штангах. При создании возвратно-поступательного движения плунжера происходит открытие и закрытие всасывающего и нагнетательного клапанов. При закрытии клапана в начальный момент затвор 4 входит в широкую часть канала седла 2, затем по мере движения вниз затвор 4 входит в суженный канал седла 3. В результате подвижная втулка 7 входит в канал и отсекает кольцевую полость, из которой жидкость может истекать только через щели между деталями клапана и седла. За счет этого создается демпфирующий эффект и смягчение удара при закрытии клапана. Подвижная втулка 7, перемещаясь вниз, цилиндрическим хвостовиком достигает дна кольцевой полости в головке затвора, в результате чего эластичный герметизирующий элемент - кольцо 6 сжимается на заданную расчетную величину и не получает перенапряжений. При этом сжатие кольца 6 происходит на величину полной герметизации клапана. Перемещение подвижной втулки 7 гарантируется перепадом давления в трубной колонне НКТ и в затрубном пространстве, так как полость под клапаном гидравлически связана с полостью в колонне НКТ с помощью осевых сверлений в головке затвора 4.

По мере роста давления в зоне нагнетания через затвор 4 подвижная втулка 7 давит на эластичное кольцо 6 и, распирая его, прижимает к седлу 3, что предотвращает утечки.

В момент всасывания при движении жидкости через клапан подвижная втулка 7 перемещается вверх и освобождает кольцо 6 от нагрузки. Для

предотвращения утечек жидкости через затвор между стволом затвора 4 и подвижной втулкой 5 используется уплотнительное резиновое кольцо 8.

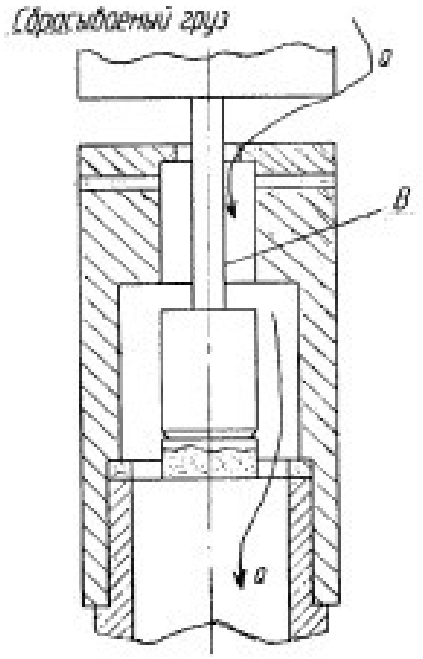
При смене насоса после подъема плунжера в подъемные трубы сбрасывается груз с плоским наконечником. Под действием ударной нагрузки заглушка 9 разгерметизируется и внутритрубная полость освобождается от жидкости, так как пробка 10, установленная в корпусе заглушки 9, под действием ударной нагрузки перемещается вниз и освобождает канал В для прохода жидкости из полости НКТ в затрубное пространство.



Положение деталей заглушки 8 при работающем насосе

10- приемный полый патрубок; 11-камеры; 12 -корпусом разрядного клапана; 13 -всасывающий клапан;

Рисунок 3 - Сливная заглушка в закрытом положении



Положение деталей заглушки 8 после открытия сливного клапана (*Q* – путь слива жидкости). 8 -всасывающий клапан;

Рисунок 4 - Сливная заглушка в открытом положении

1.3 Классификация штанговых насосов

ШН предназначены для передачи возвратно-поступательного движения плунжеру насоса (рисунок 5). Изготавливаются основном из легированных сталей круглого сечения диаметром 16, 19, 22, 25 мм, длиной 8000 мм и укороченные — 1000 - 1200, 1500, 2000 и 3000 мм как для нормальных, так и для коррозионных условий эксплуатации.

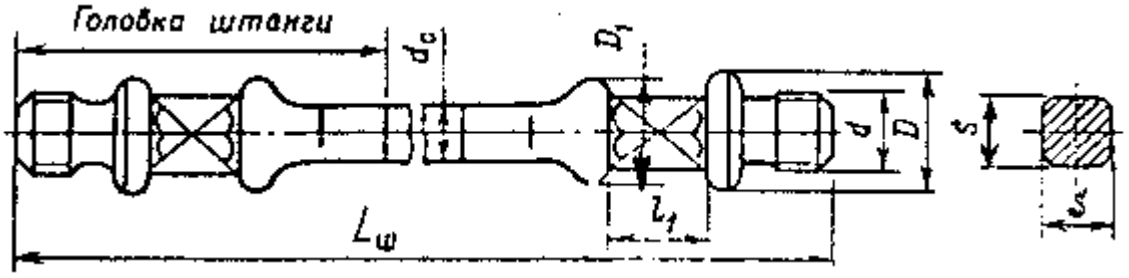
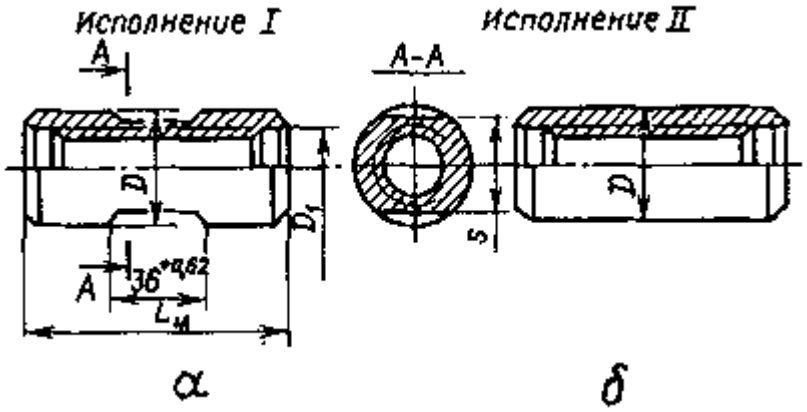


Рисунок 5 - Насосная штанга

Шифр штанг - ШН-22 обозначает: штанга насосная диаметром 22 мм. Марка сталей - сталь 40, 20Н2М, 30ХМА, 15Н3МА и 15Х2НМФ с пределом текучести от 320 до 630 МПа.

Насосные штанги применяются в виде колонн, составленных из отдельных штанг, соединенных посредством муфт.

Муфты штанговые выпускаются: соединительные типа МШ (рисунок 6) - для соединения штанг одинакового размера и переводные типа МШП - для соединения штанг разного диаметра.



а - исполнение I; б - исполнение II

Рисунок 6 - Соединительная муфта

Для соединения штанг применяются муфты — МШ16, МШ19, МШ22, МШ25; цифра означает диаметр соединяемой штанги по телу (мм).

АО «Очерский машиностроительный завод» изготавливает штанги насосные из одноосноориентированного стеклопластика с пределом прочности не менее 80 кгс/мм2. Концы (ниппели) штанг изготавливаются из сталей. Диаметры штанг 19, 22, 25 мм, длина 8000 11000 мм.

Преимущества: снижение веса штанг в 3 раза, снижение энергопотребления на 18 20%, повышение коррозионной стойкости при повышенном содержании сероводорода и др. Применяются непрерывные штанги «Кород».

Скважинные штанговые насосы:

ШСН предназначены для откачивания из нефтяных скважин жидкости обводненностью до 99%, температурой не более 130°С, содержанием сероводорода не более 50 мг/л, минерализацией воды не более 10 г/л.

Скважинные насосы имеют вертикальную конструкцию одинарного действия с неподвижным цилиндром, подвижным металлическим плунжером и шариковыми клапанами. Насосы спускают в скважину на штангах и насосно-компрессорных трубах. Различают следующие типы скважинных насосов (рисунок 7).

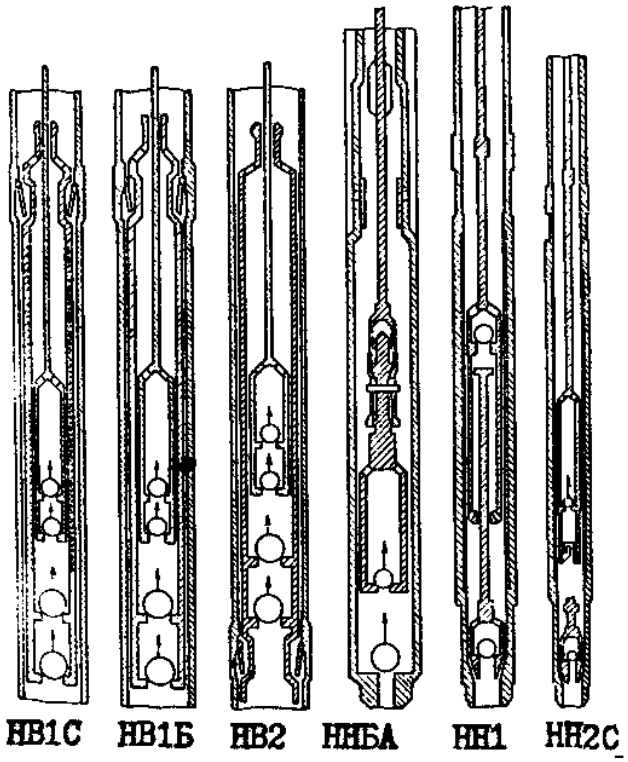


Рисунок 7 - Типы скважинных штанговых насосов

НВ1 - вставные с заулком наверху;

НВ2 - вставные с замком внизу;

НН - невставные без ловителя;

НН1 - невставные с захватным штоком;

НН2 - невставные с ловителем.

Выпускают насосы следующих конструктивных исполнений:

а) по цилиндру:

Б - с толстостенным цельным (безвтулочным) цилиндром;

С - с составным (втулочным) цилиндром.

б) специальные:

Т - с полным (трубчатым) штоком для подъема жидкости по каналу колонны трубчатых штанг;

А - со сцепляющим устройством (только для насосов типа НН), обеспечивающим сцепление колонны насосных штанг с плунжером насоса;

Д1 - одноступенчатые, двухплунжерные для создания гидравлического тяжелого низа;

Д2 - двухступенчатые, двухплунжерные, обеспечивающие двухступенчатое сжатие откачиваемой жидкости;

У - с разгруженным цилиндром (только для насосов типа НН2), обеспечивающим снятие с цилиндра технической нагрузки при работе.

Насосы всех исполнений, кроме Д1 и Д2, одноступенчатые, одноплунжерные.

в) по стойкости к среде:

без обозначения - стойкие к среде с содержанием механических примесей до 1.3 г/л - нормальные;

И - стойкие к среде с содержанием механических примесей более 1.3 г/л - абразивостойкие. Скважинные штанговые насосы являются гидравлической машиной объемного типа, где уплотнение между плунжером и цилиндром достигается за счет высокой точности их рабочих поверхностей и регламентируемых зазоров. При этом в зависимости от размера зазора (на диаметр) в паре «цилиндр-плунжер» выпускают насосы четырех групп .

Таблица 1 - Размеры зазора

Группа посадки	Размер зазора между цилиндром и плунжером насоса при исполнении цилиндра, мм	
	Б	С
0	< 0.045	< 0.045
1	0.01…0.07	0.02…0.07
2	0.06…0.12	0.07…0.12
3	0.11…0.17	0.12…0.17

В условном обозначении насоса, например, НН2БА-44-18-15-2, первые две буквы и цифра указывают тип насоса, следующие буквы - исполнение цилиндра и насоса, первые две цифры - диаметр насоса (мм), последующие длину хода плунжера (мм) и напор (м), уменьшенные в 100 раз и последняя цифра - группу посадки.

1.4 Работа насоса

ШГН в простейшем виде состоит из плунжера, движущегося вверх - вниз по хорошо подогнанному цилиндру. Плунжер снабжен обратным клапаном, который позволяет жидкости течь вверх, но не вниз. Обратный клапан, называемый также нагнетательным, в современных насосах обычно представляет собой клапан типа шар-седло. Второй клапан, всасывающий, - это шаровой клапан, расположенный внизу цилиндра, и, подобно обратному клапану, позволяет жидкости течь вверх, но не вниз. Вначале плунжер находится в стационарном состоянии в нижней точке хода. В этот момент и всасывающий, и нагнетательный клапаны закрыты. Столб жидкости в НКТ создает гидростатическое давление над всасывающим клапаном. Нагрузкой на сальниковый шток (верхний шток из колонны насосных штанг) является только вес колонны насосных штанг. При движении плунжера вверх обратный клапан остается закрытым и колонна насосных штанг принимает на себя вес жидкости в НКТ - вес колонны насосных штанг и вес столба жидкости. При минимальной утечке между плунжером и насосным цилиндром давление между нагнетательным и всасывающим клапанами уменьшается, так что всасывающий клапан открывается, и жидкость из ствола скважины поступает в цилиндр насоса [6].

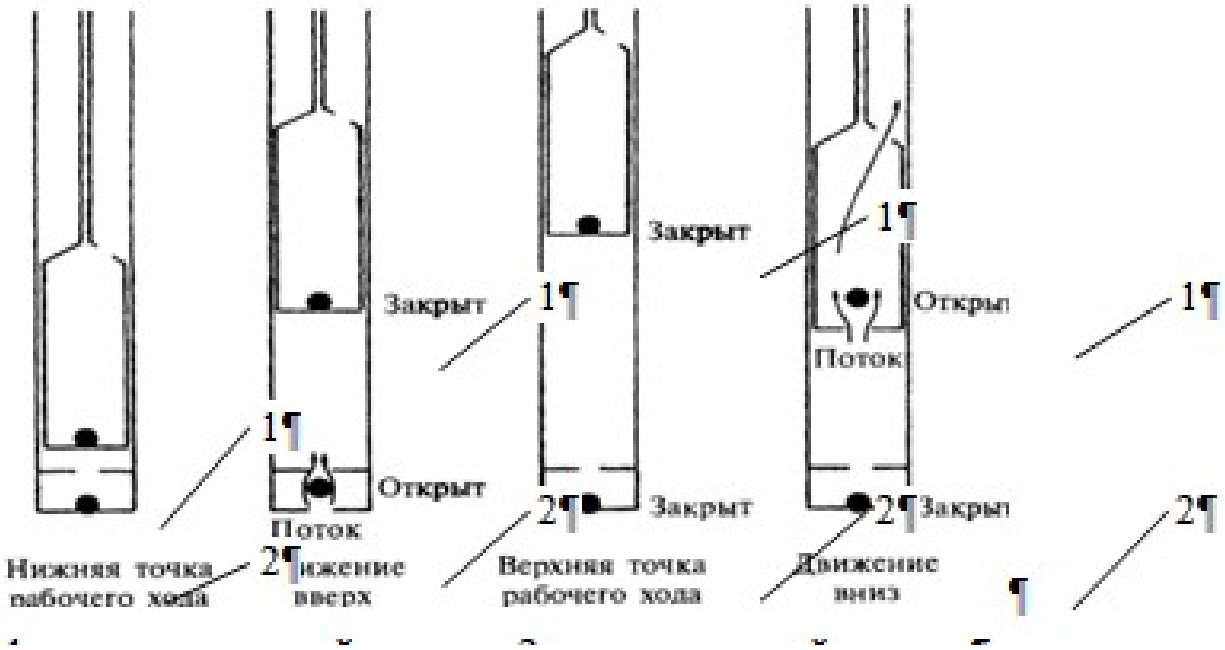
В верхней точке рабочего хода плунжер останавливается, и оба клапана снова закрываются, при этом вес жидкости снова приходится на плунжер и нагнетательный клапан. Предположим, что теперь цилиндр насоса заполнился жидкостью и жидкость несжимаема. При начале движения плунжер вниз

выкидной клапан откроется. Вес столба жидкости в насосно-компрессорной колонне перенесется на всасывающий клапан и рабочую колонну, а нагрузка на сальниковый шток и насосный узел опять будет состоять только из веса штанг.

Дальнейшее движение плунжера вниз заставит жидкость перетечь из цилиндра в плунжер через обратный клапан. Возвращение плунжера в нижнюю точку рабочего хода закончит цикл (рисунок 8).

При автоматизации работы скважинных штанговых глубинных насосов применяются методы ваттметрирования, барографирования и динамометрирования. Первый метод позволяет контролировать, главным образом, работу наземного оборудования, второй и третий - глубинного.

Барографирование позволяет определить давление во всасывающем клапане и на выкиде насоса, перепад давления в клапанах, характер утечек и т.д. Давление регистрируется глубинным манометром, спускаемым на проволоке через затрубное пространство. Метод барографирования достаточно сложен и трудоемок и не может быть применен для оперативного контроля за работой насосных установок.



