

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов.

Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Расчет привода штанговой насосной установки

УДК 62-83:622.276.53.001.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4E21	Файзуллин Вадим Рамильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Зиякаев Г.Р.	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. менеджмента	Н.А. Гаврикова	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Е.С. Невский	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПМ	Е.Н. Пашков	Кандидат технич. наук		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Профиль: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4E21	Файзуллину Вадиму Рамильевичу

Тема работы:

Расчет привода штанговой скважинной насосной установки.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	12.05.2016/ №3462/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Расчет привода штанговой скважинной насосной установки для скважины с параметрами: дебит- $Q-20.5 \text{ м}^3/\text{сут}$, глубина спуска насоса $L-1300 \text{ м}$, плотность нефти $\rho_n-872 \text{ кг/м}^3$, содержание мех. Примесей – 0,05%.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Обзор возможных типов приводов, сравнительный обзор приводов с целью определения необходимого типа привода для заданной скважины; 2. Подбор привода штанговой скважинной насосной установки, определение оптимального режима его работы, кинематический и энергокинематический расчеты

	механизма 3. Финансовый менеджмент; 4. Социальная ответственность; 5. Выводы по работе.
Перечень графического материала	Схема балансирного привода, Схема безбалансирного привода, схема гидравлического привода, результаты кинематического расчета.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Гаврикова Н.А.
Социальная ответственность	Невский Е.С.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	1.02.2016
---	-----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПМ	Заиякаев Г.Р.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4E21	Файзуллин Вадим Рамильевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль: Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов.

Уровень образования: Бакалавриат

Кафедра теоретической и прикладной механики

Период выполнения: (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2016 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.05.16	<i>Теоретическая часть работы</i>	50
1.06.16	<i>Выполнение расчетной части работы</i>	40
7.06.16	<i>Устранение недочетов в работе</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПМ	Зиякаев Г.Р.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Пашков Е.Н.	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4E21	Файзуллин Вадим Рамильевич

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление	15.03.02Технологические машины и оборудование

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научно-исследовательских работ</i>	<i>Бюджет научно – технического исследования (НТИ)</i> <i>1. Заработная плата исполнителей темы</i> <i>2. Отчисления на социальные нужды</i> <i>3. Накладные расходы</i> <i>4. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Матрица SWOT</i> 2. <i>Календарный график проведения НИ</i> 3. <i>Бюджет проекта</i>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Н.А.Гаврикова			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е21	Файзуллин Вадим Рамильевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4E21	Файзуллин Вадим Рамильевич

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.02 Технологические машины и оборудование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Вид оборудования- привод УШСН. Вредные факторы: -шум; -физические перегрузки; -вибрация; Опасные факторы: -расположение рабочего места на значительной высоте от уровня пола или земли; -повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека. Воздействия на окружающую среду: -не выявлены Возникновение чрезвычайных ситуаций: -пожар.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ПБ 08-624-03, ВППБ-01-04-98, ГОСТ 12.0.004-90, ГОСТ 12.1.018-93, ГОСТ 12.1.005.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Действие факторов на организм человека: - ухудшение слухового анализатора; - расстройства центральной нервной системы; - снижение иммунитета; - нарушение сердечно - сосудистой системы; - раздражение дыхательных путей; - аллергия. Допустимые нормы факторов: - вибрация (табл.5.1.); - шум (табл.5.1.); Средства коллективной защиты: - устройства звукоизолирующие, звукопоглощающие, глушители шума; - устройства виброгасящие, виброизолирующие. Средства индивидуальной защиты: - противошумные наушники; - противошумные вкладыши.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства	Источники механической опасности: - опасность падения с высоты рабочей зоны, удар электрическим током; Средства защиты: - соблюдение правил безопасности.

защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Загрязнения атмосферы: - не рассматривается. Загрязнения литосферы: - не рассматривается. Загрязнения гидросферы: - не рассматривается.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возможные ЧС на объекте: - пожар. Меры предосторожности: - соблюдение правил пожарной безопасности.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Специальные правовые нормы трудового законодательства: - охрана труда женщин и подростков; - условия труда. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны: - обеспечение оптимального размещения рабочего места; - РД-200-98 - ПБ-08-624-03 ИПБОТ 043-2008

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.05.2016г
--	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Невский Е.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е21	Файзуллин Вадим Рамильевич		

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 79 страниц, 11 рисунков, 9 таблиц, 18 источников.

Ключевые слова: привод штангового насоса, штанговый насос, оптимальный режим работы, кинематика привода, подбор привода,

Объект исследования: привод установки скважинного штангового насоса.

Предмет исследования: подбор привода установки скважинного штангового насоса.

Цель дипломной работы: подобрать установки скважинного привод штангового насоса, выбрать оптимальный режим работы, провести проверку правильности подбора

Методы исследования: методы теории вероятностей и математической статистики, методы финансовой математики.

Область применения, экономическая эффективность (практическая значимость): результаты данной работы могут быть использованы нефтедобывающими предприятиями для выбора оборудования на определенном месторождении.

Оглавление

РЕФЕРАТ.....	1
1. Способы добычи нефти.....	12
2. Обзор возможных типов приводов УШСН.	16
2.1. Механический балансирный привод УСН.	17
2.2. Механический безбалансирный привод УШСН.....	22
2.3. Гидравлические приводы УШСН.	24
3. Сравнительный анализ различных приводов УШСН.	27
4. Расчет оборудования при штанговой глубинно-насосной эксплуатации скважин.	30
Характеристика скважины.	30
5. Кинематический анализ привода штангового насоса методом планов.	35
5.1. Построение плана механизма методом засечек.	37
5.2. Определение линейных скоростей характерных точек механизма методом плана скоростей. Определение угловых скоростей звеньев механизма.	38
5.3. Определение линейных ускорений характерных точек механизма методом плана ускорений. Определение угловых ускорений звеньев механизма.	41
6. Кинематический анализ привода штангового насоса методом дифференцирования.	44
6.1. Масштаб закона движения	44
6.2. Масштабы графиков первой производной.....	45
6.3. Масштабы графиков второй производной.....	46
7. Энергокинематический расчет привода	47
7.1. Определение КПД привода станка-качалки	47
7.2. Определение мощности электродвигателя. Подбор электродвигателя.....	47
7.3. Определение передаточных чисел привода станка-качалки.....	48
7.4. Определение мощностей по валам привода	50
7.5. Определение моментов по валам привода.....	50
8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	53
8.1. SWOT-анализ.....	53
8.2. Планирование научно-исследовательских работ	57
8.3. Бюджет научно-технического исследования.....	61
8.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	65
8.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	66
9. Социальная ответственность.....	67
9.1. Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду.	70
9.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	70
9.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	73
9.4. Охрана окружающей среды.....	74

9.5. Общие требования промышленной безопасности и охраны труда	76
10. Заключение	78
Литература.	79

1. Способы добычи нефти.

Добычей такого полезного ископаемого как нефть занимается подотрасль нефтяной промышленности, такая как нефтедобыча.

Так как нефтедобыча трудоемкий и объемный производственный процесс, то она включает в себя такие операции как бурение и строительство скважин, их ремонт, очистку добытой нефти от воды, серы, парафина геологоразведка.

Разработка месторождений нефти производится путём строительства нефтяных скважин и шахтным методом.

Современные методы добычи, смотря на способ извлечения нефти из скважины делятся на:

- фонтанный метод добычи (Фонтанирование происходит за счет разности давления в продуктивном пласте и давления на устье скважины);
- газлифтная эксплуатация скважин;
- насосно-компрессорная добыча, использование различных насосов:
 - установка электроцентробежного насоса (УЭЦН);
 - установка электро-винтового насоса (УЭВН);
 - установка штангового скважинного насоса (ШСН);

Фонтанный способ эксплуатации скважины.

Фонтанный способ эксплуатации залежи характерен для начального периода ее освоения, в то время, когда пластовая энергия обеспечивает извлечение нефти на поверхность земли. Величина пластовой энергии различна и зависит от пластового давления и мощности залежи. Наличие газа в пластовых жидкостях в значительной мере способствует фонтанированию скважин.

Основными преимуществами использования такого метода являются очень малая стоимость добычи нефти за счет отсутствия затрат на дополнительное оборудование (насосы, приводы УШСН и т.д.), а также преимущество

заключается в наземном расположении оборудования. За счет этого обеспечивается простота контроля, технического обслуживания, ремонта этого оборудования.

Газлифтный способ эксплуатации скважины.

Логическим продолжением фонтанной эксплуатации скважин является эксплуатация газлифтом, когда происходит уменьшение пластовой энергии настолько, что возникает невозможность подъема жидкости на поверхность и возникает необходимость в сообщении дополнительной энергии. Газ высокого давления используют в качестве дополнительной энергии.

Образование газожидкостной смеси, имеющей низкую плотность, которая происходит в результате смешивания дополнительно поступающего в скважину газа, который используется в качестве дополнительной энергии, с жидкостью пласта, что снижает давление на забое скважины. Подъем получившейся смеси обеспечивается за счет низкого забойного давления.

Газлифт бывает двух видов: компрессорный и бескомпрессорный. Компрессорный газлифт применяется в тех ситуациях, когда необходимо сжатие газа до необходимого давления. Если в качестве рабочего агента для газового подъемника применяется газ из газовых пластов высокого давления, то в этом случае эксплуатация скважин называется бескомпрессорным газлифтом.

Основными преимуществами газлифтной эксплуатации являются:

- простота ремонта за счет наземного расположения оборудования;
- простота конструкций оборудования;
- независимо от глубины скважины имеется возможность отбора больших объемов жидкости (до 1800 т/сут);
- простота регулирования дебита нефти скважины за счет увеличения или уменьшения подачи газа в скважину;
- возможность эксплуатации пескопроявляющих и обводненных скважин;

- исследование скважин не затруднительно.

Недостатки газлифтной эксплуатации:

- в сильно обводненных и сильно пескопроявляющих скважинах имеется необходимость частой замены НКТ;
- КПД всей системы компрессор-скважина и подъемника очень низок;
- в начале обустройства месторождений необходимость строительства компрессорных станций, газораспределительных будок что приводит к большим затратам;
- большой расход электроэнергии на добычу 1 т нефти при эксплуатации малодебитных скважин с низкими динамическими уровнями.

Установка электроцентробежного насоса.

УЭЦН – установка электроцентробежного насоса. Основной объем всей добываемой нефти производится при помощи УЭЦН, но по количеству скважин с УЭЦН намного меньше чем скважин с ШГН. 75% всей добытой нефти в России добывается при помощи УЭЦН.

УЭЦН представляет собой длинный и тонкий насосный агрегат. Возможность данного насоса работать в химически агрессивных средах и в скважинах с высоким содержанием механических примесей. Состоит он из погружного насосного агрегата (электродвигатель с гидрозащитой + насос), кабельной линии, колонны НКТ, оборудования устья скважины и наземного оборудования (трансформатора и станции управления).

Электроцентробежные погружные насосы имеют значительные преимущества

- простота ремонта за счет наземного расположения оборудования;
- возможность отбора больших объемов жидкости из скважин;
- возможность использовать их на скважинах с глубиной более 3000 метров;
- межремонтный период работы ЭЦН очень высок;

- легкое проведение исследований в скважине;
- мало трудоемкие методы удаления парафина со стенок насосно-компрессорных труб.