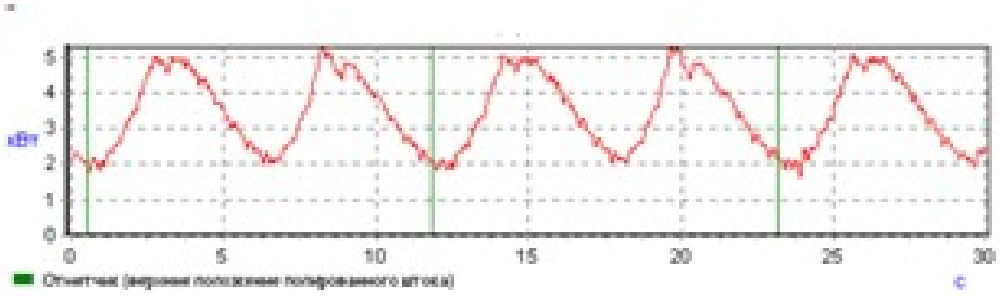
1 - нагнетательный клапан; 2 - всасывающий клапан

Рисунок 8 - Принцип работы штангового глубинного насоса

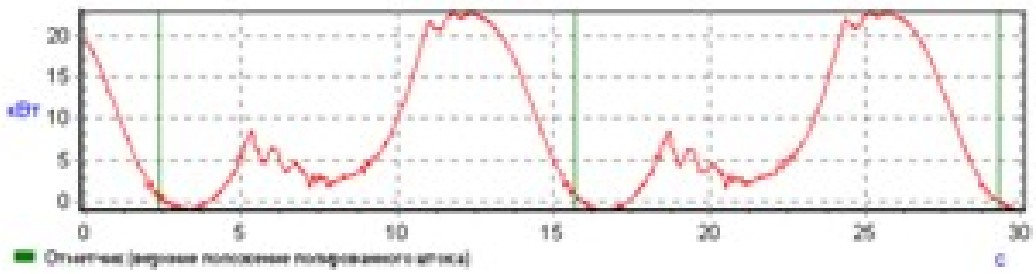
К достоинствам ваттметрирования необходимо отнести такие факторы, как простота измерения (требуется установка только измерительных трансформаторов тока и напряжения на фазах двигателя) и возможность вести учет потребляемой приводом электроэнергии (станции управления могут быть интегрированы в системы коммерческого и технического учета электроэнергии - АСКУЭ и АСТУЭ) [7, 8].

Ваттметрограмма представляет собой кривую потребляемой мощности электродвигателя станка-качалки. По ваттметрограмме прежде всего выявляется такой важный показатель, как несбалансированность СКН (рисунок 9).

Ваттметрирование позволяет получить информацию о работе наземного оборудования, в то время как наиболее важно иметь представление о состоянии и режиме работы глубинного насоса и колонны штанг и труб. Решить данную задачу помогает метод динамометрирования, результатом которого является график зависимости усилия в точке подвеса штанг от перемещения этой точки, называемый устьевая динамограмма.



а) сбалансированный станок-качалка



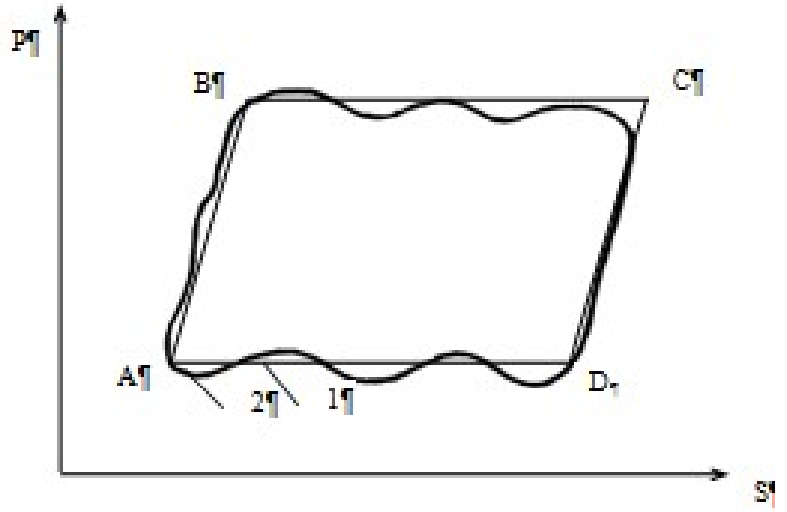
б) несбалансированный станок-качалка

Рисунок 9 - Ваттметрограммы СК

На практике применяются следующие понятия: теоретическая, практическая (замеренная, реальная) динамограмма (рисунок 10). Простейшая теоретическая динамограмма нормальной работы насоса имеет форму параллелограмма (рисунок 10, линия 1). Она строится для условия, когда насос исправен и герметичен, цилиндр заполнен несжимаемой жидкостью, погружение насоса под динамический уровень равно нулю, в насосной установке не возникают динамические нагрузки, коэффициент заполнения насоса равен единице.

Практическая устьевая динамограмма отражает реальное изменение нагрузки на полированный шток за полный цикл качания.

Реальный график отличается от теоретического, в основном, из-за влияния сил инерции и колебательных процессов в колонне штанг (рисунок 10, линия 2). Вследствие влияния силы инерции динамограмма оказывается повернутой на некоторый угол по часовой стрелке, а продольные колебания в колонне штанг вызывают волнообразные изменения нагрузки на устьевой шток.



1 - теоретическая; 2 - практическая

Рисунок 10 - Графики устьевых динамограмм

Размеры и форма реальной динамограммы определяются длиной хода полированного штока и действующих на него усилий, которые, в свою очередь, зависят от глубины спуска и диаметра насоса, частоты качаний и от характера

нарушений в подземном оборудовании или гидростатической нагрузки на плунжер.

Можно сформулировать следующие характерные признаки практической динамограммы, которые в сумме дают право на заключение о нормальной работе насоса:

- линии восприятия (рисунок 10, линия АВ) и снятия (рисунок 1.10, линия CD) нагрузки практически могут быть приняты за прямые;

- линии восприятия и снятия нагрузки у практической динамограммы параллельны соответствующим линиям теоретической динамограммы, и, следовательно, параллельны друг другу;

- левый нижний и правый верхний углы динамограммы острые.

Вывод: с помощью динамометрирования, которое является самым простым, доступным, а, следовательно, и самым распространенным методом промыслового исследования и оперативного контроля за работой СШНУ, решаются следующие задачи:

1) определяются отдельные параметры пласта и скважин, и проверяется режим работы насосной установки: подача насоса, коэффициент продуктивности, коэффициенты наполнения и подачи насоса, давление на приеме насоса, величина деформации труб и штанг;

2) проверяется исправность работы ШГН и выявляются механические неисправности отдельных узлов подземного оборудования: негерметичность всасывающего и нагнетательного клапанов насоса, прихват плунжера, обрыв штанг, неправильность монтажа насоса, негерметичность труб и т.д.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Выбор и обоснование характеристик насоса

ШСН обеспечивают откачку из скважин жидкости, обводненностью до 99%, абсолютной вязкостью до 100 мПа·с, содержанием твердых механических примесей до 0,5%, свободного газа на приеме до 25%, объемным содержанием сероводорода до 0,1%, минерализацией воды до 10 г/л и температурой до 130^0С.

По способу крепления к колонне НКТ различают вставные (НСВ) и невставные (НСН) скважинные насосы. У невставных (трубных) насосов цилиндр с седлом всасывающего клапана опускают в скважину на НКТ. Плунжер с нагнетательным и всасывающим клапаном опускают в скважину на штангах и вводят внутрь цилиндра. Плунжер с помощью специального штока соединен с шариком всасывающего клапана. Недостаток НСН - сложность его сборки в скважине, сложность и длительность извлечения насоса на поверхность для устранения какой-либо неисправности. Вставные насосы целиком собирают на поверхности земли и опускают в скважину внутрь НКТ на штангах. НСВ состоит из трех основных узлов: цилиндра, плунжера и замковой опоры цилиндра.

В трубных же насосах для извлечения цилиндра из скважины необходим подъем всего оборудования (штанг с клапанами, плунжером и НКТ). В этом коренное отличие между НСН и НСВ. При использовании вставных насосов в 2…2,5 раза ускоряются спуско-подъемные операции при ремонте скважин и существенно облегчается труд рабочих. Однако подача вставного насоса при трубах данного диаметра всегда меньше подачи невставного.

Насос НСВ-1 – вставной одноступенчатый, плунжерный с втулочным цилиндром и замком наверху, нагнетательным, всасывающим и противо-песочным клапанами

Насос НСВ спускается на штангах. Крепление (уплотнение посадками) происходит на замковой опоре, которая предварительно опускается на НКТ. Насос извлекается из скважины при подъеме только колонны штанг. Поэтому НСВ целесообразно применять в скважинах с небольшим дебитом и при больших глубинах спуска.

Невставной (трубный) насос представляет собой цилиндр, присоединенный к НКТ и вместе с ними спускаемый в скважину, а плунжер спускают и поднимают на штангах. НСН целесообразны в скважинах с большим дебитом, небольшой глубиной спуска и большим межремонтным периодом.

Чем больше вязкость жидкости, тем выше группа посадки.

Условный размер насосов (по диаметру плунжера) и длина хода плунжера соответственно приняты в пределах:

для НСВ 29 … 57 мм и 1,2 …6 м;

НСН 32 … 95 мм и 0,6…. 4,5 м.

Обозначение НСН2-32-30-12-0:

0 – группа посадки;

12х100 – наибольшая глубина спуска насоса, м;

30х100 – длина хода плунжера, мм;

32 – диаметр плунжера, мм.

Насосная штанга предназначена для передачи возвратно-поступательного движения плунжер насоса. Штанга представляет собой стержень круглого сечения с утолщенными головками на концах. Выпускаются штанги из легированных сталей диаметром (по телу) 16, 19, 22, 25 мм и длиной 8 м – для нормальных условий эксплуатации.

Для регулирования длины колонн штанг с целью нормальной посадки плунжера в цилиндр насоса имеются также укороченные штанги (футовки) длиной 1; 1,2; 1,5; 2 и 3 м.

Штанги соединяются муфтами. Имеются также трубчатые (наружный диаметр 42 мм, толщина 3,5 мм).

Диаметр эксплуатационной колонны - 146 мм

Максимальная кривизна скважины - 1000м 2° пластовое давлении, Нст 27,4 МПа

буферное давление - 11,1 Мпа

глубина спуска насоса - 1206 м

длина хода - 2,5м

число качаний в минуту - 2,5

дебит скважины:

по жидкости, $Q_{ж}$ - 11м³/сут

по нефти (обводненность 88 %), $Q_{н}$ - 3,6 т/сут

Подачей штангового насоса называется количество жидкости, подаваемое насосом в единицу времени.

Условная теоретическая подача (м³/сут.) насосной установки по длине хода устьевого штока выражается формулой 1:

$$Q_{\tau} = 1440 F_{пл} Sn \qquad (1)$$

$$Q_{\tau} = 1440 \cdot 8,04 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 7,24 \text{ м}^3/\text{сут.},$$

где $F_{пл} = 8,04 \cdot 10^{-4}$ м² – площадь сечения плунжера для насоса диаметром 32 мм;

S – длина хода устьевого штока, м;

n – число ходов в минуту.

Фактическая подача насоса всегда меньше теоретической, так как длина хода устьевого штока, измеренная на поверхности, вследствие упругих деформаций штанг и труб не соответствует истинной длине хода плунжера и, следовательно, теоретический геометрический объём, измеренный по длине хода устьевого штока, будет отличаться от объёма, описанного плунжером.

Кроме того, фактическая подача зависит от пригонки плунжера к цилиндру насоса, герметичности труб и клапанных узлов насоса, наличия газа, песка, воды и парафина в нефти, числа качаний, длины хода плунжера и других

факторов. Поэтому фактическая подача жидкости на поверхности может быть значительно меньше объема жидкости, поступающей в цилиндр насоса.

Фактическая подача рассчитывается по формуле 2:

$$Q_ф = \eta \cdot Q_т \qquad (2)$$

$$Q_ф = 0,55 \cdot 7,24 = 3,98 \text{ м}^3/\text{сут.},$$

где $\eta = 0.55$ - коэффициент подачи насоса [5, с.134].

Утечки в зазоре плунжерной пары нового (неизношенного) насоса рассчитывают по формуле Пирвердяна А. М.:

$$q_{ут} = 0,262\left(1 + 1,5 C_э^2\right) \frac{D_{пл} \delta^3 \left(p_{вн} - p_{всц}\right)}{\rho_ж \nu_ж \ell_{пл}} \qquad (3)$$

$$q_{ут} = 0,262\left(1 + 1,5 \times (0,5)^2\right) \cdot \frac{0,032 \cdot (7,5 \cdot 10^{-5})^3}{750 \cdot 8 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{(2,92 - 2,74) \cdot 10^6}{1,2} = 1,22 \cdot 10^{-7} м^3/с,$$

где $\rho_ж$, $\nu_ж$ - соответственно плотность и кинематическая вязкость откачиваемой жидкости;

$D_{пл}$, $\ell_{пл}$ - диаметр и длина плунжера, м (для серийных насосов $\ell_{пл} = 1,2$ м);

δ - зазор между плунжером и цилиндром при их концентричном расположении, м;

$C_э$ - относительный эксцентриситет расположения плунжера в цилиндре, т. е. отношение расстояния между их центрами к величине δ ($0 \le C_э \le 1$); для практических расчётов $C_э$ можно принять равным 0,5;

$p_{вн}$ - давление на выходе насоса;

$p_{всц}$ - давление всасывания в цилиндре.

Расчёт на прочность деталей насоса

Цилиндр насоса подвергается действию внутреннего давления, изменяющегося от нуля до максимального значения, под действием которого в теле насоса возникают тангенциальные и радиальные напряжения. Максимальные напряжения можно определить в зависимости от соотношения внутреннего r_2 и наружного r_1 радиусов цилиндра:

при $r_1 > 1{,}1 r_2$

$$\sigma_r = \frac{p_2 r_2^2}{r_1^2 - r_2^2}\left[1 - \frac{r_1^2}{r^2}\right] \quad (4)$$

$$\sigma_r = \frac{2{,}74 \cdot 10^6 \cdot (0{,}032)^2}{(0{,}041)^2 - (0{,}032)^2}\left[1 - \frac{(0{,}041)^2}{(0{,}045)^2}\right] = 0{,}73 \text{ Мпа}$$

$$\sigma_t = \frac{p_2 r_2^2}{r_1^2 - r_2^2}\left[1 + \frac{r_2^2}{r^2}\right] \quad (5)$$

$$\sigma_t = \frac{2{,}74 \cdot 10^6 \cdot (0{,}032)^2}{(0{,}041)^2 - (0{,}032)^2}\left[1 + \frac{(0{,}032)^2}{(0{,}045)^2}\right] = 6{,}43 \text{ МПа,}$$

где p_2 – внутреннее давление;

r – текущее значение радиуса.

Величину $\sigma_{экв}$ определяют по третьей теории прочности рассчитывается по формуле 6:

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_r^2 + 4\sigma_t^2} \quad (6)$$

$$\sigma_{экв} = \sqrt{(0{,}73)^2 + 4 \times (6{,}43)^2} = 12{,}88 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{экв} \le [\sigma] = 1100 \text{ МПа [4, с.119].}$$

Таблица 2 - Статистическая информация о наработке до отказа штангового насоса, сут.

210	349	152	130	72	355	23	170	48	366
33	180	138	153	30	259	8	389	24	138
113	320	313	218	29	162	253	78	118	68
117	125	237	265	111	140	241	171	277	255

Число информации n=40.

Для облегчения расчетов при числе информации n>25 статистический материал обычно представляется в виде статистического ряда.

Число интервалов ряда примем равным:

$k \simeq \sqrt{n} = \sqrt{40} \simeq 6$.

Величину одного интервала определим по выражению 7:

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{k} \quad (7)$$

где t_{max} – наибольшее значение статистического ряда;

t_{min} – наименьшее значение статистического ряда;

Δt – ширина интервала.

$$\Delta t = \frac{389-8}{6} \simeq 64,$$

При составлении статистического ряда для каждого интервала подсчитывают:

n_i – количество значений случайной величины в i-м интервале;

$P = \frac{n_i}{n}$ – частность (опытная вероятность) в i-м интервале;

$\sum_1^k P_i = \sum_1^k \frac{n_i}{n}$ – накопленная частность;

$\frac{n_i}{n\Delta t}$ – эмпирическая плотность вероятности.

По данным таблицы 2 построен статистический ряд в таблице 3:

Таблица 3 - Статистический ряд

Интервал, сут.	Середина интервала t_i, сут.	Частота n_i	Опытная вероятность $P_i = \frac{n_i}{n}$	$\sum \frac{n_i}{n}$	$\frac{n_i}{n\Delta t}$
0-64	32	7	0,175	0,175	0,0027
65-128	96	8	0,2	0,375	0,0031
129-192	160	10	0,25	0,625	0,0039
193-256	224	6	0,15	0,775	0,0023
257-320	288	5	0,125	0,9	0,0019
321-389	355	4	0,1	1	0,0015

Функция распределения случайной величины может быть достаточно строго определена с помощью статистических характеристик, называемых параметрами распределения.

Распределение случайных величин, изучаемых в теории надёжности, характеризуют с помощью математического ожидания, дисперсии, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации.

Математическим ожиданием случайной величины называется сумма произведений всех возможных значений случайной величины на вероятность этих значений по формуле 8:

$$M(t)=\int_{-\infty}^{\infty} tf(t)dt. \quad (8)$$

На практике для оценки математического ожидания используют среднее арифметическое значение случайной величины. Для статистического ряда рассчитываем по формуле 9:

$$\bar{t}=\sum_{1}^{k} t_{ic}P_i \quad (9)$$

$$\bar{t}=32\cdot 0,175+96\cdot 0,2+160\cdot 0,25+224\cdot 0,15+288\cdot 0,125+355\cdot 0,1=169,9 \text{ сут.}$$

где k – количество интервалов в статистическом ряду;

t_{ic} – значение середины i-го интервала;

P_i – опытная вероятность i-го интервала.

Важным параметром распределения является дисперсия. Дисперсия характеризует разбросанность значений случайной величины около ее математического ожидания. Дисперсия имеет размерность квадрата случайной величины, поэтому часто пользуются среднеквадратическим отклонением случайной величины:

$$\sigma=\sqrt{D} \quad (10)$$

где σ - среднее квадратическое отклонение;

D – дисперсия случайной величины.

Среднее квадратическое отклонение определим по уравнению 11:

$$\sigma=\sqrt{\sum_{1}^{k}(t_{ic}-\bar{t})^2 P_i} \quad (11)$$

$$\sigma=\sqrt{(32-169,9)^2\times 0,175+(96-169,9)^2\times 0,2+(160-169,9)^2\times 0,25+}$$
$$+(224-169,9)^2\times 0,15+(288-169,9)^2\times 0,125+(355-169,9)^2\times 0,1=100,27$$

Статистическая информация может содержать резко выделяющиеся значения, которые оказывают существенное влияние на оценку показателей надёжности. Поэтому все резко выделяющиеся значения случайной величины должны быть проанализированы и исключены из рассмотрения, если они являются следствием грубых ошибок при наблюдении. Однако известны

случаи, когда необоснованно отбрасываются результаты наблюдений, которые якобы нарушают вид исследуемого процесса, что может привести к неверным выводам, особенно при малой выборке. В связи с этим при исключении из рассмотрения отдельных результатов нужно тщательно проанализировать условия проведения наблюдений, физическую картину процесса. Большой разброс значений может быть и следствием резко меняющихся условий эксплуатации, некачественной технологии изготовления изделия.

Приближённо оценку информации на выпадающие точки проводят по правилу $\bar{t} \pm 3\sigma$. Если значения случайной величины не выходят за пределы $\bar{t} \pm 3\sigma$, все точки информации считают действительными.

Для более точной проверки применяют специальные критерии.

По критерию Груббса проверяют крайние члены распределения. Расчет ведется по формуле 12:

$$V = \frac{|t - \bar{t}|}{\sigma}, \tag{12}$$

где t равно t_1 или t_n.

Если $V > V_\alpha$ при известном и принятом уровне значимости α, то крайние члены исключаются из рассмотрения.

а) для наименьшей точки информации рассчитываем по формуле 13:

$$V = \frac{|t_1 - \bar{t}|}{\sigma} \tag{13}$$

$$V = \frac{|8 - 169,9|}{100,27} = 1,61;$$

б) для наибольшей точки информации рассчитываем по формуле 14:

$$V = \frac{|t_{20} - \bar{t}|}{\sigma} \tag{14}$$

$$V = \frac{|389 - 169,9|}{100,27} = 2,19.$$

Выберем для оценки результатов наблюдений уровень значимости $\alpha=0,01$. Так как для обеих точек при n=40 заведомо $V<V_{\alpha}$, то оставляем крайние точки в рассматриваемой совокупности.

По данным статистического ряда строим графики статистических функций показателя надёжности. Поскольку дифференциальная функция f(t) наиболее наглядно отражает специфические черты закона распределения, обычно вначале строят эту функцию, с тем, чтобы по её форме можно было сделать предположение о виде закона распределения.

По форме дифференциальной функции можно предположить, что в нашем случае имеет место распределение Вейбулла.

При построении статистической функции плотности распределения на оси абсцисс откладываются значения статистического ряда.

Статистический ряд позволяет построить интегральную функцию распределения и обратную интегральную функцию распределения функции «отказности» и «безотказности».

Гистограмма и вероятность безотказной работы в первом приближении дают представление о распределении показателя надёжности. Однако в статистическом материале из-за ограниченного числа наблюдений всегда присутствуют элементы случайности. При обработке статистического материала важной задачей является подбор теоретического закона распределения наилучшим образом описывающего статистическое распределение, выражающее его существенные черты без элемента случайности.

Теоретический закон подбирают, принимая во внимание:

– физическую природу отказов;

– опыт отработки деталей и изделий аналогичного назначения;

– форму кривой плотности распределения;

– совпадение опытных точек с теоретической кривой интегральной функции или функции безотказности;

– коэффициент вариации.

Знание коэффициента вариации, характеризующего рассеивание показателя надежности рассчитываем по формуле 15:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t}} \qquad (15)$$

$$V = \frac{100,27}{169,9} = 0,59$$

Так как в нашем случае V>0,5, то в первом приближении принимаем распределение Вейбулла.

2.2 Техобслуживание насоса

Технологический маршрут капитального ремонта ШГН можно описать следующим образом:

1) Поступивший с промысла насос вначале проходит внешний осмотр. При отсутствии серьезных повреждений он поступает на мойку, разборку и последующую мойку отдельных деталей.

Вначале насос подвергается термической обработке - нагреву до 400-450°С с целью выжига парафинистых нефтяных фракций. Затем насос загружается в моечный короб для интенсивной наружной и (при возможности) внутренней мойки. Моющий раствор - горячая вода (100°С) + синтетическое моющее средство Лабомид-203 (допускается применение моечных средств Лабомид-101, 2МС-5, МС-8, 2МЛ-52).

2) Все промытые детали подвергаются дефектовке. При дефектовке проверяются все резьбы, уплотнительные торцы, основные геометрические размеры, прямолинейность и состояние рабочих поверхностей цилиндра и плунжера. Отбраковка ведется в соответствии с требованиями технических условий УК 39-271-95, разработанных Уфимским СПКТБ «Нефтегазмаш».

Вымытый насос поступает на разборку на стенд ОБ95-85.00.000 для разборки насосов ШСН. Стенд позволяет производить разборку насосов следующих типоразмеров: 29; 32; 44 мм. Насос закрепляется за цилиндр в

специальные фрикционные тиски. Иногда при проведении разборки приходится использовать газовую горелку Г-2-04 для предварительного разогрева корродированных и прикипевших деталей. Затем в переводник штока заворачивается специальная тяга, которая вставляется в захват, смонтированный на тяговой цепи. Отступив на безопасное расстояние (5м), включается с выносного пульта управления приводной электродвигатель и вытягивается шток вместе с плунжером из цилиндра.

После разборки насос представляет собой три основных узла:

- цилиндр в сборе с всасывающим клапаном;
- плунжер в сборе с нагнетательным клапаном;
- замок со штоком.

Каждый из этих узлов в свою очередь подвергается дальнейшей разборке.

Цилиндр СШН является одним из основных деталей насоса, имеющих первостепенное значение при его работе и функционировании.

После разборки насоса цилиндры дефектуются в соответствии с ТУ, где регламентируется следующие дефекты:

- трещины любого характера и расположения;
- вмятины, коррозия на рабочих поверхностях;
- изогнутость цилиндров (согласно ТУ бракуются при изогнутости 4 мм и более на длине цилиндра);
- повреждение или износ ниток резьбы;
- износ рабочей поверхности по диаметру.

3) Ремонт цилиндра с большим износом канала включает в себя:

3.1) Предварительную правку на гидравлическом прессе. После дефектовки цилиндр подвергается правке. Для этого используется специальный стенд ОБ95-158.000 с качающимися опорами гидропрессом усилием Р=63кН.

До последнего времени контроль прямолинейности вели при помощи индикатора часового типа по наружной поверхности детали. Однако в связи с неизбежным наличием разностенности детали этот метод дает значительную погрешность. В настоящее время ведется подготовка к внедрению

усовершенствованной технологии, при которой с помощью специального прибора во время правки осуществляется контроль прямолинейности оси именно канала цилиндра, а не вспомогательной технологической базы - нерабочей наружной поверхности, то есть при этой технологии осуществлен принцип совмещения конструкторской и технологической баз, точность при этом возрастает на 30-50%;

3.2) Предварительное хонингование канала, при котором удаляется дефектный слой. Сущность хонингования (хонинг-процесса) заключается в механической доводке предварительно развернутого, расшлифованного или расточенного отверстия специальной вращающейся головкой (хоном с шестью (иногда и более) абразивными раздвижными брусками, имеющей, кроме того, возвратно-поступательное движение. Раздвижение абразивных брусков в радиальном направлении осуществляется механическим, гидравлическим или пневматическим устройством.

В результате хонингования получается гладкая и блестящая поверхность 9-11-го классов и с точностью 1-2-го класса. Охлаждение производится обычно керосином, который способствует удалению абразивных зерен, остающихся в порах металла (особенно чугуна) и увеличивающих износ отверстия при эксплуатации детали, поэтому интенсивное охлаждение необходимо.

Станки для хонингования изготовляются одно- и многошпиндельные (до 6 шпинделей) с гидравлической подачей.

Хонингование имеет по сравнению с внутренним шлифование следующие преимущества:

1) обеспечение цилиндричности поверхности отверстия ввиду отсутствия отжима инструмента, который имеет место при работе на внутришлифовальных станках;

2) отсутствие вибраций, что часто наблюдается у внутришлифовальных станков;

3) плавность хода хонинговальной головки, достигаемая благо даря гидравлической подаче.

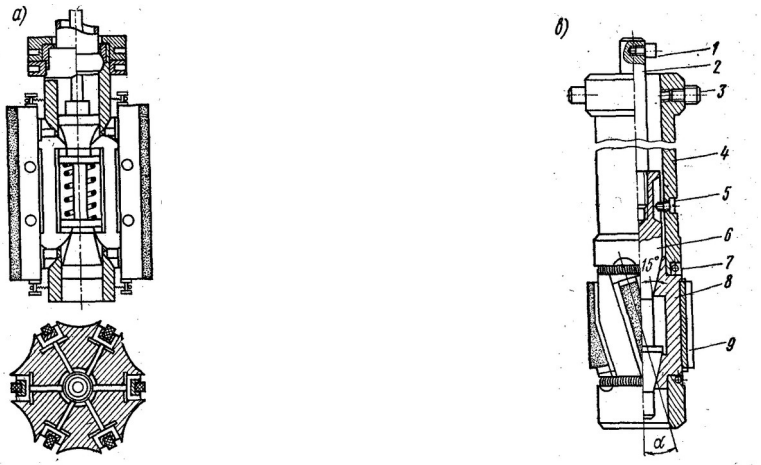
Припуск на хонингование от 0,05 до 0,10 мм может быть снят за - 1-2 мин.

На рисунке 11а представлена конструкция хонинговальной головки с механическим раздвижением абразивных брусков. Новые конструкции хонинговальных головок со значительно большей поверхностью и большей твердостью абразивных брусков с применением увеличенных удельных давлений брусков на обрабатываемую поверхность позволяют снимать большие припуски и сокращают время обработки в 2-3 раза по сравнению с обычными конструкциями головок.

На рисунке 11б показана хонинговальная головка для обработки отверстий с прерывистыми поверхностями, например, отверстие со шпоночной канавкой, или шлицевое отверстие. Особенностью этой головки является то, что абразивные бруски в ней размещены не параллельно ее оси, а под углом m = 15-30'. Головка состоит из корпуса 4, в котором шток 2 ввернут в шток 6, соединенный с четырьмя колодками 8, несущими абразивные бруски 9. На штоке имеются два усеченных конуса с углом 15'. Для предохранения от выпадения колодок 8 из корпуса 4 служат две пружины 7. Хонинговальная головка закрепляется в шпинделе станка с помощью шпилек 1 и 3. Шуруп 5 препятствует штоку 6 провертываться. Расположение абразивных брусков под углом 15-30' обеспечивает постоянное перекрытие шпоночных пазов не менее чем двумя брусками одновременно.

Для изготовления абразивных хонинговальных брусков используют различные искусственные абразивные материалы: электрокорунд, карбид кремния (карборунд), эльбор (кубический нитрид бора) и др. Алмазные бруски дают несколько лучшие результаты. Главное их достоинство - высокая стойкость, в десятки раз превышающая стойкость абразивных брусков. Для изготовления алмазных брусков применяют зерна

природных (естественных) и синтетических (искусственных) алмазов. Для хонинговальных брусков применяют преимущественно синтетические алмазы, обладающие высокой стабильностью свойств, работоспособностью и имеющие по сравнению с природными алмазами значительно меньшую стоимость.



а - конструкция; б - головка для хонингования шлицевого отверстия

Рисунок 11 - Хонинговальная головка

Хонингование цилиндров производится на уникальном хонинговальном станке РТ 617.01. Общая длина станка 12м, длина хонингуемой детали - до б м.с типоразмером а29...и57. Для хонингования цилиндров из азотированной стали 38Х2МЮА используются алмазные бруски 125х12хб АС15 160/125 100 М2-01. В качестве охлаждающей жидкости используются смесь керосина (90%) и масла И-20А (10%).

3.3) Упрочнение канала азотированием. После предварительного хонингования цилиндр подвергается азотированию на глубину от 0,3 до 0,5 мм печи СШЦН 10-60/9. Применяется процесс классического печного низкотемпературного (510-540°С) азотирования, загрузка и выгрузка цилиндров в печь осуществляется в специальной кассете объемом 30 штук.

Режимы азотирования: продолжительность - 30-35 часов, степень диссоциации аммиака 20-40% при 1-ой ступени азотирования, а при полном насыщении - температура 530-540°С, продолжительность 40-50 часов, степень диссоциации аммиака 30-50%. По истечении установленной выдержки печь выключается и детали охлаждаются вместе с печью до температуры 150-200°С.

Азотирование - процесс диффузионного насыщения поверхностного слоя сталей и сплавов азотом. Азотированные материалы имеют высокую поверхностную твердость и прочность, не изменяющуюся при нагреве до 400-450°С, высокую износостойкость и низкую склонность к задирам, высокое сопротивление кавитации и коррозии. Деформация изделий при азотировании минимальна, азотированный слой хорошо шлифуется и полируется. Азотирование используется для придания изделиям из сталей высоких антикоррозионных свойств. Заменяет дорогостоящее хромирование деталей, работающих в условиях абразивного износа. В ходе этого процесса у детали образуется нитридный слой глубиной от 0,2 до 0,5 мм с поверхностной твердостью от 660 до 800 HV. Этот слой характеризуется высокой износостойкостью и высоким сопротивлением к образованию задиров, коррозионному и кавитационному разрушению.

3.4) Окончательную правку описанным выше методом;

3.5) Чистовое хонингование. При этом используются алмазные бруски 125х12х6 АС6 80/63 100-М-2. Величина снимаемого припуска от 20 до 30 мкм. Точность диаметра после хонингования 0,02 мм по всей длине, шероховатость Ка =0,32 мкм. При хонинговании благодаря особенностям конструкции инструмента улучшается и прямолинейность оси канала. При соблюдении всех требований отклонение составляет не более 0,08 мм на длине 1 метр. Полученный после чистового хонингования диаметр записывается краской на наружной поверхности цилиндра.

3.6) Перенарезание присоединительных резьб (в необходимых случаях).

4) Ремонт плунжера с большим износом рабочей поверхности:

4.1) Удаление упрочненного и дефектного слоев.

Наряду с цилиндром плунжер является одной из самых функционально важных деталей насоса, прямо влияющих на его работоспособность. Характерные виды износа плунжера, это, прежде всего отслаивание хромового покрытия и износ по наружному диаметру. На начальной стадии ремонта плунжер подвергается мойке и дефектовке. Критерии дефектовки согласно

УК39-271-95. Если плунжер имеет хромовое покрытие, то слой хрома удаляется гальваническим методом, если плунжер азотирован, то производится термическое деазотирование.

4.2) Предварительная правка (на прессе). После дефектовки плунжер правят. Допустимая изогнутость не более 0,12 мм/1200 мм длины. Правка производится на стенде с качающимися опорами и гидравлическим прессом усилием 63кН. Измерение осуществляется при помощи индикатора ИЧ02 кл.1 часового типа с ценой деления 0,01 мм.

4.3) Дробеструйная подготовка поверхности.

4.4) Упрочнение поверхности путем нанесения износостойкого никель-хромистого порошка марки ПН 70Х17С4Р4. Это процесс нанесения износостойкого покрытия на рабочую поверхность восстанавливаемых деталей методом газотермического напыления самофлюсующимися порошками и состоит из следующих операций: предварительная механическая обработка упрочняемой поверхности, дробеструйная обработка, газотермическое напыление, оплавление и последующая механическая обработка. Предварительная мехобработка плунжера насоса производится на токарном станке и заключается в снятии поверхностного слоя металла в зависимости от величины износа, толщиной 0,5мм.