Электроцентробежные насосы применяются в наклонных и глубоких нефтяных скважинах, в скважинах с йодо-бромистыми водами, в скважинах с большим обводнением, в скважинах с высоким содержанием минералов в пластовых водах, для подъема соляных и кислотных растворов. Кроме того, разработаны и выпускаются электроцентробежные насосы для одновременно-раздельной эксплуатации нескольких горизонтов в одной скважине со 147 мм и 169 мм обсадными колоннами. Иногда электроцентробежные насосы применяются также для закачки минерализованной пластовой воды в нефтяной пласт с целью поддержания пластового давления.

Установка электровинтового насоса.

Создание напора жидкости за счет вращения одного или нескольких винтов внутри статора, это и есть принцип работы винтового или шнекового насоса. Прародителем винтового насоса является роторно-зубчатых насос

Преимущества винтовых насосов:

- высокая равномерность подачи;
- высокая способность самовсасывания жидкости;
- не используя большое количество каскадов нагнетания можно получить на выходе высокое давление;
- низкий уровень шума и вибраций за счет высокой сбалансированности насоса.

Недостатки:

- винты насоса имеют высокую себестоимость;

- невозможность регулировать рабочий объём;
- невозможность холостого хода.

Установка штангового скважинного насоса.

Одним из типов объемного насоса является штанговый насос. Работа насоса осуществляется за счет возвратно-поступательного перемещения плунжера с помощью наземного привода через колонну штанг.

Основными преимуществами УШСН являются:

- высокий КПД;
- возможность проведения ремонта «в поле»;
- для первичных двигателей могут быть использованы различные приводы;
- возможность применения установки ШГН в осложнённых условиях.

Основными недостатками УШСН являются:

- высокая угроза обрыва штанг при увеличении глубины скважины;
- подача насоса мала;
- ограничение по наклону ствола скважины и интенсивности его искривления (неприменимы в наклонных и горизонтальных скважинах, а также в сильно искривленных вертикальных).

2. Обзор возможных типов приводов УШСН.

Наиболее распространенный способ добычи нефти является добыча при помощи УШСН. Как минимум две трети фонда действующих добывающих скважин эксплуатируются установками ШСН.

Насосная установка в целом и его наземная часть — станок-качалка являются достаточно популярными и не мало подвержены изменениям с течением времени комплексом оборудования. Станки-качалки в основном

применяются на скважинах с глубиной подвески насоса до 1600 м и дебитами пластовой жидкости до 28 м³/сутки, чему соответствуют примерно 75% всего фонда скважин в стране. На данной скважине добыча будет производиться на глубине 1300 м и дебитом 20.5 м³/сутки. Содержание в добываемой нефти высокого содержания парафина – 3,5% и серы – 1,9%. Холодный климат района расположения скважины холодный с суровой зимой и сравнительно прохладным летом, а также простота конструкции, эффективность работы, высокая надежность и ремонтпригодность обуславливают применение на данной скважине штангового насоса.

Штанговая насосная установка для эксплуатации состоит из привода УШСН(станка-качалки), оборудования устья скважины, колонны насосных штанг, колонны подъемных труб и скважинного штангового насоса.

Привод УШСН(станок-качалка) одно из важнейших частей штанговой насосной установки. Станок-качалка – индивидуальный механический привод нефтяных штанговых скважинных насосов, применяется в районах с умеренным и холодным климатом.

Две основные задачи, выполняемые приводами УШСН – привод преобразует энергию двигателя в механическую энергию колонны штанг и создает оптимальный режим работы приводного двигателя. А также привод обеспечивает движение точки подвеса штанг по определенному закону, регулирует режим откачки пластовой жидкости за счет изменения длины и частоты хода точки подвеса штанг, пуск и остановку УШСН, контроль режима работы внутрискважинного оборудования.

Рассмотрим основные типы приводов УШСН с учетом структурной схемы приводов.

2.1. Механический балансирный привод УСН.

Самым распространенным является СШНУ, имеющие механический балансирующий привод с разными типами уравнивания (*патент № 2455526*). На рис.1. показан балансирующий станок-качалка.

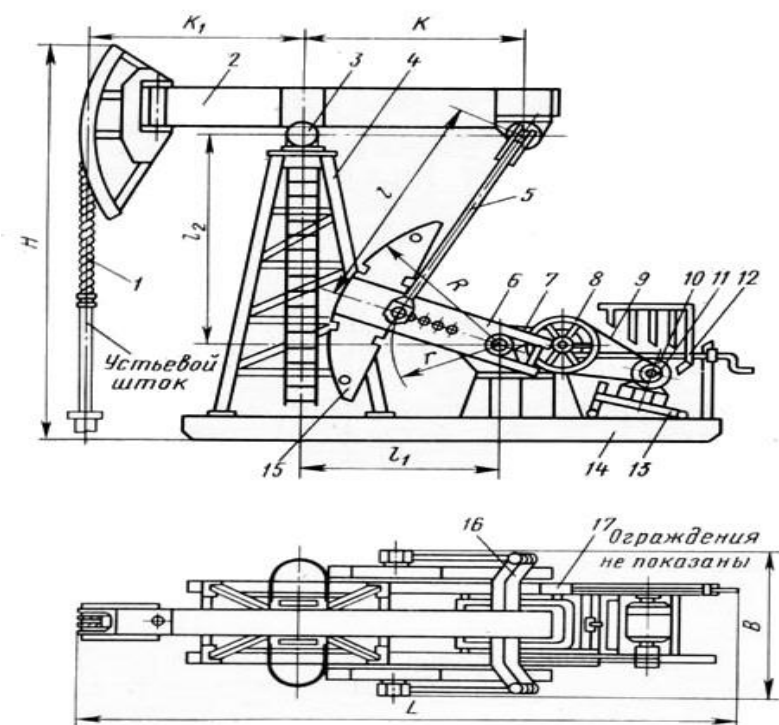


Рис.1. Общий вид механического балансирующего привода СШНУ.

1 - канатная подвеска; 2 - балансир с поворотной головкой; 3 - опора балансира; 4 - стойка; 5 - шатун; 6 - кривошип; 7 - редуктор; 8 - ведомый шкив; 9 - клиноременная передача; 10 - электродвигатель; 11 - ведущий шкив; 12 - ограждения; 13 - салазки поворотные для электродвигателя; 14 - рама, 15 - противовес, 16 - траверса, 17 - тормозной шкив.

Рама, на которой монтируются стойка, редуктор, поворотные салазки под электродвигатель и ограждение кривошипно-шатунного механизма, выполнена из профильного проката. Для уменьшения высоты фундамента в станках-качалках с комбинированным и кривошипным уравниванием в месте установки редуктора прикрепляется подредукторная подставка. На раме предусмотрены отверстия для крепления анкерными болтами к фундаменту при монтаже станка-качалки.

Балансир изготавливают из профильного проката или сварной конструкции. В станках-качалках 1СК-3СК балансир выполнен с откидной головкой, а в 4СК-9СК - с поворотной. В рабочем положении поворотная головка фиксируется клином защелки, входящим в паз шайбы головки. Клин защелки соединен с рукояткой канатом. При освобождении головки клин при помощи рукоятки оттягивается назад. Головка балансира поворачивается после отсоединения с колонной штанг при текущем ремонте скважин. Головка балансира представляет собой дугу окружности, чем обеспечивается прямолинейность движения сальникового штока при качании балансира. В верхней части головки закреплен ролик, на который надет канат. К концам каната прикреплены канатная подвеска сальникового штока. На заднем плече балансира у станков-качалок с балансирным и комбинированным уравновешиванием устанавливают грузовые чугунные плиты.

Опора балансира (Рис.2.) представляет собой ось, оба конца которой установлены в сферических роликоподшипниках, расположенных в чугунных корпусах.

Балансир опирается на среднюю квадратную часть оси и закрепляется двумя скобами.

Шатуны, соединительное звено между кривошипом и траверсой, выполняют из стальной трубы ГОСТ 8732-70. В верхнюю часть шатуна вварена головка для соединения с траверсой, а к нижней части приваривают опорный башмак, к которому крепится нижняя головка шатуна.

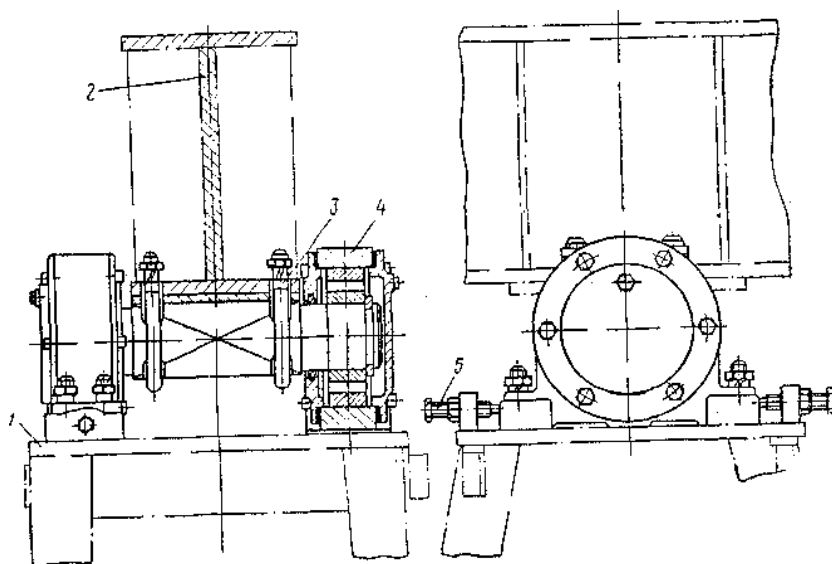


Рис.2. Опора балансира

1- верхняя плита, 2 - балансир, 3 - скоба крепления балансира,

4 - корпус подшипника, 5 - установочный винт.

Кривошипы в станках-качалках по ГОСТ 5866-66 изготавливают со ступенчатым и с бесступенчатым (плавным) изменениями длины хода. Длину хода точки подвеса штанг регулируют изменением радиуса вращения пальца нижней головки шатуна, закрепленного в кривошипе.

В кривошипах с бесступенчатым изменением длины хода выступающий из нижней головки шатуна палец кривошипа, оканчивающийся плитой со скосами типа «Ласточкин хвост», обеспечивает плавное и направленное перемещение в специальных направляющих кривошипа. Для надежной фиксации пальцев на кривошипах предусмотрены клиновые зажимы, соединенные с пальцами специальными болтами. Палец перемещается по кривошипу при изменении длины хода точки подвеса штанг при помощи ходового винта с трапецеидальной резьбой. Один конец пальца закреплён в подшипнике, а другой заканчивается головкой квадратного сечения под торцовый ключ. При перемещении пальца вдоль кривошипа необходимо последний установить в горизонтальное положение, ослабить болт клинового

зажима и торцовым ключом придать вращение ходовому винту в нужном направлении.

Редуктор двухступенчатый с шевронными зубчатыми колесами, с цилиндрической передачей Новикова. На концах ведущего вала насажены ведомый шкив клиноременной передачи и шкив тормоза.

Электродвигатель - трехфазный короткозамкнутый асинхронный с повышенным пусковым моментом в вологоморозостийкому исполнении. На валу электродвигателя установлена конусная втулка, на которую насажен ведомый шкив клиноременной передачи.

Тормоз станка-качалки двух колодочный (Рис.3.).