2.3 Анализ отказов и других технических проблем, выявленных в процессе эксплуатации (обслуживание, ремонте)

Надежность скважинных плунжерных насосов за последние 10 лет существенно возросла. Если межремонтный период (МРП) в большинстве нефтяных регионов не превышал 356 дней, то в настоящее время на передовых предприятиях МРП достиг 500 дней и более. Это связано с использованием передовых технологий при изготовлении насосов и с улучшением приемов технической эксплуатации насосных установок. До настоящего времени в печати мало внимания уделяется вопросам восстановления ресурса

плунжерных скважинных насосов, применяемых при добыче нефти. Этому актуальному вопросу посвящена диссертационная работа.

Во многих отраслях промышленности техническое обслуживание оборудования и восстановление его технической характеристики при ремонте является неотъемлемой частью функционирования предприятий. В нефтедобывающей промышленности эти вопросы рассматриваются зачастую как второстепенные. Поэтому назрела проблема существенного повышения качества ремонтных работ особенно на участках, непосредственно обеспечивающих надежное и бесперебойное функционирование скважинного нефтедобывающего оборудования. По поверхностному оборудованию основные отказы распределились в следующих пропорциях: подвеска сальникового штока - 24,82%, редуктор - 22,3%, тормоз -11,4%, шатунный узел - 9,1%, электродвигатель - 6,6%. По скважинному оборудованию отказы распределились следующим образом: прихват плунжера - 43%, удары плунжера - 19,15%, прихват штанг - 11,54%, обрыв штанг -11,54%, изгиб полированного штока - 4,15%, на остальные неполадки -10,62%.

Удары плунжера о конус происходят из-за «низкой» посадки и являются следствием как низкой квалификации персонала, так и желанием уменьшить величину «мертвого пространства», т.е. должны быть отнесены к субъективным факторам. Остальные отказы являются следствием влияния сложных условий работы и требуют принятия соответствующих конструктивных и технологических решений. Общеизвестным для всех специалистов по добыче нефти слабым элементом в штанговых установок является штанговая колонна.

Первопричиной многих проблем при эксплуатации является специфика его работы, заключающаяся в возвратно-поступательном движении плунжера и колонн штанг и, как следствие, большая амплитуда и величина усилий. В связи с переходом преимущественно к наклонно направленным профилям силы трения штанг о трубы стали существенной составляющей в общей нагрузке, поэтому для повышения эффективности эксплуатации необходима точность прогнозирования сил трения в проектируемых и действующих скважинах с

любыми профилями и определения прижимающих (нормальных) сил, коэффициента трения и сил трения.

Нефтедобывающее оборудование в течение многих лет эксплуатируется без существенной модернизации. Например, скважинные штанговые насосы работают без конструктивных изменений с начала механизированной эксплуатации скважин. Основными узлами этих насосов являются плунжерная пара, всасывающий и нагнетательный клапаны. От их состояния во многом зависит эффективность работы насосной установки. В серийных насосах применяются шаровые клапаны как всасывающие, так и нагнетательные. Ввиду их кажущееся простоты и надежности они не изменились конструктивно за многие годы эксплуатации, несмотря на низкий коэффициент наполнения, не превышающий 0,1 - 0,3 во многих нефтяных регионах.

Таблица 4 – Возможные неисправности насоса и методы их устранения

Неисправность	Возможные причины неисправностей	Способы устранения	Приложения
1. Неравномерный износ резьбы	Неправильная нарезка неравномерные нагрузки	Наплавка	Проволка сварочная Св-08Г2С ГОСТ 2246-70
2. Износ поверхности корпуса	Постоянное трение	Наплавка	Проволка сварочная Св-08Г2С ГОСТ 2246-70
3. Износ манжет	Постоянное трение	Замена манжет	Манжета 1.1-35 х 45 ГОСТ 8752-79
4. Поломка переходников	Большие нагрузки, перекос вала	Замена переходника	Переходник
5. Поломка болта	Большие нагрузки неправильная установка большой срок службы некачественный металл	Замена болтов	Болт М12 ГОСТ 7805-70 Гаечный ключ
- износ резьба на болтах	Болты закручены не до конца с зазором	Замена болтов	Болт М12 ГОСТ 7805-70 Гаечный ключ
- износ резьбы во втулке	Переменные нагрузки Болты закручены не до конца с зазором	Налавкой сточной	Сварочная проволока Напильник
- слом болтов	Большие нагрузки неправильная установка большой срок службы некачественный металл	Замена болтов	Болт М12 ГОСТ 7805-70 Гаечный ключ
6. Поломка вала	Скачок напряжения	Замена вала	Ротор Гаечный ключ
7. Поломка резьбы	Скачок напряжения	Замена корпуса	Статор Гаечный ключ

3 РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ

3.1 Обоснование методов восстановления

Технологический процесс капитального ремонта - это комплекс мероприятий по восстановлению работоспособности оборудования, выполняемый в определенной последовательности и включающий:

1) приемку оборудования в ремонт;

2) моечно-очистные операции;

3) разборка оборудования на агрегаты, сборочные единицы и детали;

4) контроль, сортировка и ремонт деталей;

5) комплектация деталей;

6) сборка сборочных единиц, агрегатов и оборудования в целом;

7) обкатка и испытание после сборки,

8) окраска и сдача оборудования из ремонта.

Основной причиной выхода деталей из строя является износ. В большинстве случаев изношенные детали могут быть восстановлены и повторно использованы. Восстановление деталей - позволяет сократить сроки ремонта. Разработаны различные методы восстановления, каждый из которых имеет свою область применения.

Способы ремонта изношенных деталей:

1) механическая обработка;

2) обработка давлением;

3) сварка;

4) наплавка;

5) металлизация;

6) гальваническое наращивание;

7) пайка;

8) перезаливка антифрикционных сплавов;

9) покрытие пластмассами;

10) склеивание.

Детали ремонтируются путем восстановления формы, и чистоты изношенных поверхностей за счет изменения первоначальных размеров. Метод наращивания является более выгодным. Выбор того или иного метода восстановления определяется техническими возможностями его применения, и экономической целесообразностью.

Стоимость восстановленной детали должна быть меньше стоимости новой. Выработка и выход из строя подшипников скольжения или качения, а также, коррозионные оспины, появление рисок и надиров при попадании мелких посторонних частиц во вкладыши подшипников вместе со смазкой приводят к износу шеек валов. Шейки вала, работающего в подшипниках скольжения, обычно вырабатываются неравномерно и в продольном сечении

принимают форму конуса, в поперечном - эллипса. Шейки вала, работающего в подшипниках качения, изнашиваются при протачивании внутренней обоймы подшипника на валу вследствие послабления при изготовлении или выработке посадочных мест в процессе эксплуатации насоса.

В зависимости от износа посадочных мест валов применяют следующие методы восстановления: хромирование при износе посадочных мест до 0,3 мм; осталивание (железнение) с последующим шлифованием при износе посадочных мест до 0,8 мм; наплавку при износе посадочных мест более 0,8 мм.

3.2 Мероприятия по повышению надежности и износостойкости (снижению эксплуатационных затрат)

Восстановление и упрочнение валов и ротора наплавкой значительно увеличивают срок их службы, обеспечивают большую экономию запасных частей, сокращение затрат на ремонт оборудования. Известны различные способы наплавки - электродуговая, электрошлаковая, газовая, термитная, трением, электронно-лучевая и др. Валы восстанавливают обычно электродуговой наплавкой, не вызывающей деформации обрабатываемых изделий. Для восстановления изношенных валов можно также использовать наплавку трением. Этот процесс по затратам электроэнергии значительно экономичнее электродугового.

В ремонтном производстве для восстановления валов и роторов часто применяют электродуговую наплавку под слоем флюса, в среде диоксида углерода, в струе охлаждающей жидкости, с комбинированной защитой дуги, порошковой лентой и др. Автоматическую электродуговую наплавку под слоем флюса широко применяют для наплавки валов и роторов, изготовленных из нормализованных и закаленных среднеуглеродистых и низколегированных сталей, а также из малоуглеродистых сталей, не подвергающихся термической обработке, имеющих износ от 0,3 до 4,0 мм при однослойной наплавке и свыше

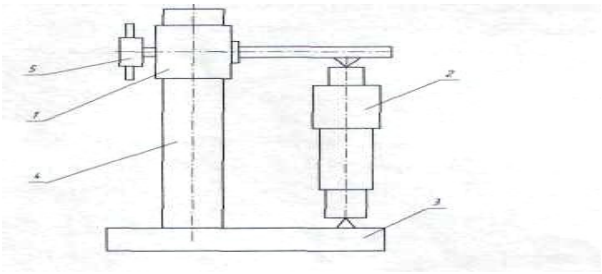
4 мм - при многослойной. Производительность процесса очень высока. Валы диаметром до 50 мм этим способом восстанавливать сложно, так как шлак, не успев затвердеть, стекает с наплавляемого изделия.

Электродуговая наплавка в среде диоксида углерода широко распространена в ремонтном производстве для восстановления валов и роторов диаметром до 40 мм. Автоматическая наплавка порошковой проволокой, которая позволяет наносить слой металла любого химического состава и получать закалочные структуры различной твердости, получила широкое распространение в последнее время. Автоматическая наплавка ленточным электродом и порошковой лентой в 2-3 раза производительнее, чем обычной электродной проволокой, н дает возможность за один ход аппарата наносить слой металла шириной до 100 мм, толщиной 2-8 мм. Этим способом нельзя наплавлять валы малого диаметра. Тугоплавкие сплавы наплавляют плазменным способом, который производительнее других способов.

В последние годы разработаны новые способы наплавки с комбинированной защитой дуги и сварочной ванны для устранения отдельных недостатков того или иного способа восстановления. При восстановлении посадочных мест вала и ротора ручной электродуговой наплавкой поврежденное место вала и ротора протачивают на станке на величину наиболее глубоких повреждений. Затем наплавляют вал до нужных размеров с учетом последующей проточки и шлифовки. Наиболее ответственная операция - наплавка вала и ротора. Кроме ручной применяют автоматическую электродуговую наплавку вибрирующим электродом. Головки для наплавки ГВМК-1 выпускают с вылетом мундштука до 50 мм. Иногда наплавку вала целесообразно проводить без снятия рабочих колес. В этих случаях для головки изготовляют мундштук длиной 250 - 300мм. Восстановление валов вибродуговой наплавкой показано на рисунке 16.

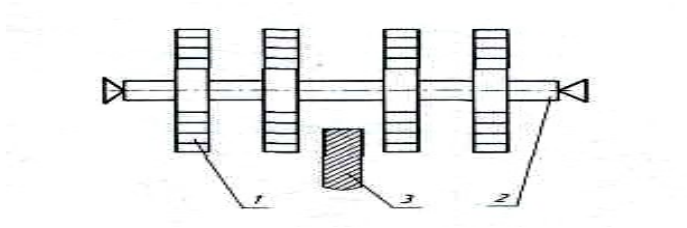
При наплавке лентой от проплавления основного металла зависит степень его перемешивания с наплавленным. Благодаря постоянному перемещению дуги глубина проплавления основного металла при наплавке лентой меньше,

чем при наплавке проволокой. Наибольшее влияние на глубину проплавления и перемешивания основного металла с наплавленным оказывает скорость наплавки с ее ростом увеличивается глубина проплавления, уменьшаются ширина и толщина наплавляемого валика.



1 - планка; 2 - вал; 3- плита; 4 - стойка; 5 – барашек.

Рисунок 12 - Приспособления для наплавки валов спиральным валиком



1- рабочие колеса; 2- вал; 3- головка для наплавки.

Рисунок 13 - Восстановление валов автоматической электродуговой наплавкой вибрирующим электродом

При малых скоростях наплавки снижается проплавление основного металла. Для наплавки холоднокатаной электродной лентой используют сварочные аппараты АДС-1000-2, А-384, А-874, ТС-3.S, головку АБС, сварочные преобразователи постоянного тока ПС-500, ПТС-500, ПС-1000, ПСМ-1000-4 и выпрямители ВС-600, ВС-1000, ВКСМ-1000, ВКСМ-2000. Наплавку осуществляют лентами из стали 08кп и коррозионно-стойких сталей. Широкое применение получили металлокерамические ленты ЛМ-70Х3НМ, ЛМ-20ХЮПОТ, ЛМ-1Х14Н3, ЛМ-5Х4В3ФС, разработанные в Институте электросварки им. Е.О. Патона.

Наплавку металлокерамическими лентами ведут постоянным током обратной полярности. плотность тока на электроде 10-20 А/мм², напряжение

дуги 28-32 В, скорость наплавки 0.16-0.55м/с, скорость подачи ленты 15-150м/ч. Сила тока в зависимости от ширины следующая

Таблица 5 - Зависимость силы тока от ширины ленты

Ширина ленты, мм	30	45	60	75	90
Сила тока, А	300-600	450-900	600-1200	750-1500	900-1800

Восстановление деталей контактным элекроипульсным покрытием заключается в приварке металлической ленты под воздействием сварочных импульсов. Чтобы исключить нагрев детали и улучшить условия закалки приварного слоя, в зону сварка подают охлаждающую жидкость.

При приварке ленты толщиной 0,3 - 0,4 мм рекомендуемая емкость батареи конденсаторов 6400 мкФ. Напряжение заряда конденсаторов регулируют в пределах 260 - 425 В. Ленту приваривают при напряжении 325 - 380 В. Чем больше диаметр восстанавливаемой детали и толщина привариваемой ленты, тем выше требуемое напряжение заряда конденсаторов.

Свариваемость ленты с основным материалом в зависимости от амплитуды и длительности импульса тока определяют по глубине вмятин сварной точки, числу пор на поверхности деталей, прошлифованных до номинального размера, и шелушению приварного слоя толщиной 0,15 - 0,02 мм.

3.3 Технология ремонта (восстановления) рабочих элементов (переходника и удлинителя)

Деталь характеризуется по следующим параметрам:

- класс детали - полый стержнь;

- термообработка HRC 43...47;

- материал Сталь40ХН ГОСТ 4543-71;

- характеристика материала: по химическому составу и механическим

Класс: Сталь конструкционная легированная

Использование в промышленности: оси, валы, шатуны, зубчатые колеса, валы экскаваторов, муфты, валы-шестерни, шпиндели, болты, рычаги, штоки,

цилиндры и другие ответственные нагруженные детали, подвергающиеся вибрационным и динами ческим нагрузкам, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Валки рельсобалочных и крупносортных станов для горячей прокатки металла.

Таблица 6 - Химический состав в % стали 40ХН

C	0,36 - 0,44
Si	0,17 - 0,37
Mn	0,5 - 0,8
Ni	1 - 1,4
S	до 0,035
P	до 0,035
Cr	0,45 - 0,75
Cu	до 0,3
Fe	~96

Удельный вес: 7820 кг/м^3. Термообработка: Закалка и отпуск. Температура ковки: начала 1250°С, конца 830°С. Сечения до 50 мм охлаждаются на воздухе, от 51-200 мм охлаждение в мульде, с 201-300 мм с печью. Твердость материала: НВ 10 -1 = 207 Мпа.

Температура критических точек: Ac_1 = 735, Ac_3(Acm) = 768, Ar_3(Arcm) = 700, Ar_1 = 660, Mn = 305. Обрабатываемость резанием: в горячекатанном состоянии при НВ 166-170 и σв=690 МПа, Kυ тв. спл=1,0 и Kυ б.ст=0,9. Свариваемость материала: трудносвариваемая. РДС, АДС под флюсом, ЭШС.

Необходимы подогрев и последующая термообработка. Флокеночувствительность: повышенно чувствительна. Склонность к отпускной хрупкости: склонна.