Конструкцией предусмотрено три типа узла соединения тормоза с редуктором: колодки установлены под углом относительно вертикальной оси и нижним расположением ходового винта; колодки установлены симметрично относительно вертикальной оси; колодки установлены под углом относительно вертикальной оси с верхним расположением ходового винта.

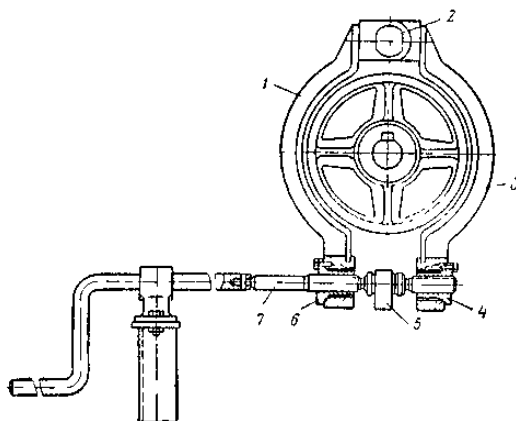


Рис.3. Тормоз станка-качалки

1 – левая колодка, 2 – палец, 3 – правая колодка, 4,6 – гайка,

5 – вилка, 7 – стяжной винт.

2.2. Механический безбалансирный привод УШСН.

Приводная часть включая редуктор, та же, что и у балансирующего станка-качалки. Небольшое отличие в конструкции кривошипа. Безбалансирные станки-качалки (*патент № 67678*) имеют кривошип – V-образной формы с углом 30 градусов. Данная конструкция кривошипа улучшает уравнивание станка, а также уменьшает вес контргрузов. Размещение грузов на кривошипе конструктивно так же, как и на балансирующих станках-качалках. Над устьем скважины, на наклонной стойке, расположен ролик, через который проходит гибкая подвеска, подсоединённая к траверсе, которая, в свою очередь, соединена с шатунами. Место подсоединения можно изменять для регулировки длины хода точки подвеса штанг так же, как и у балансирующего станка-качалки. (Рис.2.)

Основные преимущества безбалансирных станков-качалок.

- 1- Отсутствие массивного качающегося балансира и поворотной головки у балансирующей качалки, за счет чего снизились динамические нагрузки, обеспечилась высокая степень уравнивания, а также полное отсутствие отрицательных крутящих моментов на редукторе.
- 2- Значительное (на 15...20%) снижение расхода электроэнергии.
- 3- Отсутствие отрицательных крутящих моментов на выходном валу привело к увеличению срока службы редуктора.
- 4- Отсутствие вибраций и динамических нагрузок привело к увеличению срока службы колонны штанг.
- 5- Увеличение коэффициента подачи насоса за счет повышения длины хода, которая компенсирует вытяжку колонны штанг.
- 6- Повышение коэффициента наполняемости насоса за счет уменьшения числа качания, а, следовательно, числа срабатываний шарикового клапана, каждое из которых сопровождается утечками пластовой жидкости.

- 7- Повышение срока службы штангового насоса, т.к. увеличение длины хода качалки предполагает удлиненный цилиндр, что существенно снизит износ его рабочей поверхности.
- 8- Снижение затрат при монтаже на промысле, так как объем фундамента безбалансирных станков-качалок в 5 раз меньше в сравнении с другими типами станков-качалок

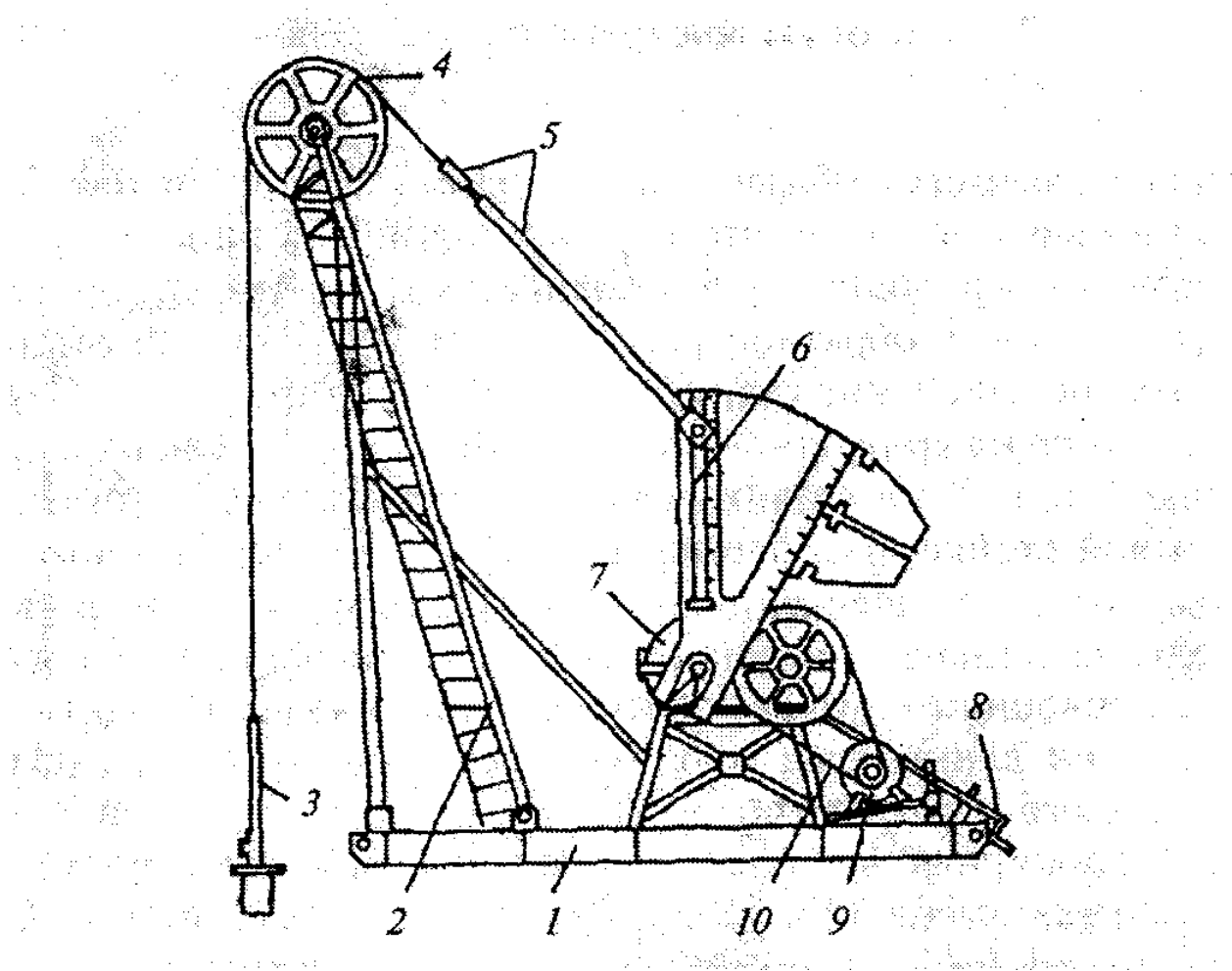


Рис.2. Схема безбалансирного станка-качалки.

1-рама; 2-стойка; 3-сальниковый шток; 4-канатный шкив; 5-траверса и шатуны; 6-кривошипы; 7-редуктор; 8-тормоз; 9-электродвигатель; 10-клиноременная передача.

Появляется возможность использовать стеклопластиковые штанги и полимерные НКТ так как увеличилась длина хода. Процесс откачки

высоковязкой нефти облегчился за счет тихоходного режима откачки. Привод имеет высокую технологичность регулирования и обслуживания, включая:

- Механизированный отвод стрелы от устья скважины, при необходимости выполнения подземного ремонта скважины, при этом величина отвода составляет более 1 м;
- Мгновенное торможение привода и последующее механическое стопорение, обеспечивающее безопасное выполнение работ при обслуживании механизмов;
- Удобный доступ к механизму натяжения клиновых ремней;
- Изменение длины хода.

Значительно меньшие габариты, по сравнению с другими кривошипными приводами, позволяют рационально использовать безбалансирные станки-качалки в стеснённых условиях морских площадок или при кустовом расположении скважин.

Безбалансирные станки-качалки имеют меньшие габариты и металлоемкость по сравнению с балансирными. Недостатком является малая надежность гибкой связи. Попытки использовать гибкую связь различного профиля, в том числе ленточного, не дали ощутимых результатов по повышению срока службы этого соединительного узла. Это связано с изгибными напряжениями.

2.3. Гидравлические приводы УШСН.

Штангонасосная добыча нефти появилась около ста лет назад и стала возможной благодаря изобретению станка-качалки. И лишь последние 20 лет применяется гидравлический привод штанговых скважинных насосов (ГПШСН) (*патент № 2194879*).

До сих пор у многих механиков возникают сомнения в его надежности:

- может ли гидропривод работать в сильные морозы?

- не будет ли мала наработка на отказ, не придется ли постоянно устранять течи масла?
- как ремонтировать гидропривод в зимних условиях?
- окупится ли более сложная техника?

Внедрение в производство гидроприводов позволило получить ряд преимуществ.

Во-первых, гидроприводы обеспечили работу при нагрузках на шток более 8 т., при которых станок-качалка часто останавливается. Это обусловлено тем, что в гидроприводе отсутствует механическая передача, а усилие на штоке гидроцилиндра по законам гидравлики самостоятельно увеличивается при росте нагрузки, если хватает мощности привода. Для этого гидропривод имеет электродвигатель с мощностью от 30 до 45 кВт.

Во-вторых, гидропривод имеет автоматику, которая контролирует его работоспособность, самостоятельно корректирует режим работы и немедленно сообщает оператору об отклонениях от нормы.

В-третьих, в конструкции гидропривода учтены климатические особенности районов размещения и грунтов. Гидро- и электрооборудование размещается в блок-боксе, защищающем его от перепадов температуры и несанкционированного доступа. Гидроцилиндр при малых нагрузках устанавливается на устьевую арматуру, а при больших нагрузках устанавливается на железобетонные плиты или на сваи.

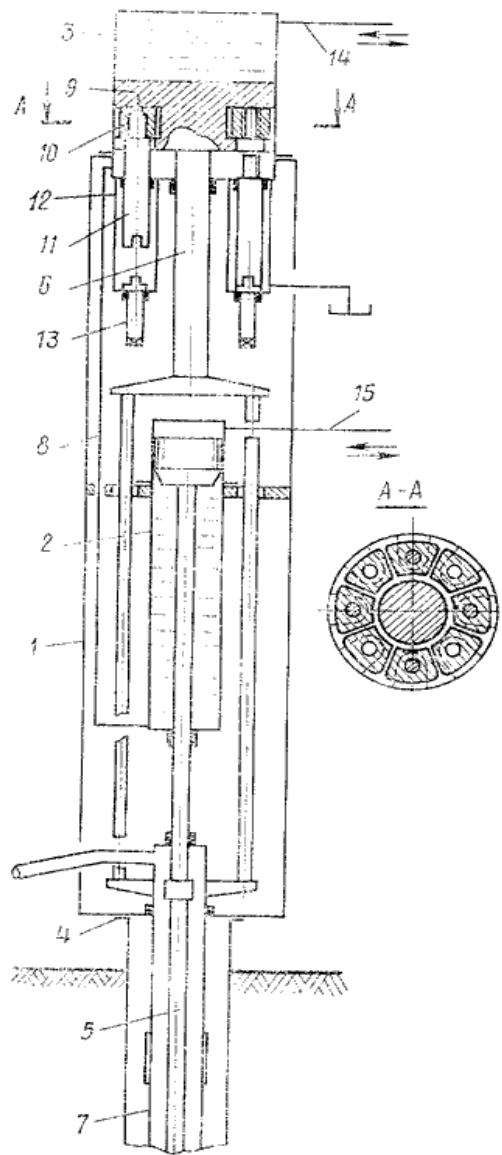


Рис.3. Схема гидравлического привода СШНУ.