Таблица 7 - Механические свойства стали 40ХН

ГОСТ	Состояние поставки, режим термообработки	Сечение, мм	КП	σ0,2(МПа)	σв(МПа)	δ5(%)	ψ%	KCU (кДж / м^2)	НВ, не более
ГОСТ 4543-71	Пруток. Закалка 820 °С, вода или масло. Отпуск 500 °С, вода или масло.	25	-	785	980	11	45	69	-
ГОСТ 8479-70	Поковки. Нормализация	100-300 300-500 500-800	315	315	570	14 12 11	35 30 30	34 29 29	167-207 167-207 167-207

	Поковки. Закалка. Отпуск.	300-500	345	345	590	14	38	49	174-217
		До 100 100-300 300-500 500-800	395	395	615	17 15 13 11	45 40 35 30	59 54 49 39	187-229
		До 100 100-300 300-500	440	440	635	16 14 13 11	45 40 35 30	59 54 49 39	197-235
		500-800							
		До 100 100-300	490	490	655	16 13	45 40	59 49	212-248
		До 100 100-300	540	540	685	15 13	45 40	59 49	223-262
		До 100 100-300	590	590	735	14 13	45 40	59 49	235-277

Таблица 8 - Механические свойства стали 40ХН в зависимости от сечения

Сечение, мм	σ0,2 (МПа)	σв(МПа)	δ4 (%)	ψ %	НВ
Нормализация 870-925 °С, закалка 790 °С, масло. Отпуск 540 °С					
40 80 120	780 730 710	960 920 910	18 20 -	58 54 50	325 302 300

Таблица 9 - Механические свойства стали 40ХН в зависимости от температуры отпуска

Температура отпуска, °С	σ0,2 (МПа)	σв(МПа)	δ5 (%)	ψ %	KCU (кДж / м^2)	НВ
Закалка 820°С, масло						
400 500 600	1220 1080 760	1370 1160 910	10 14 20	41 51 60	32 46 83	837 302 241

Шероховатость рабочих поверхностей и точность их обработки по восстанавливаемым поверхностям Ra 63 и Ra 0,8; базовые поверхности при ремонте детали является внутреннее отверстие и левый торец.; характер износа детали: по восстанавливаемым поверхностям неравномерный; характер нагрузок сборки ударные; характер деформаций изгиб и кручение.

Ремонт места под подшипники

Выбрать способы устранения дефектов насоса.

Дефект 1:

Износ шейки под наружный подшипник

- осталивание;

- хромирование;

Выбираем осталивыние. Так как этот процесс наиболее выгоднее, и составит меньше затрат чем хромирование.

Дефект 2:

Износ кольца под сальник

- Заменить кольцо

Дефект 3:

Износ резьбы

- Вибродуговая наплавка

Вибродуговая наплавка выполняется колеблющимся электродом с частотой 50-100 гц и с амплитудой 1-3 мм. Колебания электрода оказывают существенное влияние на протекание процесса наплавки, состоящего из чередования циклов горения дуги, холостого хода и короткого замыкания.

Важной особенностью процесса является то, что вследствие наличия индуктивности в цепи при сравнительно низком напряжении источника тока (12 … 20 В) дуговой разряд протекает при напряжении устойчивого горения дуги (30… 35 В). В период дугового разряда выделяется 80 … 90 % всего тепла (при коротком замыкании всего 10 … 20%). Схема технологического процесса показана в таб. 10.

Таблица 10 - Разработка схемы технологического процесса, устранения группы дефектов

Дефект	Способ устранения	№ операции	Наименование и содержание операции	Установочная база
1 схема				
Износ шейки под наружный подшипник	Осталивание	№1	Шлифовальная Шлифовать шейки под подшипники	Отверстие
		№2	Осталивание Подготовить деталь и осталивать шейки под подшипники	Отверстия

		№3	Шлифовальная Шлифовать шейки под номинальный размер	Отверстие
		№4	Мойка	
			Промыть деталь	
2 схема				
Износ кольца под сальник	Заменить кольцо			
3 схема				
Износ резьбы	Вибродуговая наплавка	№1	Токарная Проточить изношенную резьбу	Центровые отверстия
		№2	Наплавка Наплавить шейку резьбовую	То же
		№3	Токарная Проточить шейку и нарезать резьбу	То же
		№4	Мойка Промыть деталь	

Таблица 11- План технологических операций

№ оп.	Наименование и содержание операции	Оборудование	Приспособления	Инструмент	
				рабочий	измерительный
1 дефект					
1	Шлифовальная Шлифовать шейки	Кругло-шлифовальный станок 3Б151	Поводковатый патрон с поводком ,центрами	Шлифовальный круг ПП600х40х305 24А40ПСМ 25К8А	Скобы 8113-0106
2	Осталивание Подготовка и осталивание шеек	Ванны для обезжиривания, осталивания. Электрическая печь.	Подвеска	Кисть для изоляции	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1
3	Шлифовальная Шлифовать шейки под номинальный размер	Кругло-шлифовальный станок 3Б151	Поводковатый патрон с поводком ,центрами	Шлифовальный круг ПП600х40х305 24А40ПСМ 25К8А	Скобы 8113-0106

4	Мойка Промыть деталь	Ванна с раствором	Подвеска для мойки деталей		
2 дефект					
5	Замена Замена кольца под сальник				
3 дефект					
6	Токарная Проточить	Токарно-винторезный	Поводковый патрон с поводком,	Проходной резец с	Штанген-циркуль
	изношенную резьбу	станок 16К20	центрами	пластинкой Т15К6	ШЦ-1-125-0,1
7	Наплавка Наплавить шейку под	Переоборудованный токарно-винторезный	Наплавочная головка УАНЖ-5.Приспособление		Штанген-циркуль ШЦ-1-125-
	резьбу вибродуговой наплавкой	станок 16К20.Выпрямитель ВСЛ-600/300	для крепления поворотного кулака на станке		0,1
8	Токарная Проточить шейку и нарезать резьбу	Токарно-винтовой станок 16К20	Поводковый патрон с поводком, центрами	Проходной прямой резец с пластинкой Т15К6. Прямой резьбовой резец Р18	Штанген-циркуль ШЦ-1-125-0,1. Предельное резьбовое кольцо М36х2-6g
9	Мойка Промыть деталь	Ванна с раствором	Подвеска для мойки		

Расчет режимов резания для восстановления резьбы.

В этом разделе приводится расчет режимов резания расчетно-аналитическим методом для операций, на которые вычерчиваются технологические наладки.

Черновое и чистовое точение резьбы под наплавку

Исходные данные:

Обрабатываемый материал – Сталь 40ХН ГОСТ 4543-78.

Материал пластины – Т15К6.

Шероховатость поверхности - черновая 6,3; чистовая 1,6.

Глубина резания рассчитывается по формуле 16:

$$t = \frac{D - d}{2} \qquad (16)$$

T = 0,8 мм

Выбираем подачу S = 1 мм/об

Принимаем стойкость инструмента T = 60 мин

Скорость резания при точении рассчитываем по формуле 17:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^Y} \cdot K_V \cdot \text{ м/мин}, \quad (17)$$

где C_V – постоянный коэффициент,

x, m, y – показатели степени,

K_V – общий поправочный коэффициент скорости резания.

Общий поправочный коэффициент рассчитываем по формуле 18:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV} \cdot K\varphi \cdot K_r \quad (18)$$

где K_{MV}, $K_{ПV}$, $K_{ИV}$, $K\varphi$, K_r – коэффициенты, учитывающие влияние материала заготовки, состояние поверхности, материал инструмента, главный угол в плане резца и радиус при вершине резца соответственно, для резцов с пластинами из твердого сплава K_r не определяется (табл. 1 - 6, 18, стр. 261-263, 271, [1]).

K_{MV}=(750/$\sigma_в$)^{nv} = (750/720)^1 = 1,04

Knv=0,8

$K^{\varphi V}$ =0,9

Kov=1

$$K_V = 1{,}04 \cdot 0{,}8 \cdot 1{,}0 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}0 = 0{,}75$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0.8^{0,15} \cdot 1^{0,45}} 0{,}75 = 123 \text{м/мин}$$

Частота вращения шпинделя рассчитывается по формуле 19:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (19)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 123}{3{,}14 \cdot 128} = 241 \text{ об/мин}$$

Округляем до ближайшего меньшего значения, соответствующего имеющимся оборотам станка $n_{ст}$ = 250 об/мин

Корректируем скорость резания рассчитывается по формуле 20:

$$V_к = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (20)$$

$$V_к = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 250}{1000} = 127 \text{ м/мин}$$

Сила резания при точении рассчитывается по формуле 21:

$$P = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (21)$$

$C_{p,}$ x, y, z – постоянная и показатели степени (табл. 22, стр. 273, [3]);

K_p – поправочный коэффициент.

Поправочный коэффициент рассчитывается по формуле 22:

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \quad (22)$$

где K_{MP}, $K_{\varphi P}$, $K_{\gamma P}$, $K_{\lambda P}$ – коэффициенты, учитывающие фактические условия резания (табл. 9, 10, 23, стр. 264, 265, 275, (1)).

$$K_P = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0,8^1 \cdot 1,0^{0,75} \cdot 127^{-0,15} \cdot 1,0 = 1056 \text{ Н}$$

Мощность резания рассчитывается по формуле 23:

$$N_р = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (23)$$

$$N_p = \frac{1056 \cdot 127}{1020 \cdot 60} = 9,5 \text{ квт}$$

Мощность электродвигателя $N_{эд} = 18,5$ квт

Мощность на шпинделе рассчитывается по формуле 24:

$$N_{шп} = N_{эд} \cdot \eta \quad (24)$$

$$N_{шп} = 18,5 \cdot 0,75 = 13,875 \text{ квт}$$

$$N_{шп} = 9,5 \cdot 0,75 = 7,125 \text{ квт}$$

$N_р < N_{шп}$ или $7,125 < 13,875$; $0,15 < 13,875$

следовательно, станок обеспечит полученные режимы резания.

Основное время рассчитываем по формуле 25:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \quad (25)$$

где L - длина хода с учетом длины врезания и перебега, мм;

i - количество проходов.

В нашем случае $T_0 = \frac{132 \cdot 1}{1{,}0 \cdot 1000} = 0{,}085\ мин$

Операция наплавочная.

Определим штучное время на заплавку резьбы наплавкой под слоем флюса вала. Длина шлицевой шейки *l* = 132.

1) Исходные данные:

1.1 Деталь – вал редуктора, заплавка резьбы. Длина резьбового конца *l* = 132мм.

1.2 Материал – сталь 40ХН.

1.4 Масса детали – не более 134 кг.

1.5 Электродная проволока – стальная Нп-30ХГСА ⊘1,6 мм, плотность 7,8 г/см^3.

1.6 Оборудование - переоборудованный токарно-винторезный станок РТ2503; выпрямитель ВСА-600/300; наплавочная головка А-409.

1.7 Установка детали – в центрах, без выверки.

1.8 Положение шва – горизонтальный.

2) Содержание операции:

- Установить деталь на переоборудованный токарный станок
- Заплавить резьбовой конец
- Снять деталь.

Основное время наплавки резьб продольным способом рассчитывается по формуле 26:

$$T_o = \frac{L}{V_H} \cdot i, \qquad (26)$$

где *L*– длина наплавки, мм;

i – количество слоев наплавки. Диаметр наплавочной проволоки в 1,6 мм обеспечивает толщину наплавляемого слоя в 1 мм. Глубина резьбы впадин составляет более 1,5 мм, тогда количество слоев наплавки принимаю *i* =1;

Vн – скорость наплавки, м/мин.

При наплавке шлиц продольным способом используем формулу 27:

$$L = l \cdot n \qquad (27)$$

где l – длина шлицевой шейки, мм,

n – число шлицевых впадин.

$$L = 132 \cdot 1 = 132 \text{ мм.} = 1{,}32 \text{ м}$$

Определение скорости наплавки:

- диаметр электродной проволоки d = 1,6мм;

- плотность тока принимаю Da = 92 А/мм^2 [Л-1]

- сила сварочного тока $I = 0{,}785 \cdot d^2 \cdot Da = 0{,}785 \cdot 1{,}6^2 \cdot 92 = 185$ А,

- коэффициент наплавки $\alpha_н = 11$ г/А·ч, [Л-1]

- масса расплавленного металла

$$G_{рм} = \frac{I \cdot \alpha_H}{60} = \frac{184 \cdot 11}{60} = 33{,}7 \, г/мин$$

- объем расплавленного металла рассчитывается по формуле 28:

$$Q_{рм} = \frac{G_{рм}}{\gamma} \qquad (28)$$

где γ – плотность расплавленного металла (сталь – 7,8)

$$Q_{рм} = \frac{33{,}7}{7{,}8} = 4{,}32 \, см^3/мин,$$

- скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле 29:

$$V_{пр} = \frac{Q_{рм}}{0{,}785 \cdot d^2} \qquad (29)$$

$$V_{пр} = \frac{4{,}32}{0{,}785 \cdot 1{,}6^2} = 2{,}15 \, м/мин$$

- подача (шаг наплавки) $S = (1{,}2\text{-}2{,}0) \cdot d = 1{,}5 \cdot 1{,}6 = 2{,}4$ мм.

- скорость наплавки рассчитывается по формуле 30:

$$V_H = \frac{0{,}785 \cdot d^2 \cdot V_{пр} \cdot k \cdot a}{t \cdot S} \qquad (30)$$

$$V_H = \frac{0{,}785 \cdot 1{,}6^2 \cdot 2{,}15 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}986}{1 \cdot 2{,}4} = 1{,}69 \, м/мин$$

где t - толщина наплавляемого слоя, в зависимости от диаметра электродной проволоки, мм. $t = 1$ мм для проволоки диаметром 1,6 мм.

Таким образом, основное время наплавки шлицев под флюсом составит:

$$T_o = \frac{0,06}{1,69} \cdot 1 = 0,56 \, мин$$

Вспомогательное время рассчитывается по формуле 31:

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} + T_{B3}, \quad (31)$$

где T_{B1} – вспомогательное время, связанное с изделием, на установку и снятие детали, мин., T_{B1}=0,8 мин;

T_{B2} – вспомогательное время, связанное с переходом. Для подфлюсовой наплавки – 1,4 мин на 1 погонный метр шва, мин, T_{B2}=1,4·1,1=1,54 мин;

t – вспомогательное время на один поворот детали (при подфлюсовой продольной шлицевой наплавке) сварочной головки – 0,46 мин.

Так как шлицевых впадин 10 то T_{B3}=0,46·10 = 4,6 мин.

Вспомогательное время составит:

$$T_B = 0,8 + 1,54 + 4,6 = 6,94 \, мин.$$

Дополнительное время рассчитывается по формуле 33:

$$T_д = \frac{n(T_o + T_B)}{100}, \quad (32)$$

где n – процент дополнительного времени, n=14%.

Дополнительное время составит:

$$T_д = \frac{14 \cdot (1,56 + 6,94)}{100} = 1,61 \, мин.$$

Штучное время определяется по формуле 33:

$$T_{шт} = T_o + T_B + T_д \quad (33)$$

Таким образом штучное время составит: $T_{шт} = 0,56 + 6,94 + 1,61 = 9,11 \, мин.$

Содержание операции:

Установить деталь

Шлифовать шейку.

Измерить шейку

Снять деталь.

Решение:

Основное время рассчитывается по формуле 34:

$$T_O = \frac{2 \cdot L_P \cdot z}{n_u \cdot S_{пр} \cdot S_t} \cdot K, \quad (34)$$

где L_P – длина выхода стола, в одну сторону $L_P = l + \frac{B}{2}$;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

B – ширина (высота) шлифовального круга, мм;

z – припуск на обработку на сторону, мм;

n_u – частота вращения обрабатываемого изделия, об/мин.

$S_{пр}$ - продольная подача, мм/об, $S_{пр}$ = (0,2-0,3)·В= 0,3·20=6 мм/об;

S_t - глубина шлифования (поперечная подача), S_t= 0,005-0,010 (Л-3, с. 119, табл. 86). Принимаю по паспорту станка S_t= 0,075 мм/ход стола, (Л-1, Приложения);

К – коэффициент, учитывающий износ круга и точность шлифования. При черновом шлифовании K= 1,1-1,4, принимаю K=1,2; при чистовом K = 1,5-1,8. Принимаем K = 1,7.

Ход стола составит по формуле 35:

$$L_P = l + \frac{B}{2} \quad (35)$$

$$L_P = 25 + \frac{20}{10} = 35\ мм$$

Частота вращения детали рассчитывается по формуле 36:

$$n_u = \frac{1000 \cdot V_u}{П \cdot Д} \quad (36)$$

V_u – скорость изделия, м/мин, $V_u = 20\ м/мин$ (Л-3, с. 119, табл. 86);

$Д$ – диаметр обрабатываемой детали, мм.

Частота вращения детали составит по формуле 37:

$$n_u = \frac{1000 \cdot V_u}{П \cdot Д} \quad (37)$$

$$n_u = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 50,069} = 254,1\ об/мин$$

По паспорту станка n_n = 260 об/мин (Л-1, стр. 117, Приложения)

Тогда основное время на обработку детали составит:

Черновое рассчитывается по формуле 38:

$$T_O = \frac{2 \cdot L_P \cdot z}{n_u \cdot S_{np} \cdot S_t} \cdot K \quad (38)$$

$$T_O = \frac{2 \cdot 35 \cdot 0,025}{260 \cdot 6 \cdot 0,0075} \cdot 1,2 = 0,18 \, мин$$

Окончательное рассчитывается по формуле 39:

$$T_O = \frac{2 \cdot L_P \cdot z}{n_u \cdot S_{np} \cdot S_t} \cdot K \quad (39)$$

$$T_O = \frac{2 \cdot 35 \cdot 0,017}{260 \cdot 6 \cdot 0,0075} \cdot 1,7 = 0,17 \, мин$$

Таким образом общее основное время на шлифование шейки под передний подшипник составит: $T_O = 0,18 + 0,17 = 0,35 \, мин$

Вспомогательное время рассчитывается по формуле 40:

$$T_B = T_{уст} + T_{пр} \quad (40)$$

$$T_B = 0,6 + 1,55 = 2,15 \, мин$$

$T_{су}$ = 0,6 мин – время на установку и снятие детали

$T_{пр}$ =1,00+0,55=1,55 мин – время, связанное с проходом

3.3) Дополнительное время рассчитывается по формуле 41:

$$T_{ДОП} = \frac{(T_O + T_B)}{100} \cdot K. \quad (41)$$

$$T_{ДОП} = \frac{0,35 + 2,15}{100} \cdot 9 \approx 0,23 \, мин.$$

где K = 9%.

Штучное время рассчитывается по формуле 42:

$$T_{шт} = T_O + T_B + T_{ДОП} \quad (42)$$

$$T_{шт} = 0,35 + 2,15 + 0,23 = 2,73 \, мин$$

Точение диаметра после наплавки

Глубина резания рассчитывается по формуле 16:

$$t = \frac{130-128}{2} = 1 \text{ мм}$$

Выбираем подачу S = 0,2 мм/об

Принимаем стойкость инструмента T = 60 мин

Скорость резания при точении: $K_{MV} = (750/\sigma_в)^{nv} = (750/720)^1 = 1,04$

Knv=0,8

$K^{\varphi V}$ =0,9

Kov=1

$$K_V = 1,04 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,75$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,2^{0,45}} \cdot 0,75 = 64,3 \, м/мин$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot 64,3}{3,14 \cdot 128} = 989 \, об/мин$$

Округляем до ближайшего меньшего значения, соответствующего имеющимся оборотам станка $n_{ст}$ = 1000 об/мин

Корректируем скорость резания

$$V_к = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 1000}{1000} = 65,6 \, об/мин$$

Сила резания при точении рассчитывается по формуле 21:

$$K_P = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

$$P_z = 10 \cdot 200 \cdot 0,36^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 65,6^{-0,15} \cdot 1,0 = 879 \text{ Н}$$

Мощность резания

$$N_p = \frac{Pz \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (43)$$

$$N_p = \frac{1056 \cdot 65.6}{1020 \cdot 60} = 1,6 \text{ квт}$$

Мощность электродвигателя $N_{эд}$ = 18,5 квт

Мощность на шпинделе $N_{шп} = N_{эд} \cdot \eta = 18,5 \cdot 0,75 = 13,875$ квт

$$N_{шп} = 1,6 \cdot 0,75 = 1,2 \text{ квт}$$

$N_p < N_{шп}$ или 1,2< 13,875; 0,15<13,875

Следовательно, станок обеспечит полученные режимы резания.

Основное время на рабочий ход рассчитывается по формуле 44:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \qquad (44)$$

где L - длина хода с учетом длины врезания и перебега, мм;

i - количество проходов.

В нашем случаем $T_0 = \frac{132 \cdot 1}{0{,}2 \cdot 1000} = 0{,}425\ мин$

Техническое нормирование.

$T_{шт}$ нормируется в мин. На каждую операцию тех. Процесса и состоит из основного времени T_o, вспомогательного $T_в$, времени организационного обслуживания рабочего места $T_{орг}$, времени тех. Обслуживания $T_т$ и времени перерывов в работе $T_{пер}$.

$$T_{шт} = T_o + T_в + T_{орг} + T_т + T_{пер} \qquad (45)$$

T_o - время в течение, которого происходит изменение состояния обьекта производства, что и является целью выполняемой операцииж.

$T_в$ - время охватывающее действие обеспечивающее выполнение основной работы, оно включает время на установку, закрепление и снятие обрабатываемой заготовки, подвод и отвод инструмента, промеры и прочее.

$$T_в = T_{в\,у} + T_{в\,о} + T_{в\,изм} \qquad (46)$$

$T_{в\,у}$ – время на установку и снятие детали.

$T_{в\,о}$ – вспомогательное время связанное с операцией.

$T_{в\,изм}$ - вспомогательное неперекрываемое время на измерения.

$T_{орг}$ - время, затрачиваемое на осмотр и опробование, раскладку и уборку инструмента, смазку оборудования, очистку от стружки.

$T_{орг}$=4,5% T_o

$T_т$ - время, затрачиваемое на смену инструмента под наладку оборудования, заправку и регулировку инструмента. $T_т$=2,5%.

$T_{пер}$ – время, регламентируемое условиями работы для переодич. отдыха или время на естественные потребности. $T_{пер}$= 2%.

Все времена, входящие в $T_{шт}$ отнесены к одной заготовке.

Операция Токарная

$T_о$ = 0,51мин

$T_{в\,у}$ = 0,17·2 = 0,34мин

$T_{в\,о}$ = 0,17мин

$$T_{в\,изм}= 0,12 + 0,13 + 0,09 = 0,34мин,$$

где 0,12, 0,15 мин – время измерения скобой односторонней предельной, 0,08 мин - время измерения штангенциркулем.

$$T_в = 0,34 + 0,17 + 0,34 = 0,85мин$$

$$Топ = T_о + T_в = 0,51+0,85 = 1,36мин$$

$$T_{орг} + T_{пер} = 3\% \cdot Топ = 3\% \cdot 1,36 = 0,04мин$$

$$T_т = 2,5\% \cdot T_о = 2,5\% \cdot 0,5 = 0,01мин$$

$$T_{пер} = 2\% \cdot 0,24 = 0,005мин$$

$$T_{шт} = 0,5\ 1+ 0,85 + 0,04 + 0,01 = 1,41мин$$

Операция наплавочная

$T_о$ = 12 мин

$T_{в\,у}$ = 3 мин

$T_{в\,о}$ = 0,55мин

$T_{в\,изм}$ = 0,22мин – время измерения калибром- скобой

$$T_в = 0,18 + 0,55 + 0,22 = 0,95мин$$

$$Топ = T_о + T_в = 12+0,95 = 12,65 мин$$

$$T_{орг} + T_{пер} = 3\% \cdot Топ = 3\% \cdot 0,79 = 0,02мин$$

$$T_т = 2,5\% \cdot T_о = 2,5\% \cdot 12 = 0,3 мин$$

$$T_{шт} = 12 + 0,95+ 0,02 + 0,3 = 13,3мин$$

При контроле детали проверяют: биение базового торца с помощью индикатора и центровой оправки; точность изготовления отверстия контролируют с помощью 2-х сторонней пробки; точность наружных поверхностей тел вращения контролируют с помощью скоб; точность изготовления паза контролируют с помощью вкладыша.

Кроме всего перед началом непосредственного контроля поверхностей изготовленной детали визуально проверяют шероховатость, отсутствие

заусенцев и наличие фасок. Разностенность проверяют с помощью универсальных измерительных средств. В основном индикатором на стойке. Проверим усилие поджима детали на контрольно измерительном приборе.

3.4 Технология ремонта переходника

Ремонт – комплекс работ по восстановлению исправности или работоспособности машин и восстановлению ресурса машин или их составных частей. При ремонте возможно осуществить два сценария исправления дефектов. Первый: разобрать узел и заменить изношенные детали на новые, второй – разобрать узлы и произвести восстановление изношенных с доведением до размеров новых деталей с улучшением их физико-механических свойств. Анализ обоих вариантов показывает, что второй сценарий более выгодный как с точки зрения экологии, так и обеспечения надежности сопряжений. Восстановление деталей – технически обоснованное и экономически оправданное мероприятие. Оно позволяет ремонтно-обслуживающим предприятиям и мастерским хозяйств сокращать время простоя неисправных машин, оборудования, повышать качество ремонта, улучшать показатели надежности и использования машин. В таб. 12 и 13 приведена схема технологического процесса восстановления.

Таблица 12 - Схема технологического процесса

Дефект	Способы устранения	№ операции	Наименование и содержание операции	Установочная база
Износ шеек Б и В	Наплавка	1	Наплавочная. Наплавить поверхности Б и В	Наружный диаметр детали
	Шлифование черновое	2	Шлифовать поверхности	Наружный диаметр детали
	Шлифование чистовое	3	Шлифовать поверхности	Наружный диаметр детали
			Моечная. Промыть деталь в содовом растворе	

Таблица 13- План технологических операций

№	Наименование и содержание операции	Оборудование	Приспособления	Инструмент		Базы
				Измерительный	Рабочий	
005	Моечная	ОГ-492 Ванна моечная	Подвеска	-	5-ти % раствор соды, 60°С	-
010	Точение (черновая)	Иокарный	-	Микрометр МК 25-50	Резец	Центровые отверстия
015	Наплавочная Наварить поверхности	Токарный станок 16К20м	Наплавочная Головка А-580М, Преобразователь ВДУ-504	Штангенциркуль ШЦ 1-125-01	Электрод	Центровые отверстия
020	Точение (черновая)	Токарный	-	Микрометр МК 25-50	Резец	Центровые отверстия
030	Моечная	Ванна моечная	Подвеска	-	-	-
035	Сушильная. Сушка детали	Сушильная камера	-	-	-	
040	Контрольная	Поверочная плита ПП123	Штатив стойка	Микрометр МК 25-50	-	-

Определение припусков на обработку поверхностей Б и В кулака разжимного. Определить припуски на обработку при восстановлении вибродуговой наплавкой поверхностей Б и В кулака разжимного (дет. 5320-3502110). Диаметр изношенной детали $D_{изн}$ = 128 (за пределы последнего ремонтного размера).

Перед наплавкой требуется обработка для устранения неравномерности износа. В данном случае - точение. Припуск на предварительную обработку (на сторону), принимаем δ_1 = 0,05мм.

Диаметр минимальный рассчитывается по формуле 47:

$$D_{мин} = D_{изн} - 2\delta_1 \quad (47)$$

$$D_{мин} = 128 – 2 \cdot 0,05 = 127,9 \text{ мм}$$

На этот размер наплавляется слой толщиной Н.

После наплавки деталь обрабатывается до номинального размера (размера по рабочему чертежу 38мм) шлифованием. Шлифование в 2 стадии:

- черновое - для обдирки наружной сварочной (наплавочной) корки Принимаем δ_2 = 0,4мм;

- чистовое - для обработки до размера по чертежу δ_3 = 0,05мм. Номинальный диаметр (по рабочему чертежу).

$$D_{ном} = Ø128^{-0,05}_{-0,85}$$ мм; принимаем $D_{ном}$ = 128,0мм.

Диаметр наплавленной детали по формуле 47 составит:

$$D_{мах} = D_{ном} + \delta_2 + \delta_3 \quad (47)$$

$D_{мах}$ = 128,0 + 2 ·0,40 + 2·0,05 = 128,9мм. Толщина наплавленного слоя:

$$H = (D_{мах} - D_{мин})/2 \quad (49)$$

$$H = (128,9 – 127,65)/2 = 0,625мм.$$

Так как толщину наплавленного слоя трудно обеспечить с точностью до сотых долей мм, принимаем H = 0,6мм, тогда уточняем δ_2 = (2·2,6 + 128,8 - 38,0 – 2·0,05)/2 = 0,45мм. Результат расчета:

1. Точение до наплавки: от $D_{изн}$= 127.75мм до $D_{мин}$ = 127,65мм припуск δ_1= 0,05мм.

2. Наплавка: от $D_{мин}$ = 127.65мм до $D_{мах}$ = 128,9мм.

Толщина наплавленного слоя H = 0,6мм.

3. Шлифование после наплавки: черновое с $D_{мах}$ = 128,9мм до D_1 = 128,1мм, припуск δ_2 = 0,4мм.

4. Шлифование под размер рабочего чертежа с D_1=128,1мм до $D_{ном}$=128 мм припуск = 0,05мм.

δ_3 = 0,05мм.

Определение режимов обработки и расчет технологической нормы времени на операцию.

Операция 010 «Токарная».

Содержание операции: установить деталь в станок;

- включить станок и последовательно поверхности Б и В;

- выключить станок, снять деталь.

Припуск на чистовое 0,05мм на сторону .

Принимаем скорость круга Vкр = 25 м/с

Частоту вращения детали при принимаем nи =120об/мин по паспорту станка

Определяем частоту вращения рассчитывается по формуле 50:

$$nk = 1000 \cdot Vкр \cdot 60/\pi \cdot Dk \quad (50)$$

$$nk = 1000 \cdot 25 \cdot 60/3{,}14 \cdot 600 = 796 \text{ об/мин}$$

Принимаем подачу S = 0,005мм/об.

Определяем основное (машинное) время рассчитывается по формуле 51:

$$To = z \cdot k/nи \cdot S, \text{ мин.} \quad (51)$$

где *z* - припуск на обработку, мм;

k - коэффициент, учитывающий точность, *k* = 1,5 – 1,8 при чистовом.

Чистовое шлифование рассчитывается по формуле 52:

$$T_o = h \cdot K/nu \cdot S \quad (52)$$

$$T_o = 0{,}05 \cdot 1{,}6/120 \cdot 0{,}005 = 0{,}133 \text{ мин.}$$

Расчет вспомогательного времени:

- вспомогательное время на установку детали в центрах с поводковым патроном - 0,30 мин.

- вспомогательное время, связанное с переходом - 0,2 мин.

- вспомогательное время, связанное с измерением обрабатываемой поверхности скобой - 0,25 мин. на одно измерение

Полное значение вспомогательного времени составит:

$$T_{Всп} = 0{,}3 + 0{,}2 + 0{,}25 = 0{,}75 \text{ мин.}$$

Определяем оперативное время рассчитывается по формуле 53:

$$T_{оп} = T_o + T_{всп} \quad (53)$$

$$T_{оп} = 1{,}133 + 0{,}75 = 1{,}88 \text{ мин.}$$

Определяем дополнительное время (7% от $T_{оп}$)

$$T_{доп} = 0{,}07 \cdot T_{оп} = 0{,}07 \cdot 1{,}88 = 0{,}13 \text{ мин.}$$

Определяем штучное время рассчитывается по формуле 54:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп} \quad (54)$$

$$T_{шт} = 1{,}88 + 0{,}13 = 2{,}01 \text{ мин.}$$

Принимаем подготовительно-заключительное время $T_{пз}$=10мин

$$T_н = T_{шт} + (Tпз/x) \quad (55)$$

$$T_н = 2{,}01 + 0{,}13 = 2{,}14 \text{мин.}$$

Операция 015 «Наплавочная»

Определим норму штучного времени вибродуговой наплавки.

Содержание операции:

- установить деталь в станок;

- включить станок и последовательно наплавить поверхности Б и В;

- выключить станок, снять деталь.

1. Основное время:

- для наплавки тел вращения рассчитывается по формуле 56:

$$To = L \cdot i / (n \cdot S) \quad (56)$$

To =11мин.

При наплавке тел вращения длина наплавленного валика определяется по формуле 57:

$$L = \pi \cdot D \cdot I/(1000 \cdot S) \quad (57)$$

где D - диаметр наплавляемой детали, 37,65 мм;

I - длина наплавляемой детали, 88 мм;

S - шаг наплавки, 1,92 мм;

Последовательность определения скорости наплавки:

-диаметр электродной проволоки принимается в пределах 1-2 мм, предпочтительно $d = 1{,}2$ мм;

-плотность тока Да, А/мм^2 выбирается в зависимости от вида наплавки и диаметра наплавочной проволоки;

-$Д_а$=85 А/мм^2.

-сила сварочного тока $I = 0{,}785 \cdot d^2$Да;

-I=96,08А.

-коэффициент наплавки αн, г/А · ч;

-$\alpha_н$=6 г/А · ч.

- масса расплавленного металла рассчитывается по формуле 58:

$$Gрм = J \cdot \alpha н/60, \text{ г/мин} \quad (58)$$

-$Gрм$ =9,6, г/мин.

-объём расплавленного металла Qрм= Gрм/у , см3/мин;

-$Q_{рм}$=1,23, $см^3$/мин.

где у - плотность расплавленного металла, г/$см^3$; для стали=7,8 г/$см^3$.

- скорость подачи электродной проволоки Vпр, м/мин.

Скорость подачи электродной проволоки рассчитывается по формуле 59:

$$V_{пр}=QPM/(0,785 \cdot d_2) \quad (59)$$

$$V_{пр}= 1,088 \text{ м/мин.}$$

- подача (шаг наплавки) рассчитывается по формуле 60:

$$S = (1,2 - 2,0)\ d, \text{ мм/об.} \quad (60)$$

$$S = 1,6 \cdot 1,2 = 1,92 \text{ мм/об.}$$

- скорость наплавки рассчитывается по формуле 61:

$$Vн = 0,785 \cdot d_2 \cdot V_{пр} \cdot a \cdot K/(t \cdot S) \quad (60)$$

где K - коэффициент перехода металла на наплавляемую поверхность, то есть учитывающий выгорание и разбрызгивание металла; K=0,77.

a - коэффициент неполноты наплавленного слоя; a=0,85

$V_н$=0,25м/мин.