1-корпус; 2- приводной цилиндр; 3- уравнивающий цилиндр; 4-фланец обсадной колонны; 5- колонна штанг; 6- шток уравнивающего цилиндра; 7- колонна насосно-компрессорных труб; 8- маслопровод; 9- поршень уравнивающего цилиндра; 10- сегменты; 11- цилиндры; 12- цилиндрические стержни; 13- валики; 14- трубопроводы.

Применение гидравлического привода штангового насоса дает дополнительные преимущества:

Во-первых, гидропривод обеспечивает большую начальную скорость подъема штока по сравнению со станком-качалкой и улучшает работу клапана

скважинного насоса. В конце цикла возможна задержка для увеличения наполнения насоса.

Во-вторых, гидропривод имеет автоматическую систему управления, а также систему дистанционного управления и телеметрии. Современное программное обеспечение позволяет изменять режим работы насоса при изменении притока скважинной жидкости. Дистанционное управление и телеметрия позволяют диспетчеру в любое время знать параметры добычи и корректировать процесс с централизованного пульта управления. Изменение режимов происходит без участия механиков и без применения грузоподъемной техники для перестановки контргрузов.

При этом не стоит думать, что гидропривод полностью вытеснит станки-качалки и электроцентробежные насосы. Гидропривод будет применяться, в первую очередь, на осложненных и малодебитных скважинах, на кустовых площадках с близким расположением скважин, не позволяющим установить станок-качалку вместо ЭЦН; на наклонных и глубоких скважинах с высокой нагрузкой на шток; при добыче вязкой нефти и т.д. В этих случаях гидропривод обеспечит наилучшую окупаемость затрат.

3. Сравнительный анализ различных приводов УШСН.

Для проведения сравнительного анализа разных типов приводов штанговых насосных установок примем единые условия (нагрузка в точке подвеса штанг 40000Н.) так как меняется лишь наземная компоновка привода штангового насоса.

При данной нагрузке приемлемо использование приводов с максимальной нагрузкой на штоке $> 40000\text{Н}$.

Из балансирных приводов СШНУ примем станок 5СК-6-1,5-1600 с максимальной нагрузкой на штоке 60000Н, из безбалансирных принимаем

станок ПНКШ 210-3 с максимальной нагрузкой на штоке 60000Н, из гидравлических - ГПШГН «Гейзер». с максимальной нагрузкой на штоке 60000Н. (Таб.1.)

Таблица 1.

№	Параметры сравнения	5СК-6-1,5-1600	ПНКШ 150-3	ГПШГН «Гейзер»
1	Число качаний (циклов)	5-15	3,5-9,5	1-6
2	Максимальная нагрузка на штоке, кН	60	60	60
	Максимальная нагрузка на штоке для данного типа станка	200	120	100
3	Длина хода точки подвеса штанг, м.	0,6-1,5(шаг 0,3)	1,5-3 (шаг 0,25)	6(бесступенчатый)
4	Уравновешивание	Кривошипное	Кривошипное	Пневматическое
5	Номинальный крутящий момент (на тихоходном валу редуктора), кН·м	16	20	Редуктор отсутствует
6	Система управления	Механическая	Механическая	Электронная, микропроцессорная
	Климатические условия	Все климатические условия	Все климатические условия	Кроме холодного
Конструкционные показатели				
7	Фундамент	Больших размеров	Малых размеров	Отсутствует
8	Длина , мм	6500	5500	2000
9	Ширина, мм	1850	2500(с ограждением)	2000

10	Высота, мм	5100	6000	4000
11	Масса, кг	8130	6000	3200

В гидроприводах ГПШГН «Гейзер» возможна настройка станка на 1 качание в минуту что выгодно применять на малодебитных скважинах. Балансирному станку 5СК-6-1,5-1600 характерно развитие до 15 качаний в минуту что показывает большую производительность по сравнению с гидроприводом.

Балансирные станки-качалки по сравнению с безбалансирными и с гидроприводами имеют наибольшую нагрузку на штоке что позволяет проводить работы на более глубоких скважинах (способны поднять большую массу колонны).

Малый шаг изменения длины хода (0,25 м) у безбалансирных приводов СШНУ позволяет более точно осуществить заданный уровень добычи нефти из скважины и облегчить выбор более выгодного режима откачки по сравнению с балансирными приводами. А бесступенчатое изменение длины хода позволяет еще более точно задавать параметры работы.

Отсутствие редуктора в гидроприводе СШНУ обеспечивает наибольшую надежность так как выход из строя редуктора одна из самых распространенных поломок станков-качалок (31% поломок).

Значительно меньшие габариты безбалансирных и гидроприводов по сравнению с другими кривошипными приводами позволяют рационально использовать их в стесненных условиях морских площадок и при кустовом расположении скважин. При кустовом расположении приводов СШНУ наиболее выгодным является применение гидравлических приводов, так как управление всеми приводами происходит из одного блока (одной насосной станции подконтрольны несколько гидроцилиндров).

Значительно меньшие габариты безбалансирных и гидроприводов по сравнению с другими кривошипными приводами позволяют рационально использовать их в стесненных условиях морских площадок и при кустовом расположении скважин. При кустовом расположении приводов УШСН наиболее выгодным является применение гидравлических приводов, так как управление всеми приводами происходит из одного блока (одной насосной станции подконтрольны несколько гидроцилиндров).

Установка и наладка гидравлических приводов занимает наименьшее время по сравнению с балансирными и безбалансирными за счет полного отсутствия фундамента. Транспортировка всего оборудования балансирных и безбалансирных станков-качалок очень трудоемкий процесс так как требуется много единиц техники для транспортировки большого объема частей. В то время как гидроприводы можно перевезти гораздо легче. Так же применяются мобильные установки ГПШГН «Гейзер» что позволяет установить и наладить оборудование на устье скважины в течении 2-3 часов.

Несмотря на преимущества гидроприводов большая распространённость (большое число специалистов, не большая цена ремонтных частей) балансирных приводов штанговых насосов, а также холодный климат расположения месторождения обуславливает выбор балансирного привода УШСН.

4. Расчет оборудования при штанговой глубинно-насосной эксплуатации скважин.

Характеристика скважины.

Дебит	Q-20.5 м ³ /сут.
Плотность нефти	P _н -872кг/м ³ .
Глубина спуска насоса	L- 1300 м.
Содержание мех примесей	0,05%

По диаграмме А.Н. Адонина (Рис.1) на пересечении проекций Q-20.5 м³/сут. и L- 1300 м находим 5СК-6-1,5-1600 и диаметр плунжера насоса 32 мм.

Так как глубина спуска насоса > 1200 м применяем вставной насос типа НВ (выбираем предварительно НВ1Б-32-30-15).

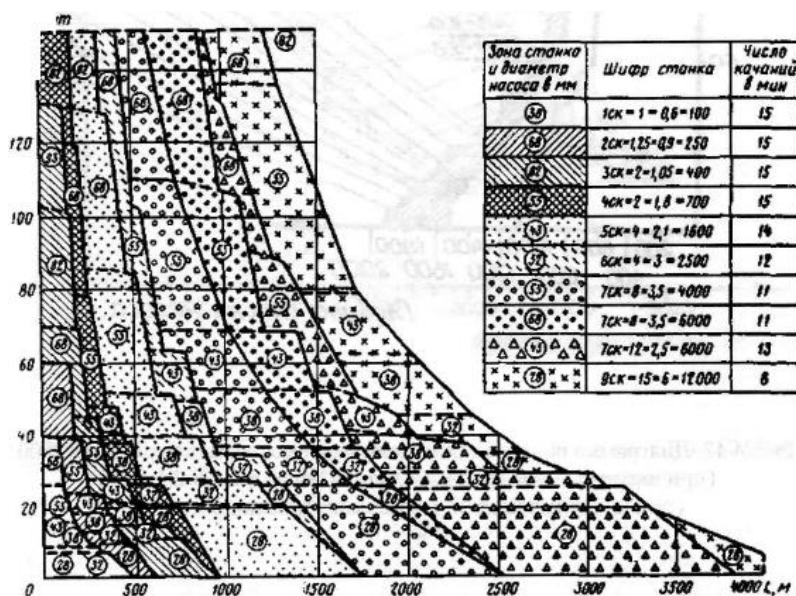


Рис.1. Диаграмма А.Н.Адонина.

В качестве цилиндра в данном насосе применяется целый безвтулочный цилиндр, характеризующийся повышенной прочностью, износостойкостью и транспортабельностью.

Предварительно выбираем штанги из углеродистой стали ($\sigma_{пр} = 70$ МПа) диаметром 22 мм (31%) и диаметром 19 мм (69%).

При общей глубине спуска 1300м длина секций штанг составит: диаметром 22 мм-403 м, диаметром 19 мм-897 м.

Режимные параметры 5СК-6-1,5-1600 по ГОСТ 5688: $S_a = 0.6; 0.9; 1.2; 1.5$ м – длина хода точки подвеса штанг. Число качаний $n=5-15$ мин⁻¹.

Редуктор Ц2НС-650 с передаточным отношением $i=38$ и диаметром шкива- 800 мм.

Для обеспечения продолжительной работы СК в первом приближении следует принять максимальную длину хода и найти по диаграмме А.Н. Адонина максимальную производительность насоса диаметром 32 мм, которая может быть получена при работе станка на максимальных параметрах. По диаграмме находим $Q_{\max} = 23 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Определение числа качаний производим по формуле:

$$n = n_{\max} \frac{Q_{\phi}}{Q_{\max}};$$

При длине хода $S_{\max} = 1,5 \text{ м}$, число качаний и $n_{\max} = 15$, число качаний будет

$$n = 15 \frac{20,5}{23} = 13 \text{ мин}^{-1};$$

Для более точного решения задачи определим параметры работы станка-качалки и насоса аналитическим методом исходя из минимума напряжений в штангах.

По стандартным значениям S_a и по формулам :

$$n = 6,85 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{S^2 q_{\text{ср}}}};$$

где средний вес 1 п.м. двухступенчатых штанг

$$q_{\text{ср}} = (3,14 \cdot 0,31 + 2,35 \cdot 0,69)/100 = 2,6 \text{ кг/м.}$$

$$F_{\text{пл}} = 0,47 \sqrt{Q n q_{\text{ср}}};$$

$$D_{\text{пл}} = \sqrt{F_{\text{пл}} / 0.785};$$

определяем расчетные режимы станка-качалки, находим $F_{\text{пл}}$ и $D_{\text{пл}}$ и составим таблицу.

Для станка 5СК-6-1,5-1600 согласно ГОСТ 5688 длина хода точки подвеса штанг $S_a = 0.6; 0.9; 1.2; 1.5$ м.