- частота вращения детали определяется по формуле 62:

$$n = 1000 \cdot Vн/(\pi \cdot D), \text{ об/мин} \quad (62)$$

n = 2,11

i - количество слоев наплавки=1

1.Вспомогательное время:

$$T_в = T_{в1} + T_{в2} + T_{в3} \quad (63)$$

$T_в$=2,2мин.

где $T_{в1}$ - вспомогательное время, связанное с изделием, на установку и снятие детали, мин (см. Л-7, с.315).

$T_{в2}$ - вспомогательное время, связанное с переходом. Для вибродуговой наплавки и в среде СО2 - 0,7 мин на 1 погонный метр шва, а для подфлюсовой наплавки - 1,4 мин на 1п.м. шва:

Твз - вспомогательное время на один поворот детали (при подфлюсовой продольной наплавке шлицев и установку мундштука) сварочной головки - 0,46 мин.

Дополнительное время определяется по формуле 64:

$$T_д = П(T_о + T_в)/100 \quad (64)$$

$T_д$=1,58мин.

где *П*- процент дополнительного времен *П*= 12%.

Штучное время определяется по формуле 65:

$$Тщт = То + Тв + Тд \quad (65)$$

$T_{шт}$=14,78мин.

Операция 025 «Токарная».

Содержание операции:

- установить деталь в станок;

- включить станок и последовательно точить поверхности;

- выключить станок, снять деталь.

Припуск на чистовое точение 0,05мм на сторону.

Принимаем скорость круга *Vкр* = 25 м/с

Частоту вращения детали при шлифовке принимаем nи =120об/мин по паспорту станка

Определяем частоту по формуле 50:

$$nk = 1000 \cdot 25 \cdot 60/3{,}14 \cdot 600 = 796 \text{ об/мин}$$

Принимаем подачу *S* = 0,005мм/об.

Чистовое шлифование определяется по формуле 52:

$$T_о = 0{,}05 \cdot 1{,}6/120 \cdot 0{,}005 = 0{,}133 \text{ мин.}$$

Расчет вспомогательного времени:

- вспомогательное время на установку детали в центрах с поводковым патроном - 0,30 мин.

- вспомогательное время, связанное с переходом - 0,2 мин.

- вспомогательное время, связанное с измерением обрабатываемой поверхности скобой - 0,25 мин. на одно измерение

Полное значение вспомогательного времени составит:

$$T_{Всп} = 0,3 + 0,2 + 0,25 = 0,75 \text{ мин.}$$

Определяем оперативное время:

$$T_{оп} = T_{о} + T_{всп} = 1,133 + 0,75 = 1,88 \text{ мин.}$$

Определяем дополнительное время (7% от $T_{оп}$)

$$T_{доп} = 0,07 \cdot T_{оп} = 0,07 \cdot 1,88 = 0,13 \text{ мин.}$$

Определяем штучное время:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{доп} = 1,88 + 0,13 = 2,01 \text{ мин.}$$

Принимаем подготовительно-заключительное время Тпз=10мин

$$T_{н} = T_{шт} + (Tпз/x) \quad (66)$$

$$T_{н} = 2,01 + 0,13 = 2,14 \text{мин.}$$

Расчет годового объема работ.

Годовой объем работ на участке определяется по формуле 67:

$$T_{г} = N \cdot n \cdot K_{р} \cdot T_{Н}/60, \text{ чел-ч} \quad (67)$$

где $T_{н}$ - техническая норма времени по операциям, или операция, выполняемая на одном оборудовании.

$$T_{г} = 10000 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot Тн/60 = 133,33 \cdot T_{Н} \text{ чел-ч}$$

Расчет числа производственных рабочих. Потребное число производственных рабочих для выполнения годовой производственной программы определяем по форме 68:

$$P_{сп} = T_{г} / Ф_{др\ чел}, \; P_{яв} = T_{г} / Ф_{нр\ чел}. \quad (68)$$

где $Ф_{др}$ и $Ф_{нр}$ - соответственно действительный и номинальный годовой фонды рабочего времени, принимаем $Ф_{нр}$ = 2070 часов и $Ф_{др}$ = 1860 ч для станочников и $Ф_{др}$ = 1820 ч для наплавщиков

Число сварщиков-наплавщиков определяется по формуле 69:

$$P_{сп} = T_{г}/Ф_{др} \quad (69)$$

$$P_{сп} = 133,33 \cdot 11,2/1820 = 0,82, \text{ принимаем 1 чел.}$$

Число станочников определяется по формуле 70:

$$P_{сп} = T_г / Ф_{др} \quad (70)$$

$P_{сп}$ = 133,33·2,1/1860 = 0,15, принимаем 1 чел, кроме того, назначаем 1 вспомогательного рабочего, выполняющего работы по мойке деталей и обеспечению основных рабочих мест деталями.

3.5 Монтаж (сборка-разборка, регулировка)

Закрепленная на переводнике плунжера часть автосцепа состоит из сердечника с вкладышем и патрубком. На наружной поверхности этой части расположен подпружиненный стакан захвата.

При зацеплении цанговый захват отжимает стакан вниз и, когда конец захвата попадает в карман сердечника, стакан под действием пружины перемещается вперед и запирает захват. В это же время центратор перемещает золотник вниз, закрывая сливное отверстие в патрубке.

При отцеплении стакан упирается в упор и, отжимаясь, освобождает цанговый захват, который выходит из зацепления с сердечником. В это же время вкладыш отводит золотник вверх, открывая при этом сливное отверстие патрубка.

Штоки штанговых насосов применяют для соединения плунжера с колонной насосных штанг. В верхней части штока имеется головка, лыски которой взаимодействуют с замком насоса или защитным клапаном. Шток допускается изготовлять составным, в этом случае головка к нему присоединяется резьбой.

Значение фактического диаметра цилиндра заносят в паспорт насоса.

Конструкцией насосов должна быть обеспечена высокая степень унификации узлов по присоединительным размерам. Конструкцией переводников должно быть обеспечено удобство монтажа насоса на устье скважины и надежность захвата элементов насоса стандартными элеваторами и слайдерами.

Конструкции цилиндров и плунжеров должны соответствовать следующим требованиям: максимальная разность размеров внутреннего диаметра одного цилиндра 0,03 мм.

Общую длину цилиндра и удлинителей рассчитывают из условия обеспечения максимального хода плунжера с выходом в удлинители примерно на 1/ 4 часть его длины плюс не менее 150 мм.

3.6 Выбор оборудования

Технические характеристики станка РТ2503. РТ2503 - Станок токарно-винторезный. Станки РТ2503 Предназначен для обтачивания и растачивания в центрах или патроне цилиндров, крутых и пологих конусов, обработки торцов, нарезания метрической, модульной, дюймовой резьб. Число суппортов – 2. Точность: Н. Диаметр обрабатываемой детали над станиной - 630 мм. Диаметр детали над суппортом – 350мм. Длина обрабатываемой детали – 10000мм. Минимальная частота вращения шпинделя 10 об/м. Максимальная частота вращения шпинделя 1250 об/м. Потребляемая мощность 12 кВт.

Замена (аналоги): Модель УЧПУ. Вес станка 11800 кг. Размеры 12420х1815х1430мм.

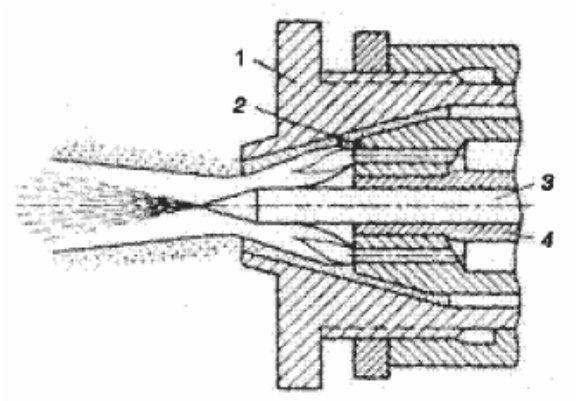
Токарно-винторезный станок 16К20 предназначен для выполнения различных токарных работ и нарезания метрической, модульной, дюймовой и питчевой резьб. Обрабатываемые детали устанавливаются в центрах или патроне. Станок заменяет модель 1К62. По всем качественным показателям (производительности, точности, долговечности, надежности, удобству обслуживания, безопасности работы и т. д.) превосходит станок модели 1К62. Жесткая коробчатой формы станина с калеными шлифованными направляющими установлена на монолитном основании.

Жесткая коробчатой формы станина с калеными шлифованными направляющими установлена на монолитном основании, одновременно служащим стружкосборником и резервуаром для охлаждающей жидкости.

Таблица 14 - Технические характеристики токарного станка 16К20

Наименование параметра	16К20
Основные параметры станка	
Класс точности по ГОСТ 8-82	Н
Наибольший диаметр заготовки устанавливаемой над станиной, мм	400
Высота оси центров над плоскими направляющими станины, мм	215
Наибольший диаметр заготовки обрабатываемой над суппортом, мм	220
Наибольшая длина заготовки, устанавливаемой в центрах (РМЦ), мм	710, 1000, 1400, 2000
Наибольшее расстояние от оси центров до кромки резцедержателя, мм	225
Наибольший диаметр сверла при сверлении стальных деталей, мм	25
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в центрах, кг	460..1300
Наибольшая масса заготовки, обрабатываемой в патроне, кг	200

Оборудование для напыления:

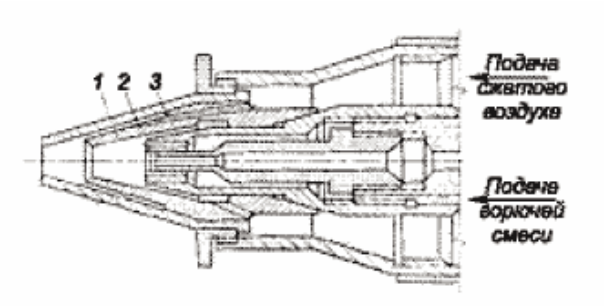


1 - воздушное сопло; 2 - газовое сопло; 3 - пруток; 4 - направляющая трубка

Рисунок 14 - Схема проволочного распылителя

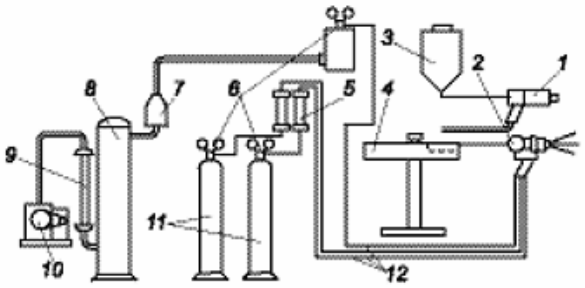
Проволочный распылитель (рисунок 14) имеет распылительную головку, по оси которой подается проволока, пруток или шнур. Горелка с дополнительным воздушным соплом, предложенная М.М. Морозовым (см. рисунок 3), обеспечила интенсивный нагрев поверхности подаваемого материала за счет прижатия пламени к распыляемому материалу расширяющимся воздушным конусом.

Воздух дополнительно ускорял и дробил частицы материала.



1 - дополнительное воздушное сопло; 2 - воздушное сопло; 3 - газовое сопло

Рисунок 15 - Распылитель с двойным воздушным соплом



1 - порошковый распылитель; 2 - проволочный распылитель; 3 - порошковый питатель; 4 - бухта проволоки на вращающемся столе; 5 - ротаметры газовые; 6 - газовые баллоны; 7 - фильтр; 8 - ресивер; 9 - воздушный ротаметр; 10 - компрессор

Рисунок 16 - Схема универсальной установки газопламенного напыления.

На рисунке 16 представлена схема универсальной установки для газопламенного напыления. Фирма Norton Packo Industrial Ceramics (США) с 50-х годов специализируется на выпуске стержневых материалов для напыления керамики. В настоящее время фирма выпускает стержни из оксидов диаметром до 8 мм. Достоинством подачи керамики в виде стержней является гарантия проплавления материала, недостатком - прерывистость процесса, влияющая на качество поверхности покрытия. Лучший газопламенный стержневой распылитель УР-2А конструкции М.М. Коноплина был разработан в конце 50-х годов в ВИАМе. Распылитель имел дополнительное воздушное сопло, направляющее воздух в радиальном направлении в зону плавления керамического стержня, где осевая скорость частиц была невелика. «Загибающий» воздух дробил относительно крупные (100…160 мкм)

расплавленные частицы на более мелкие (20…40 мкм) и направлял их под углом 45…50° к поверхности изделия. Дистанция напыления составляла 50 мм. Плотность покрытий из стержней со связующим на жидком стекле достигала 95%. Осевое расположение распылителя и малая дистанция напыления позволяли наносить покрытия на внутреннюю поверхность трубы диаметром 100 мм.

В отличие от иностранных и отечественных распылителей пистолетного типа оператор работал сидя, в удобной позе, держа распылитель на коленях.

Современный российский проволочный газопламенный распылитель типа MDP-115, с приводом от электродвигателя мощностью 150 Вт работает на проволоке диаметром 3…3.17 мм из различных материалов (коррозионно-стойкие и углеродистые стали, латуни, бронзы, баббиты, *Al*, *Cu*, *Mo*, *Zn*, *Sn*, *Pb*, сплавы на никелевой и кобальтовой основах).

Производительность по цветным металлам - до 15 кг/ч, по стали и сплавам - до 9 кг/ч, расход кислорода - 50 л/мин, расход ацетилена или пропана - до 20 л/мин. Давление воздуха - 0,5 МПа. Масса распылителя - 4,1 кг. Он может комплектоваться автоматической установкой, оснащенной роботизированной системой, боксом и пультом дистанционного управления.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЕКТА

В экономической части производиться обоснование целесообразности производимого ремонта.

Таблица 15 - Технологический процесс восстановления

Наименование операции	Трудоемкость, мин	Разряд работ	Цена оборудования, руб.	Площадь оборудования в плане, м^2	Суммарная мощность, кВт
Мойка	4,33	2	230000	1,2	3,6
Дефектация	0,192	3	9700	2,1	0,25

Точение	2,81	4	910000	1,44	4,0
Наплавка	6,71	4	340000	3,3	4,12
Точение	2,93	4	910000	1,44	4,0
Итог	16,972		2399700	9,48	15,97

Критерии выбора. При изготовлении деталей на специализированном предприятии, а восстановлении предприятии, эксплуатирующем (или ремонтирующем) автомобили, последнее будет выгодно при условии 71:

$$C_{ПВ} + E_н \cdot K_B \leq K_р \cdot Ц_н \cdot K_T \quad (71)$$

где $C_{пв}$ - полная себестоимость восстановленной детали, руб.;

$Ц_н$ - цена новой детали, руб.;

$K_в$ - удельные капитальные вложения при восстановлении и изготовлении деталей, руб.;

$K_р$ - коэффициент долговечности;

K_T - коэффициент учитывающий транспортно-заготовительные расходы предприятия - потребителей детали.

Таблица 16 - Данные для расчета

Показатели	Сумма
Цена новой детали, руб.	4860
Масса детали, кг	201
Цена материала детали, руб.	18
Цена площади, руб./м^2	1750
Цена энергии, руб./кВт	4,0
МРОТ, руб./месяц	6500
$Ф_д$, час./год	1590
Коэффициент долговечности	0,75
$F_д$, час./год	2080
Режим работы, смен	1
ЕСН, %	34,1

Продолжение таблицы 16

Показатели	Сумма
РСЭО,%	390
ОПР, %	210
ОХР, %	120
ВПР,%	6
$K_{трз}$	1,035
$H_{ам}$, % (оборудование)	5,8
Тип производства	МС
$N_{год}$, шт	150

Расчет капитальных вложений. Капитальные вложения – затраты на создание новых, реконструкцию и расширение действующих основных фондов.

При определении приведенных затрат рассчитываются капитальные вложения не как таковые, а удельные капитальные вложения, т.е. вложения, приходящиеся на одну детале-операцию, что очень важно, так как капитальные вложения могут участвовать в производстве нескольких видов изделий, что характерно для всех типов производства, кроме массового. В нашем случае, как и в массовом производстве, изготавливается одно изделие.

Расчет удельных капитальных затрат сводится к определению затрат на технологическое оборудование, производственную площадь и дорогостоящую оснастку, остальными капитальными вложениями при расчете экономических показателей можно пренебречь, так как они существенно не изменяются, общие удельные капитальные вложения определяются по формуле 72:

$$K = K_{об} + K_{пл} + K_{осн} \quad (72)$$

где $K_{об}$ – капитальные вложения в технологическое оборудование, руб.;

$K_{пл}$ – капитальные вложения в производственные площади, руб.;

$K_{осн}$ – капитальные вложения в технологическую оснастку, руб.

Расчет удельных капитальных вложений в оборудование. В условиях крупносерийного производства затраты определяются по формуле 73:

$$K_{об} = Ц_{опт} \cdot \left(1 + \frac{K_{тр} + K_{м}}{100}\right) \cdot \frac{T_i}{F_д \cdot K_{вн} \cdot K} \quad (73)$$

где $Ц_{опт}$ – оптовая цена оборудования, руб.