Примем $S_a = 0.6$ м.

$$n = 6,85 \cdot \sqrt[3]{\frac{23}{0,6^2 \cdot 2,6}} = 19,9 ;$$

$$F_{пл} = 0,47 \sqrt{23 \cdot 19,9 \cdot 2,6} = 16,2;$$

$$D_{пл} = \sqrt{16,2 / 0.785} = 4,54;$$

Аналогично для всех остальных длин хода точек подвеса штанг.

Таким образом, из табл.1. видно, что наиболее приемлемыми режимами работы являются 3-й и 4-й, однако диаметр плунжера при этих режимах получился большой.

Таблица 1

Расчётные режимы станка-качалки.

Номер режима	S_a , м	n	$F_{пл}$, см ²	$D_{пл}$, см
1	0,6	19,9	16,2	4,54
2	0,9	15,2	14,17	4,25
3	1,2	12,54	12,87	4,05
4	1,5	10,81	11,95	3,9

Для выбора оптимального режима определим максимальное значения нагрузок в точке подвеса штанг по формуле:

$$P_{max} = F_{пл} p_{ж} Lg + q_{cp} Lg [b + \frac{Sn^2}{1440}]$$

где L - глубина спуска насоса, $b = (P_{\text{ш}} + P_{\text{ж}})/P_{\text{ш}}$ - коэффициент облегчения штанг в жидкости, $P_{\text{ш}}, P_{\text{ж}}$ - плотность материала штанг и жидкости, $\frac{Sn^2}{1440}$ - фактор инерционных нагрузок.

Для 3-го режима:

$$P^3_{\text{max}} = 12,87 \cdot 10^{-4} \cdot 872 \cdot 1300 \cdot 9,8 + 2,6 \cdot 1300 \cdot 9,8 \left[1,11 + \frac{1,2 \cdot 12,54^2}{1440} \right] \\ = 55405 \text{ Н.}$$

$$\text{где } b = (7850 + 872)/7850 = 1,11$$

Для 4-го режима:

$$P^4_{\text{max}} = 11,95 \cdot 10^{-4} \cdot 872 \cdot 1300 \cdot 9,8 + 2,6 \cdot 1300 \cdot 9,8 \left[1,11 + \frac{1,5 \cdot 10,81^2}{1440} \right] \\ = 54075 \text{ Н.}$$

Наиболее выгодным режимом будет 4-ый, при котором $P_{\text{max}} = 54075 \text{ Н}$.
Минимальную нагрузку найдем по формуле:

$$P_{\text{min}} = q_{\text{cp}} L g \left[b + \frac{Sn^2}{1440} \right]; \\ P_{\text{min}} = 2,6 \cdot 1300 \cdot 9,8 \left[1,11 + \frac{1,5 \cdot 10,81^2}{1440} \right] = 40799 \text{ Н.}$$

Определим максимальное, минимальное напряжения и $\sigma_{\text{пр}}$.

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{f_{ш}} = \frac{54075}{3,8 \cdot 10^{-4}} = 142,3 \text{ МПа};$$

где $f_{ш}$ – площадь поперечного сечения штанг.

$$\sigma_{min} = \frac{P_{min}}{f_{ш}} = \frac{40799}{3,8 \cdot 10^{-4}} = 107,4 \text{ МПа};$$

Для выбора материала штанг определяют $\sigma_{пр}$.

$$\sigma_{пр} = \sqrt{\sigma_a \cdot \sigma_{max}} = \sqrt{17,45 \cdot 142,3} = 49,8 \text{ МПа};$$

$$\text{где } \sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 17,45.$$

По данным условиям выбираем штанги из ст.40 $\sigma_{пр,доп} = 70 \text{ МПа}$ для некоррозионных условий.

Коэффициент запаса прочности штанг по пределу текучести составит

$$\eta = \frac{\sigma_T}{\sigma_{max}} = \frac{320}{142,3} = 2,25$$

Определим необходимое число качаний при использовании стандартного диаметра плунжера с соответствующей длиной хода (для 4-го режима это будет насос диаметром 32 мм.)

$$n = n_p \frac{D_p}{D_{ст}} = 10,81 \frac{3,9}{3,2} = 13,17$$

5. Кинематический анализ привода штангового насоса методом планов.

Кинематический анализ – это исследование движения звеньев механизма без учета сил, вызывающих данное движение. При проведении кинематического анализа данного механизма решаются следующие задачи:

- определение положений звеньев, которые они занимают при работе механизма, а также построение траекторий движения отдельных точек механизма;
- определение скоростей характерных точек механизма и определение угловых скоростей его звеньев;
- определение ускорений отдельных точек механизма и угловых ускорений его звеньев.

Для проведения кинематического анализа механизма будет использован графический метод проведения анализа. Необходимо методом планов (план скоростей, план ускорений) определить скорости точек, угловые скорости звеньев, ускорения точек и угловые ускорения звеньев.

Исходные данные механизма.

Длина кривошипа: $l_1 = 715$ мм.

Длина шатуна: $l_2 = 1790$ мм.

Длина балансира: $l_3 = 3000$ мм.

Длина переднего плеча балансира равна длине заднего плеча: $l_4 = 150$ мм.

Угловая скорость кривошипа $\omega_1 = 36,63$ рад/с

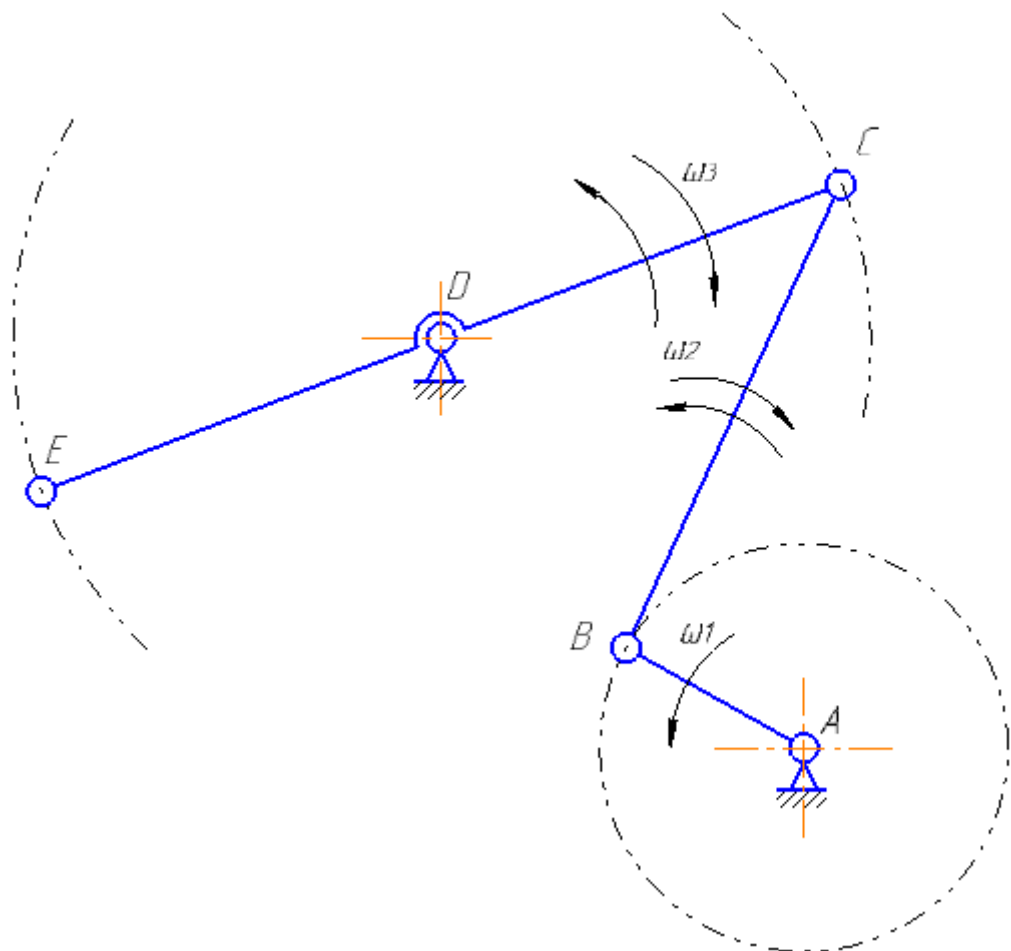
Определение размеров звеньев в соответствии с масштабом $\mu_l = 20$ мм/мм.

$$l_{AB} = [l_1]/\mu_l = 715 / 20 = 35,75 \text{ мм};$$

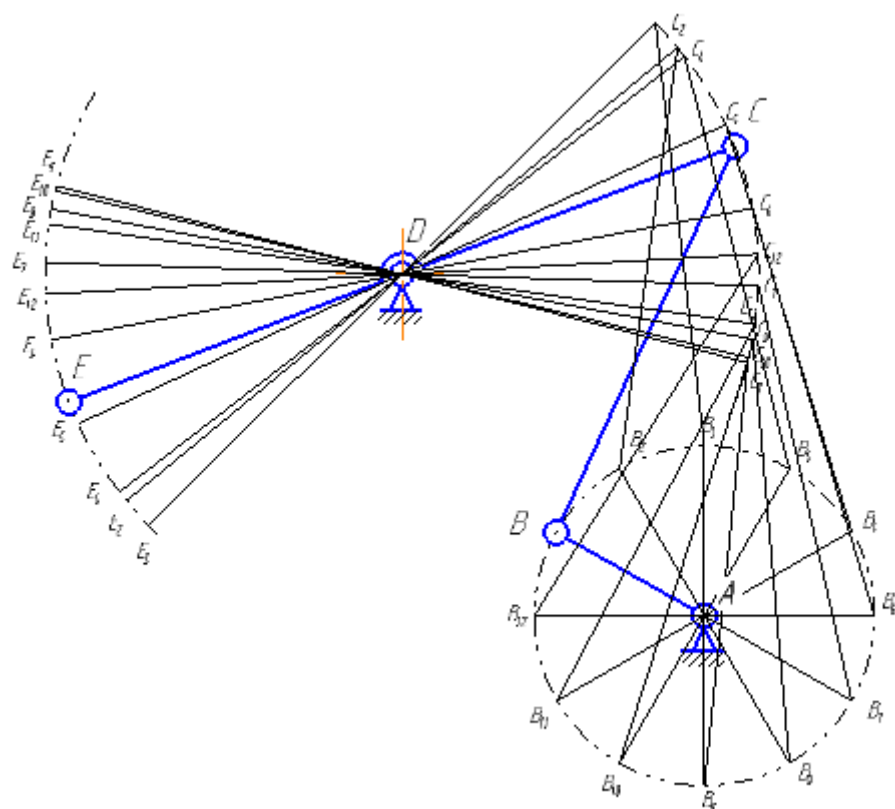
$$l_{BC} = [l_2]/\mu_l = 1790 / 20 = 89.5 \text{ мм};$$

$$l_{CD} = l_{DE} = \left[\frac{l_3}{2} \right] / \mu_l = 1500 / 20 = 75 \text{ мм};$$

Кинематическая схема механизма $\mu_v=0.05$



5.1. Построение плана механизма методом засечек.



5.2. Определение линейных скоростей характерных точек механизма методом плана скоростей. Определение угловых скоростей звеньев механизма.

Исходными данными для этой задачи являются параметры механизма ($l_{AB}=37,75$ мм, $l_{BC}=89,5$ мм, $l_{CD}=l_{DE}=75$ мм), кинематическая схема в рабочем положении, угловая скорость $\omega_1 = 36,63$ рад/с кривошипа 1.

Требуется определить скорости заданных точек V_B, V_C, V_D, V_E , угловые скорости $\omega_2, \omega_3, \omega_4$.

Сложное движение представляется двумя простыми: переносное и относительное.

$$\overline{V_B} = \overline{V_A} + \overline{V_{BA}};$$

$V_A=0$; так как точка неподвижна и закреплена в опоре.

$$V_B = V_{BA} = \omega_1 \cdot l_{AB} = 1.383 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad - \text{линейная скорость точки В.}$$

$$\overline{V_{BA}} \perp \overline{AB};$$

Полнос плана скоростей p_v – такая точка, скорость в которой равна нулю.

План скоростей – графико-аналитический метод, позволяющий определить линейные скорости точек и угловые скорости звеньев плоского механизма.

Масштабный коэффициент позволяет изображать физические величины на планах и преобразовывать отрезки на плане в физические величины.

$$\mu_v = V_B / p_v b = 0,02 \frac{\frac{\text{м}}{\text{с}}}{\text{мм}};$$

$$p_v b = V_B / \mu_v = 69,15 \text{ мм};$$

Представляем движение шатуна 2 вместе с точкой В поступательным переносным движением и относительным вращательным движением относительно точки В.

$$\overline{V_C} = \overline{V_B} + \overline{V_{C/B}}$$

$$\overline{V_C} = \overline{V_D} + \overline{V_{C/D}}$$

Графическое решение системы дает точку с на плане скоростей.

$$bc = 76.48; p_v c = 98.91 \text{ мм};$$

$$V_{C/B} = bc \cdot \mu_v = 1.529 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

$$V_C = p_v c \cdot \mu_v = 1.978 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{линейная скорость точки С.}$$

$$\omega_2 = V_{C/B} / l_{BC} = 17 \text{ рад/с} - \text{угловая скорость второго звена.}$$

$$V_C = V_E \text{ т. к. длины плеч балансира равны.}$$

$$p_v e = 98.91 \text{ мм};$$

Построим на плане $p_v e = 98.91 \text{ мм}$ перпендикулярно ЕС, но в обратном направлении cd.

$$V_E = p_v e \cdot \mu_v = 1.978 \frac{\text{м}}{\text{с}} - \text{линейная скорость точки Е.}$$

$$\omega_3 = V_C / l_{CD} = 26.5 \text{ рад/с} - \text{угловая скорость третьего звена};$$

Для определения направления угловой скорости воспользуемся вектором относительной скорости. Например, для определения направления $\overline{\omega_2}$ используем вектор относительной скорости $\overline{V_{C/B}}$.

Таблица 1.

Скорость	Значение
V_B	1.383
V_C	1.978
V_E	1.978
ω_1	36.63
ω_2	17
ω_3	26.5

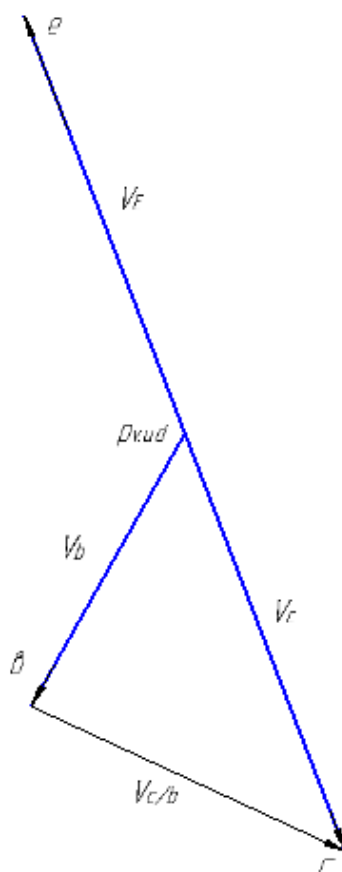
На плане скоростей определяем направление этого вектора. В основу берем правило сложения векторов.

Переносим вектор скорости $\overline{V_{CB}}$ в точку С и относительно точки В этот вектор $\overline{bc}$ покажет направление вращения.

Аналогично для $\overline{\omega_3}$.

Сводная таблица линейных и угловых скоростей механизма (Таб.1).

План скоростей рабочего положения $\mu_v = 0.02 \frac{с}{мм}$



5.3. Определение линейных ускорений характерных точек механизма методом плана ускорений. Определение угловых ускорений звеньев механизма.

Исходными данными для этой задачи являются параметры механизма ($l_{AB}=35,75$ мм, $l_{BC}=89,5$ мм, $l_{CD}=75$ мм, $l_{CE}=75$ мм), кинематическая схема в рабочем положении, угловая скорость $\omega_1 = 36,63$ рад/с кривошипа 1.

Также известными данными являются скоростные характеристики, найденные из плана скоростей.

Определить : $a_B, a_C, a_D, a_E, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \varepsilon_4$.

$a_A = 0; a_D = 0$ так как точки неподвижны и закреплены в опоре.

Движение кривошипа представляется составляющими - вместе с точкой А – поступательным, вращательным относительно вокруг точки А.

$$\overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^t};$$

$$a_{BA}^n = \omega_1^2 \cdot l_{AB}; \quad a_{BA}^n \parallel AB \quad (\text{направление от В к А}).$$

$$a_{BA}^t = \varepsilon_1 \cdot l_{AB} = 0; \quad (\text{так как } \omega_1 = \text{const}).$$

Таким образом, $\overline{a_B} = \overline{a_{BA}^n} = 50,65 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ - линейное ускорение точки В.

Полнос плана скоростей p_a – такая точка, ускорение в которой равно нулю.

План ускорений – графико-аналитический метод, позволяющий определить линейные ускорения точек и угловые ускорения звеньев плоского механизма.

Выберем масштабный коэффициент для плана ускорений механизма. Масштабный коэффициент μ_a позволяет изображать физические величины на планах и преобразовывать отрезки на плане в физические величины.

$$\mu_a = a_B / p_a b = 1 \frac{\frac{м}{с^2}}{мм};$$

$$p_a b = a_B / \mu_a = 50,65 \text{ мм};$$

Для определения ускорения точки С находим нормальное ускорение $\overline{a_{C/B}^n}$, строим их и на пересечении перпендикуляров к ним находим точку С.

$$\overline{a_{C/B}^n} = \omega_2^2 \cdot l_{BC}; \quad \overline{a_{C/B}^n} \parallel CB \quad (\text{направление от С к В}).$$

$$\overline{a_{C/B}^t} \perp CB;$$

$$\overline{a_{C/B}^n} = 25,87 \frac{м}{с^2}, \text{ из плана ускорений находим } \overline{a_{C/B}^t} = 95,27 \frac{м}{с^2}$$

$$\overline{a_{C/D}^n} = \omega_3^2 \cdot l_{BD}; \quad \overline{a_{C/D}^n} \parallel CD \quad (\text{направление от С к D}).$$

$$\overline{a_{C/D}^t} \perp CD;$$

$$\overline{a_{C/D}^n} = 52,67 \frac{м}{с^2}, \text{ из плана ускорений находим } \overline{a_{C/D}^t} = 11,27 \frac{м}{с^2}$$

$$a_C = \mu_a \cdot p_a c = 53,86 \frac{м}{с^2} \quad - \text{ линейное ускорение точки С.}$$

линейное ускорение точки Е равно линейному ускорению точки С, но на плане ускорений направленно в другую сторону.

Определим угловые ускорения звеньев механизма.

$$\varepsilon_2 = \overline{a_{C/B}^t} / l_{BC} = 1060 \text{ рад} / \text{с}^2;$$

$$\varepsilon_3 = a_{c/d}^{\tau} / l_{cd} = 150.3 \text{ рад/с}^2;$$

Для определения направления углового ускорения воспользуемся вектором относительного касательного ускорения. Например, для определения направления $\overline{\varepsilon_2}$ используем вектор относительного ускорения $\overline{a_{CB}^{\tau}}$.

На плане ускорений определяем направление этого вектора. В основу берем правило сложения векторов.

Переносим вектор скорости $\overline{a_{CB}^{\tau}}$ в точку С и относительно точки В этот вектор $\overline{bc}$ покажет направление вращения.

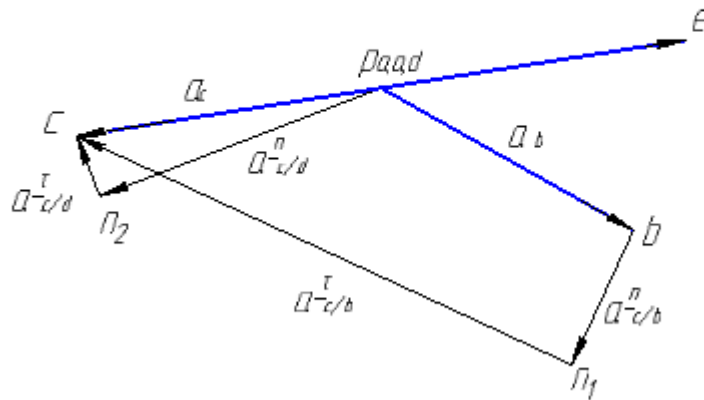
Аналогично для $\overline{\varepsilon_3}$

Сводная таблица линейных и угловых скоростей механизма (Таб.1).

Таблица 1.

Ускорение	Значение
a_B	50.65
a_C	53.86
a_E	53.86
ε_1	36,63
ε_2	1060
ε_3	150.3

План ускорений рабочего положения $\mu_a = 1 \frac{\frac{m}{s^2}}{mm}$



6. Кинематический анализ привода штангового насоса методом дифференцирования.

6.1. Масштаб закона движения

Вычерчивается в масштабе график: $S=S(\varphi)$.

В зависимости от формата выбираем линейный масштаб перемещения μ_s (мм/мм). Тогда высота графика h будет:

$$h = \frac{S}{\mu_s} [mm]$$

$$h = \frac{63}{0,5} = 126 [mm]$$

Масштабы по оси абсцисс

угловой масштаб $\mu_\varphi = \frac{2\pi}{L}$ рад/мм.,

$$\mu = \frac{2 \cdot 3,14}{360} = 0,0174 \text{ рад/мм.}$$

При заданной частоте вращения кулачка n об/мин масштаб времени:

$$\mu_t = \frac{60}{nL} \text{ с/мм,}$$

где L – длина графика $S - \varphi$ (принимается в зависимости от формата чертежа).

$$\mu_t = \frac{60}{10 \cdot 180} = 0,0333 \text{ с/мм. .}$$

6.2. Масштабы графиков первой производной

Принимая полюсное расстояние H , методом графического дифференцирования (метод касательных или метод хорд) строятся графики первой производной $S' = dS/d\varphi$ или $\Theta' = d\Theta/d\varphi$ – аналоги скоростей. Масштабы графиков:

$$\mu_{S'} = \mu_{dS/d\varphi} = \frac{\mu_S}{\mu_\varphi H_1} \left[\frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right],$$

$$\mu_{S'} = \frac{0,5}{0,0174 \cdot 40} = 0,735 \left[\frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right].$$

Масштабы линейной скорости этих графиков определяется из выражения:

$$\mu_V = \frac{\mu_S}{\mu_t H_1} \left[\frac{\text{мм/с}}{\text{мм}} \text{ или } \frac{\text{м/с}}{\text{мм}} \right],$$

$$\mu_V = \frac{0,5}{0,0333 \cdot 40} = 0,375 \left[\frac{\text{см/с}}{\text{мм}} \right].$$

Из графиков с учетом масштаба $V_E = 1,989 \text{ м/с}$, что примерно равно скорости точки E рассчитанной методом планов.