$K_{тр}$ - коэффициент, учитывающий затраты на транспортировку оборудования, $K_{тр} = 5$

$K_{м}$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж оборудования, $K_{м} = 5$

$K_{вн}$ – коэффициент выполнения норм, $K_{вн} = 1$

$K_{зо}$ – коэффициент загрузки оборудования, $K_{зо} = 0{,}4$

$$K_{об} = 230000 \cdot \left(1 + \frac{10}{100}\right) \cdot \frac{4{,}33}{2080 \cdot 1 \cdot 0{,}4} = 131{,}66 \text{ руб.}$$

Таблица 17 – Расчет удельных капитальных вложений в оборудование

Наименование операции	Трудоемкость, час	Цена оборудования, руб.	Капитальные вложений в оборудование
Мойка	4,33	230000	131,658
Дефектация	0,192	9700	0,246209

Точение	2,81	910000	338,0486
Наплавка	6,71	340000	301,6011
Точение	2,93	910000	352,4849
Итог	16,972	2399700	1124,039

Расчет удельных капитальных вложений в производственные площади. В условиях серийного производства капитальные вложения в производственную площадь, приходящуюся на одну детале-операцию, определяются по формуле 74:

$$K_{пл} = \frac{Ц_{пр} \cdot S_{об} \cdot T_{шт-к}}{F_{д} \cdot K_{зо}} \quad (74)$$

где $Ц_{пл}$ – цена 1м^2 производственной площади

S – площадь оборудования, м^2

$$K_{пл} = \frac{1750 \cdot 1,2 \cdot 4,33}{2080 \cdot 0,4} = 10,91 \, руб$$

Таблица 18 - Расчет удельных капитальных вложений в производственные площади

Наименование операции	Трудоемкость, час	Площадь оборудования в плане, м^2	Капитальные вложений в площадь
Мойка	4,33	1,2	10,9116
Дефектация	0,192	2,1	0,84672
Точение	2,81	1,44	8,49744
Наплавка	6,71	3,3	46,5003
Точение	2,93	1,44	8,86032
Итог	16,972	9,48	337,8786

Расчет удельных капитальных вложений в техническую оснастку. Данный расчет ведется только по дорогостоящей оснастке на одну детале-операцию по одинаковой для всех типов производства формуле 75:

$$K_{пр} = \frac{Ц_{пр} \cdot T_{шт-к}}{F_{д} \cdot K_{зо}} \quad (75)$$

где $Ц_{пр}$ - цена приспособления

$T_{шт}$ – норма штучного времени для массового производства

$$K_{пр} = \frac{50 \cdot 4,33}{2080 \cdot 0,4} = 0,26 \, руб$$

Таблица 19 - Расчет удельных капитальных вложений в технологическую оснастку

Наименование	Трудоемкость,	Цена приспособления,	Капитальные вложений в

операции	час	руб.	приспособления
Мойка	4,33	50	0,2598
Дефектация	0,192	500	0,1152
Точение	2,81	600	2,0232
Наплавка	6,71	150	1,2078
Точение	2,93	800	2,8128
Итог	16,972		6,4188

Таблица 20 - Капитальные вложения

Виды капитальных вложений	Капитальные вложения, руб.
Капитальные вложения в технологическое оборудование	1124,04
Капитальные вложения в производственные площади	337,88
Капитальные вложения в технологическую оснастку	6,42
Итого	1468,34

Расчет себестоимости и цены детали. Себестоимость детали - денежное выражение затрат на производство (восстановление) и сбыт, исчисляется по затратам, группируемым по калькуляционным статьям расходов. Это способствует экономически обоснованному отнесению прямых и косвенных расходов на себестоимость конкретных видов продукции. К прямым затратам относят те, которые определятся расчетом по нормам. К косвенным относятся затраты, которые не могут быть отнесены непосредственно на себестоимость данного вида продукции (заработная плата управленческого аппарата, затраты на содержание зданий и сооружений, расходы, связанные с отоплением и освещением производственных помещений и др.). Эти расходы на практике относятся на себестоимость различных видов продукции косвенным путем, то есть пропорционально какой-либо экономически обоснованной базе. Чаще всего за базу принимается прямая заработная плата основных рабочих. Расчет полной себестоимости восстановления и изготовления деталей сводится к определению ее составляющих по зависимостям, приводимым ниже.

Расчет прямых расходов. Прямые расходы рассчитываются по статьям, которые в дальнейшем сводятся в таблицу 22. Расчет затрат на материалы. В статью «Материалы» включают стоимость основных и вспомогательных материалов, кроме материалов, учитываемых в статьях «Расходы на со-

держание и эксплуатацию оборудования», «Цеховые расходы», «Общехозяйственные расходы».

$$З_м = Q_м \cdot Ц_м \cdot K_{тр} \cdot K_{пр} \quad (76)$$

где $Q_м$ – соответственно черновая масса детали и масса реализуемых отходов, кг;

$Ц_м$ - соответственно цена единицы массы материала и реализуемых отходов, руб.;

$K_{тр}$ - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, $K_{тр}$ = 1,5;

$K_{пр}$ – коэффициент потерь, $K_{пр}$ = 0,1.

$$З_м = 1{,}4 \cdot 102 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}1 = 214 \; руб$$

Затраты на электроэнергию. Затраты на силовую электроэнергию для металлорежущих станков определяются по формуле 77:

$$Э = Ц_Э \cdot T_{шт-к} \cdot K_{вр} \cdot K_W \cdot K_{потр} \cdot K_{об} \quad (77)$$

где W – мощность электродвигателей станков;

$Ц_э$ – цена 1кВт энергии;

$K_{вр}$ - коэффициент загрузки двигателей по времени $K_{вр}$ = 0,4;

K_w - коэффициент загрузки двигателей по мощности K_w = 0,5;

$K_{пот}$ – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети завода $K_{пот}$ = 1,08;

$K_{од}$ – коэффициент одновременной работы электродвигателей станка $K_{од}$=1,0.

$$ЗЭ = 4{,}0 \cdot 3{,}6 \cdot 4{,}33 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}5 \cdot 1{,}08 \cdot 1 = 13{,}47 \text{ руб.}$$

21 – Расчет затрат на электроэнергию

Таблица

Наименование операции	Трудоемкость, час	Суммарная мощность, кВт	Затраты на электроэнергию
Мойка	4,33	3,6	13,46803
Дефектация	0,192	0,25	0,041472
Точение	2,81	4,0	9,71136
Наплавка	6,71	4,12	23,88545
Точение	2,93	4,0	10,12608
Итог	16,972		57,2324

Затраты на заработную плату основных рабочих. Заработная плата рабочих-станочников с отчислениями на социальные программы рассчитывается по формуле 78:

$$З_о = T_i \cdot C_ч \cdot K_{q_4} \quad (78)$$

где $C_ч$ - часовая тарифная ставка выполняемой работы, руб./час;

K_q - коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату;

Часовая тарифная ставка основных и дополнительных рабочих по 1-му разряду определяется как:

$$C_ч = \frac{MPOT}{F_{дм}} K_д \quad (79)$$

$$C_ч = \frac{6500}{1980} \cdot 1,07 \ldots 1,2$$

где *MPOT* – минимальный размер оплаты труда на предприятии;

$F_{ДМ}$ – действительный фонд времени в месяц, часов;

1,07…1,2 - коэффициент, учитывающий тарифную ставку по разряду работ

Таблица 22- Расчет основной заработной платы

Вид работ	Разряд работ	K_q	Трудоемкость, ч	Часовая тарифная ставка, руб.	Коэффициент доплат	Основная заработная плата, руб.
Мойка	2	1,3	4,33	5,317	1,4	322,3165
Дефектация	3	1,69	0,192	6,912	1,4	18,57946
Точение	4	1,91	2,81	7,812	1,4	307,3241
Наплавка	4	1,91	6,71	7,812	1,4	733,8593
Точение	4	1,91	2,93	7,812	1,4	320,4482
			16,972			1702,528

Отчисления на социальные нужды рассчитываются по формуле 80:

$$З_{ен} = \frac{34,1(З_о + З_д)}{100} \quad (80)$$

$$З_{ен} = \frac{34,1(1702,53 + 170,25)}{100} = 638,62 \text{ руб./час}$$

Расходы на возмещение износа инструмента и приспособления целевого назначения. Затраты на инструмент:

$$З_и = \frac{K_и \cdot Ц_{об}}{100} \quad (81)$$

$$З_и = \frac{0,15 \cdot 230000}{100} = 360 \text{ руб./час}$$

$$З_п = \frac{К_п \cdot Ц_{об}}{100} \quad (82)$$

$$З_п = \frac{0,10 \cdot 230000}{100} = 23 \text{ руб./час}$$

Затраты на текущий ремонт инструмента и приспособлений:

$$З_{ри} = \frac{К_и \cdot З_и}{100} \quad (83)$$

$$З_{ри} = \frac{0,60 \cdot 360}{100} = 2,16 \text{ руб./час}$$

$$З_{рп} = \frac{К_п \cdot З_п}{100} \quad (84)$$

$$З_{рп} = \frac{0,60 \cdot 23}{100} = 0,14 \text{ руб./час}$$

Расчет амортизационных отчислений по оборудованию и площади. Рассчитываем по формуле 85:

$$ЗА_о = \frac{К_{об} \cdot Н_р}{100} \quad (85)$$

где $Н_р$ - норма амортизации оборудования на полное восстановление, %.

$$ЗА_{пл1} = \frac{1124,04 \cdot 4,0}{100\%} = 44,96 \, руб$$

Амортизационные отчисления по производственным площадям. Амортизационные отчисления по производственной площади рассчитываются по формуле 86:

$$ЗА_{пл} = \frac{К_{пл} \cdot Н_{пл}}{100\%} \quad (86)$$

где $Н_{пл}$ - норма амортизации площади, %.

$$ЗА_{пл1} = \frac{337,88 \cdot 5,0}{100\%} = 16,89 \, руб$$

Таблица 23 - Расчет прямых расходов

Наименование статей расхода	Сумма, руб.	Удельный вес статьи к итогу
Материалы основные и вспомогательные для технологических целей	214	11,12
Энергия для технологических целей	57,23	0,142
Основная заработная плата производственных	1702,53	0,75

рабочих		
Дополнительная заработная плата производственных рабочих	170,25	0,15
Отчисления на социальные нужды	638,62	0,3
Возмещение износа инструмента и приспособлений целевого назначения	362,16	6,3
Амортизация основных фондов	44,96	0,078
Итого	9,25	3189,75

Расчет косвенных расходов и себестоимости восстановления изношенных деталей. Затраты по статьям «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» и «Общепроизводственные расходы» определяются в процентах к прямой заработной плате основных рабочих (без доплат по сдельно-премиальной системе). Величина этих расходов зависит от степени механизации и автоматизации основного производственного процесса и может быть принята в пределах: *РСЭО* = 180 + 280 %, «Общепроизводственные расходы» = 140- 220%.

На статью «Общехозяйственные расходы» относится содержание аппарата управления, зданий и сооружений, налоги, сборы и т.п. Величина ихможет быть принята из расчета 80 + 100 % к прямой заработной плате основных рабочих (тарифной части).

Величина внепроизводственных расходов может быть принята равной 3 + 5 % от производственной себестоимости.

$$РСЭО = \frac{1702{,}53 \cdot 570}{100\,\%} = 97{,}04$$

$$ОПР = \frac{1702{,}53 \cdot 350}{100\,\%} = 59{,}59$$

$$ОХР = \frac{1702{,}53 \cdot 120}{100\,\%} = 20{,}43$$

$$ПР = \frac{1702{,}53 \cdot 6}{100\,\%} = 1{,}02$$

Таблица 24 - Себестоимость восстановления детали

Статьи калькуляции	Сумма, руб.	Проценты к итогу
Основная заработная плата производственных рабочих	1702,53	
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	97,04	55
Общепроизводственные расходы	59,59	34
Общехозяйственные расходы	20,43	10

Производственные расходы	1,02	1
Итого	1880,61	100

Расчет годового экономического эффекта. После определения суммы капитальных вложений и себестоимости восстановления изношенных деталей устанавливается вариант, в пользу которого выполняется условие. Если это условие выполняется в пользу восстановления, то годовой экономический эффект может быть рассчитан по формуле 87:

$$Э_г = \left[\left(K_р \cdot Ц_н \cdot K_Т \right) - \left(C_{пр} + E_н \cdot K_э \right) \right] N_Г \qquad (87)$$

где $N_Г$ - годовой оббьем восстанавливаемых деталей, шт.

$$Э_г = \left[\left(1,07 \cdot 4860 \cdot 1,035 \right) - \left(1880,61 + 0,15 \cdot 1468,34 \right) \right] \cdot 150 = 492202,35 \; руб$$

Таблица 25 -Технико-экономические показатели проекта

Показатель	Значение
Трудоемкость восстановления детали, н-час.	16,972
Удельные капитальные затраты на восстановления, руб.	1468,43
Полная себестоимость восстанавливаемой детали, руб.	1880,61
Приведенные затраты на восстановление, руб./шт.	2100,86
Цена новой детали, руб.	4860
Приведенная цена новой детали, руб.	5382,21
Коэффициент долговечности	0,75
Экономический эффект, руб./год	492202,35

Таким образом, рассчитаны затраты на восстановление детали. Годовой экономический эффект составил 492202,35руб. Таким образом на эксплуатирующем предприятии мы вычисли, что восстановление детали выгоднее, чем покупать

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

,

В Выпускной квалифицированной работе выполнен информационый обзор производимых штанговых насосов рассмотрена технология восстановления узлов штангово – глубинного насоса. Обоснована целесообразность восстановления переходника и удлинителя насоса. Произведен анализ отказов и других технических проблем, возникающих в

процессе эксплуатации (обслуживание, ремонт) насоса, проведен анализ изнашиваемых узлов и методов их востановления.

Разработан технологический процесс восстановления переходника и удлинителя.

В работе были рассчитаны затраты на восстановление деталей. Годовой экономический эффект составил 492202 руб.

Таким образом, предлагаемый технологический процесс восстановления деталей является экономически обоснованным.

Представлена классификация штанговых насосов ,представлен анализ отказов и технических проблем выявленных в процессе эксплуатации.

Мероприятия предлагаемые в Выпускной квалифицированной работе соответствуют необходимым требованиям по безопасности и эко логичности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аливердизаде К.С., Даниелян А.А., Документов В.И. Расчет и конструирование оборудования для эксплуатации нефтяных скважин. – М.: Гостоптехиздат, 1959. – 563 с.

2. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика. - М.: Машиностроение, 1971. – 671 с.

3. Дрэготеску Н.Д. Глубиннонасосная добыча нефти. – М.: Недра, 1966. - 417 с.
4. Ишемгужин Е.И. Теоретические основы надёжности буровых и нефтепромысловых машин. – Уфа: Изд-во УНИ, 1981. – 84 с.
5. Молчанов Г.В., Молчанов А.Г. Машины и оборудование для добычи нефти и газа. – М.: Недра, 1984. – 464 с.
6. Мухаметзянов А.К., Чернышев И.К., Ишемгужин С.Б. Добыча нефти штанговыми насосами. – М.: Недра, 1993. – 350 с.
7. Правила безопасности в нефтегазодобывающей промышленности. – М.: Недра, 1974. – 253 с.
8. Храмов Р.А. Длинноходовые глубиннонасосные установки. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2000. – 96 с.
9. Патент (SU) №987174. Шариковый клапан глубинного насоса/Абдуллаев Б.А., Алиюллаев А.Я., Абдуллаева Ф.Я.//Бюллетень изобретений. – 1983. - №1.
10. Патент (SU) №1590651. Клапанный узел скважинного штангового насоса/ Сергиевский А.В.// Бюллетень изобретений. – 1990. - №33.

11. Патент (RU) №2059885. Клапан скважинного штангового насоса/ Халиуллин Ф.Х.//Бюллетень изобретений. – 1996. - №13.
12. Патент (RU) №2126910. Шариковый клапан глубинного насоса/ Приземирский В.С., Мелехина О.В.//Бюллетень изобретений. – 1999. - №6.
13. Патент (RU) №2011092. Всасывающий клапан штангового скважинного насоса/Вагапов Ю.Г., Султанов Б.З., Вагапов С.Ю.//Бюллетень изобретений. – 1994. - №7.
14. Опыт внедрения новых методов повышения нефтеотдачи пластов в НГДУ «Южарланнефть»: Отчет о НИР/ НГДУ «Южарланнефть». – пос. Редкино, 2002. – 21 с.
15. Юрчук А.М., Истомин А.З. Расчеты в добыче нефти. - М.: Недра, 1979. - 270 с.

16. Совершенствование метода определения дополнительной добычи нефти по характеристике содержания ее в добываемой жидкости/Рахманкулов И.Ф. - Уфа.: БашНИПИнефть, 1983. -30 с.