6.3. Масштабы графиков второй производной

1. Для определения линейного или углового ускорения строим график: $a=a(t)$, для чего следует продифференцировать график $V=V(t)$. Масштабы этих графиков будут:

$$\mu_a = \frac{\mu_v}{\mu_t \cdot H_2}$$

$$\mu_a = \frac{0,375}{0,0333 \cdot 40} = 0,281 \frac{\text{см}/\text{с}^2}{\text{мм}}$$

Здесь H_2 - полюсное расстояние при вторичном дифференцировании, принятое $H_2 = 20$. Масштабы аналогов ускорений:

$$\mu_{s'} = \mu_{d^2s/d^2} = \frac{\mu_{s'}}{\mu H} \left[\frac{\text{мм}}{\text{мм}} \right].$$

2. Выбрав положение центра вращения кулачка (в области возможных его положений) и, соединив его с концами отрезков на графиках, определяются углы передачи движения, γ_i и строится график $\gamma = \gamma(\varphi)$.

Из графиков с учетом масштаба $a_E = 55,3 \text{ м/с}^2$, что примерно равно ускорению точки Е рассчитанной методом планов.

7. Энергокинематический расчет привода

7.1. Определение КПД привода станка-качалки

КПД привода определяется как произведение КПД отдельных передач.

$$\eta_{общ} = \eta_1 \cdot \eta_2,$$

где: η_1 - КПД ременной передачи; η_2 - КПД зубчатой передачи.

Для расчета данного механизма принимаем ременную и зубчатую передачи. Плавность работы обеспечена ременной передачи даже при отсутствии равномерной нагрузки на рабочем органе. При расчете привода станка-качалки принимается ременная передача клиноременного типа. Компактностью и большим передаточным отношением отличается зубчатая передача. При расчете привода станка-качалки зубчатая передача - цилиндрическая закрытого типа. Значения КПД принимаем равным 0,96. [12]

$$\eta_{общ} = 0,96 \cdot 0,96 = 0,9216$$

Развиваемый момент на выходном звене привода найдем по формуле:

$$M = \frac{N \cdot \eta_{общ}}{\omega_1},$$

где: N – заданная мощность; ω_1 – угловая скорость кривошипа, $\eta_{общ}$ – КПД привода.

$$M = \frac{10 \cdot 0,9216}{1,13} = 8,15 \text{ кНм.}$$

7.2. Определение мощности электродвигателя. Подбор электродвигателя

Необходимая мощность двигателя для привода станка-качалки с учетом КПД определится:

$$N = \frac{N}{\eta_{общ}}$$

$$N = \frac{20}{0,9216} = 21,7 \text{ кВт}$$

Из условия что мощность электродвигателя не меньше мощности на кривошине подбираем модель электродвигателя. Ближайшее большее значение мощности имеют двигатели серии АОП2 следующих типоразмеров: 71-4 ($n=1450$ об/мин), 72-6 ($n=970$ об/мин). Выбираем электродвигатель с большим числом оборотов – электродвигатель серии АОП2 типоразмера 71-4

7.3. Определение передаточных чисел привода станка-качалки

Определим общее передаточное число привода станка-качалки:

$$U_{общ} = \frac{n_{дв}}{n};$$

Так как число оборотов на выходном валу привода должно соответствовать числу оборотов входного вала станков качалки - 10 об/мин, то требуемое передаточное отношение привода определится из соотношения:

$$U = \frac{n_{дв}}{n} = \frac{1450}{10} = 145;$$

Разобьем общее передаточное число по ступеням привода:

$$U_{зуб} = \frac{U_{общ}}{U_{рем}};$$

В частности, для первой ступени привода (ременной передачи), исходя из рекомендаций ($U_{рем} = 2...4$), передаточное число принимаем $U_{рем} = 3$.

$$U_{зуб} = \frac{U_{общ}}{U_{рем}} = \frac{145}{3} = 48$$

Для зубчатой передачи рекомендованные передаточные числа принимаем в диапазоне $U_{зуб} = 3...7$. Так передаточное число выходного вала привода $U_{вых.вала}$

составляет 10 об/мин, то требуемое передаточное отношение зубчатой передачи найдем по соотношению:

Разобьем $U_{зуб}$ по ступеням.

$$\frac{48}{U_{зуб}} = n_{вых.вал};$$

$$U_{зуб} = \frac{48}{n_{вых.вал}} = \frac{48}{10} = 4,8;$$

Полученное значение лежит в необходимом диапазоне передаточных чисел зубчатой передачи. Таким образом, для привода станка-качалки получили одноступенчатую зубчатую передачу.

Если при расчете $U_{зуб} > 7$, то следует принимать большее число ступеней.

Составляем кинематическую схему привода рисунок 9.

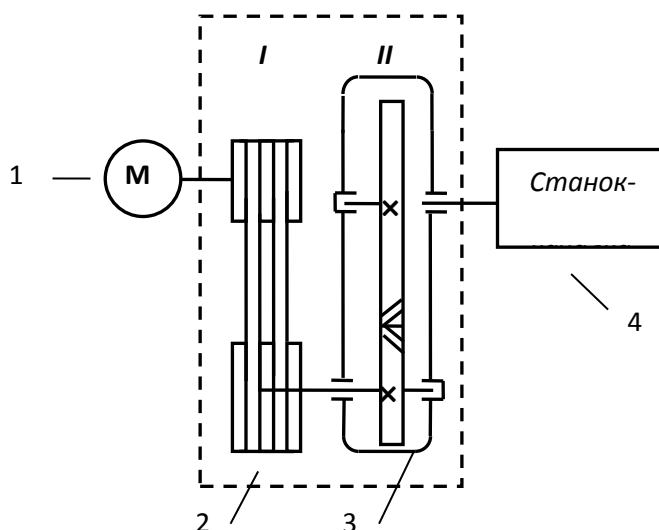


Рис.9 Схема привода станка-качалки. 1 – «М» (мотор) – электродвигатель; 2 – клиноременная передача (первая ступень привода); 3 – зубчатая передача (одноступенчатый косозубый редуктор); 4- исполнительный механизм (станок-качалка).

Определим частоту вращения валов привода. Для выходного вала ременной передачи:

$$n_{\text{рем.вых}} = \frac{n_{\text{дв}}}{U_{\text{рем}}};$$

$$n_{\text{рем.вых}} = \frac{1450}{3} = 483$$

Число оборотов выходного вала ременной передачи равно числу оборотов входного вала зубчатой передачи. Число оборотов выходного вала редуктора (зубчатой передачи) равно числу оборотов входного вала станка-качалки (кривошипа).

7.4. Определение мощностей по валам привода

Мощность ведущего вала ременной передачи равна мощности электродвигателя $N_{\text{вход.рем}} = N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$. Мощность на выходном валу ременной передачи:

$$N_{\text{вых.рем}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{рем}}$$

$$N_{\text{вых.рем}} = 10 \cdot 0,96 = 9,6 \text{ кВт}.$$

Мощность входного вала зубчатой передачи равна мощности выходного вала ременной передачи $N_{\text{вых.рем}} = N_{\text{вход.зуб.}} = 9,6 \text{ кВт}$. Мощность на выходном валу зубчатой передачи:

$$N_{\text{вых.зуб}} = N_{\text{вых.рем}} \cdot \eta_{\text{зуб}}$$

$$N_{\text{вых.зуб}} = 9,6 \cdot 0,96 = 9,216 \text{ кВт}.$$

7.5. Определение моментов по валам привода

Моменты на валах определим из соотношения:

$$M = \frac{N}{\omega}$$

Для входного вала ременной передачи (первого вала привода):

$$M_{\text{вход.рем}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\omega_{\text{дв}}} \left[\frac{Bm}{\text{рад/с}} \right],$$

где $\omega_{\text{дв}}$ – угловая скорость вала двигателя.

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30}$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{3,14 \cdot 1440}{30} = 150,7 \text{ рад/с}$$

$$M_{\text{вход.рем}} = \frac{10000 Bm}{150,7 \text{ рад/с}} = 66,4 \text{ Нм.}$$

Момент на выходном валу ременной передачи:

$$M_{\text{вых.рем}} = \frac{N_{\text{вых.рем}}}{\omega_{\text{вых.рем}}}$$

$$\omega_{\text{вых.рем}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вых.рем}}}{30}$$

$$\omega_{\text{вых.рем}} = \frac{3,14 \cdot 480}{30} = 50,24 \text{ рад/с}$$

$$M_{\text{вых.рем}} = \frac{9600}{50,24} = 191 \text{ Нм.}$$

Момент на входном валу зубчатой передачи равен моменту на выходном валу ременной передачи $M_{\text{вых.рем}} = M_{\text{вход.зуб}} = 191 \text{ Нм.}$

Момент на выходном валу зубчатой передачи:

$$M_{\text{вых.зуб}} = \frac{N_{\text{вых.зуб}}}{\omega_{\text{вых.зуб}}}$$

$$\omega_{\text{вых.зуб}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вых.зуб}}}{30}$$

$$\omega_{\text{вых.зуб}} = \frac{3,14 \cdot 10}{30} = 1,046 \text{ рад/с}$$

$$M_{\text{вых.зуб}} = \frac{9216}{1,046} = 8810 \text{ Нм.}$$

Исходя из полученного крутящего момента на выходном валу редуктора и сравнив его с паспортными данными можно сделать вывод что привод УШСН подобран верно. Также данный привод экономически целесообразен.

8. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

8.1. SWOT-анализ

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 1).

Таблица 1

Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Подбор оптимального режима работы станка до его монтажа С2. Использование программного комплекса Компас 3D; С3. Определение прочности отдельных деталей до их производства; С4. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Использование некоторых упрощений (например, материал штанги принимается условно); Сл2. Отсутствие возможности проверки прочностных расчетов на лабораторных стендах; Сл3. Возможные ошибки в расчетной части программного комплекса Компас 3D .
Возможности: В1. Сотрудничество с предприятием-изготовителем приводов УШСН; В2. Появление дополнительного спроса на исследование в связи с расширением объемов производства потребителей;		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данные исследования в связи с возможностью		

проведения расчетов самостоятельно; У2. принципиально новых технологий.	подобных потребителем Развитие новых		
---	---	--	--

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 2, табл. 3, табл. 4, табл. 5.

Таблица 2

Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	-
	B2	-	-	0	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C3, B2C4.

Таблица 3

Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	0	-
	B2	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить то что слабых сторон данный проект не имеет.

Таблица 4

Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	-
	У2	0	0	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С4.

Таблица 5

Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	+	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2Сл3, У2Сл1.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 6).

Таблица 6

SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Подбор оптимального режима работы станка до его монтажа С2. Использование программного комплекса Компас 3D; С3. Определение прочности отдельных деталей до их производства; С4. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Использование некоторых упрощений (например, материал штанги принимается условно); Сл2. Отсутствие возможности проверки прочностных расчетов на лабораторных стендах; Сл3. Возможные ошибки в расчетной части программного комплекса Компас 3D .
Возможности: В1. Сотрудничество с предприятием-изготовителем приводов УШСН; В2. Появление	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1С3 – возможность заимствования паспортных	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:

дополнительного спроса на исследование в связи с расширением объемов производства потребителей;	данных у завода-изготовителя для проведения расчетов; В2С4 – большое количество квалифицированного персонала, которые могут провести данные расчеты, покрывает спрос на исследование;	
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данные исследования в связи с возможностью проведения подобных расчетов потребителем самостоятельно; У2. Развитие принципиально новых технологий;	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У2С5– возможно развитие конкурентных разработок, если при их создании участвует квалифицированный персонал;	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: У1Сл1Сл2Сл3– возможно отсутствие спроса на данное исследование вследствие: применения некоторых упрощений при моделировании, учета только одного вида нагрузки, наличия некоторых погрешностей при отсутствии возможности проверки результатов; У2Сл1– возможно развитие конкурентных исследований вследствие осуществления более точных расчетов при минимальных упрощениях в проекте;

8.2. Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник
Теоретические исследования (выбор станка, определение оптимального режима работы, кинематический анализ)	5	Поиск необходимых параметров для построения модели и проведения расчетов	Дипломник
	6	Проведение расчётов	Дипломник

Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник
Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (\text{x})$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (\text{x})$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в табл. 8

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ож}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Руков.	2	3
Выбор направления исследования	5	9	6,6	Руков.	7	10
Подбор и изучение литературы по теме	9	12	10,2	Дипл.	10	15
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Руков. дипл.	2	3
Поиск необходимых параметров для построения модели и проведения расчетов	10	16	12,4	Дипл.	13	19
Оценка результатов исследования	3	5	3,8	Руков. дипл.	4	6
Составление пояснительной записки	4	6	4,8	Руков. дипл.	5	8

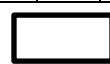
На основе таблицы 8 строим план график

Таблица 9 – Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Испол нител и	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление ТЗ	Руков.	3												
2	Выбор направления	Руков.	10												
3	Изучение литературы	Дипл.	15												
4	Планирование работ	Руков. дипл.	1												
5	Поиск параметров	Дипл.	19												
6	Оценка результатов	Руков. дипл.	6												
7	Пояснительная записка	Руков. дипл.	8												



- руководитель,



- дипломник.

8.3. Бюджет научно-технического исследования

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сведен в табл. 10.

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2	0,93	1,86
2	Выбор направления исследования	Руководитель	7	0,93	6,51
3	Подбор и изучение литературы по теме	Дипломник	10	0,23	2,3
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, дипломник	2	1,16	2,32
5	Поиск необходимых параметров для построения модели и проведения расчетов	Дипломник	13	0,23	2,99
6	Оценка результатов исследования	Руководитель, дипломник	4	1,16	4,64
7	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник	5	1,16	5,8
Итого					26,42

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} ,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн} ,$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_d} , \quad (x)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица X – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}},$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица X – расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, тыс. руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, тыс. руб.	$З_{\text{дн}}$, тыс. руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, тыс. руб.
Руководитель	23,264	0,3	0,3	1,3	48,39	2,53	20	50,6
Дипломник	5,707	0	0	1,3	7,42	0,34	32	10,88
Итого $З_{\text{осн}}$								61,48

8.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}), \quad (x)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица X – отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
Руководитель	50,6	5,06
Дипломник	10,88	1,09
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Исполнение 1	18,24	

8.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.

Таблица X – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	61480	
2. Отчисления во внебюджетные фонды	18240	
3. Накладные расходы	12755,2	16% от суммы 1-2
4. Бюджет затрат НТИ	92475,2	Сумма ст. 1-3

9. Социальная ответственность

Настоящая дипломная работа посвящена подбору привода штанговых насосов, проведению прочностных расчетов и определению оптимального режима работы. В связи с этим данный раздел ВКР посвящен анализу возможных опасных и вредных факторов при монтаже и эксплуатации привода УШСН.

В качестве персонала рассматривается слесарь-ремонтник.

Рабочим местом слесаря является площадка вокруг привода.

Работу выполняет в основном стоя. Производит обход и осмотр привода на наличие неполадок. Регламентированные перерывы- 5% от рабочего времени.

В его обязанности входит ведение технологического процесса и наблюдение за работой привода, контроль за соблюдением технологического режима, качеством сырья и вырабатываемых продуктов по показаниям контрольно-измерительных приборов и результатам анализов, контроль за учетом расхода сырья, продукции, реагентов, катализаторов, топливно-энергетических ресурсов, предупреждение отклонения процесса от заданного режима, ликвидация возникающих отклонений технологического процесса и аварий, заполнение журнала приема и сдачи дежурств.

Операции, проводимые слесарем-ремонтником.

1. Проверить исправность фундамента
2. Осмотреть крепление станка-качалки. Проверяется:
 - наличие и надежность крепежа составных частей,
 - жёсткость узлов станка-качалки,
3. Проверить исправность заземления
4. Убедиться в отсутствии посторонних шумов в редукторе и в подшипниках при работе станка качалки
5. Проверить герметичность и исправность фланцевых соединений
6. Проверить герметичность устьевого сальника

7. Проверить исправность запорной арматуры, убедиться в отсутствии течи через сальниковые уплотнения
8. Проверить исправность манометров
9. Проверить наличие подачи скважины.
10. Проверить исправность защитных ограждений, маршевых лестниц и рабочих площадок.

Требования к эксплуатации скважин штанговым насосом.

1. Устье скважины оборудуется запорной арматурой и сальниковым устройством для герметизации штока.
2. Обязка устья скважины должна позволять смену набивки сальника полированного штока при наличии давления в скважине, замер устьевого давления, температуры при необходимости.
3. До начала ремонтных работ, при остановке на длительный срок или перед осмотром оборудования периодически работающей скважины с автоматическим, дистанционным или ручным пуском электродвигатель должен отключаться; должны быть приняты меры, предотвращающие случайное приведение его в движение вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов, контргруз должен быть опущен в нижнее положение и заблокирован тормозным устройством, а на кнопке пускового устройства вывешен плакат «Не включать! Работают люди».
4. На скважинах с автоматическим и дистанционным управлением станков-качалок вблизи пускового устройства на видном месте должна быть надпись «Внимание! Пуск автоматический».
5. Кривошипно-шатунный механизм станка-качалки, площадка для обслуживания электропривода и пускового устройства должны быть окрашены и иметь ограждения.
6. Системы замера дебита, системы контроля пуска, остановки скважины должны иметь выход на диспетчерский пункт.
7. Станок-качалка должен быть установлен так, чтобы

исключалось соприкосновение движущихся частей с фундаментом или грунтом.

8. Для обслуживания тормоза станка-качалки устраивается площадка с ограждением.

9. При крайнем нижнем положении головки балансира расстояние между траверсой подвески сальникового штока или штангодержателем и устьевым сальником должно быть не менее 20 см.

10. Кондуктор (промежуточная колонна) должен быть связан с рамой станка-качалки не менее чем двумя заземляющими стальными проводниками, приваренными в разных местах к кондуктору (технической колонне) и раме. При наличии подрамника, рама станка-качалки и подрамник должны быть связаны между собой стальными, не менее двух, круглыми проводниками диаметром не менее 10мм, приваренными в разных местах подрамника и рамы при условии соединения подрамника и свайного поля на сварке.

Сечение прямоугольного проводника должно быть не менее 48 мм^2 , толщина стенок угловой стали не менее 4 мм, диаметр круглых заземлителей – 10 мм. Заземляющие проводники, соединяющие раму станка-качалки с кондуктором (технической колонной), должны быть заглублены в землю не менее чем на 0,5 м. В качестве заземляющих проводников может применяться сталь: круглая, полосовая, угловая или другого профиля. Общее сечение проводников должно быть не менее 75 мм^2 . Применение для этих целей стального каната запрещается. Соединения заземляющих проводников должны быть доступны для осмотра.

Основной целью раздела является рассмотрение оптимальных норм для улучшения условий труда, обеспечения производственной безопасности человека, повышения его производительности, сохранения работоспособности в процессе деятельности, а также охраны окружающей среды.

9.1. Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду.

На здоровье и работоспособность человека в процессе труда оказывает влияние совокупность факторов производственной среды и трудового процесса. В зависимости от влияния на организм человека отдельные производственные факторы могут быть вредными или опасными. При хранении, наполнении и опорожнении резервуаров, а также их зачистке и ремонте труд характеризуется как опасный и очень тяжелый. Согласно нормативно-правовой документации можно выделить следующие *вредные факторы* производственной среды:

- физические перегрузки;
- Повышенный уровень шума на рабочем месте;
- Повышенный уровень вибрации;

К *опасным факторам* относятся следующие:

- расположение рабочего места на значительной высоте от уровня пола или земли;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

9.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Так как приводы УШСН находятся на улице, то в темное время суток наблюдается недостаточная освещенность, несмотря на искусственное освещение. В темное время территория привода должна иметь освещение, отвечающее нормам техники безопасности и пожарной безопасности; Для местного освещения в темное время суток должны применяться переносные взрывобезопасные аккумуляторные светильники напряжением не более 12 В, включать и выключать которые следует за обвалованием или ограждением.

Физические перегрузки.

Процесс ремонта связан с перемещением объемных и тяжелых ремонтных частей. Большая физическая перегрузка влечет за собой большую усталость,

большой риск травм, которые могут повлечь за собой осложнения. Тяжелые переломы, частые вывихи, растяжения, порванные связки и даже мышцы.

Вибрация.

Наличие даже минимального дисбаланса в технической системе многократно преумножается в сильные вибрации, которые воздействуют на работника.

Длительное воздействие вибрации на организм человека приводит к серьезным последствиям под названием «вибрационная болезнь». Это профессиональная патология, которая возникает в результате длительного влияния на организм человека производственной вибрации, превышающей предельно допустимый уровень (ПДУ).

Вибрация может действовать как локально (например, на рабочие руки), так и на весь организм. Но в любом случае она способна к распространению, отражаясь на нервной и опорно-двигательной системе. Гасится вибрация благодаря эластическим свойствам мышц, связок, хрящей.

Кроме того, от длительной вибрации страдает сердечно-сосудистая система и особенно - микроциркуляторное русло (мелкие сосуды, в которых идет непосредственная отдача кровью кислорода и утилизация из тканей углекислого газа).

При общей вибрации часто поражается орган равновесия (вестибулярный аппарат), что сопровождается головокружением, шаткой, неустойчивой походкой, таких пациентов часто беспокоит тошнота, иногда двоится в глазах.

Индивидуальные средства защиты, такие как виброзащитные перчатки и рукавицы, виброзащитная обувь позволяют предупредить негативное воздействие вибрации на человека.

Шум.

Шум, возникающий при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, воздействует на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха.

Шум воспринимается весьма субъективно. При этом имеет значение конкретная ситуация, состояние здоровья, настроение, окружающая обстановка.

Основное физиологическое воздействие шума заключается в том, что повреждается внутреннее ухо, возможны изменения электрической проводимости кожи, биоэлектрической активности головного мозга, сердца и скорости дыхания, общей двигательной активности, а также изменения размера некоторых желез эндокринной системы, кровяного давления, сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков глаз. Работающий в условиях длительного шумового воздействия испытывает раздражительность, головную боль, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, нарушение сна. В шумном фоне ухудшается общение людей, в результате чего иногда возникает чувство одиночества и неудовлетворенности, что может привести к несчастным случаям.

Длительное воздействие шума, уровень которого превышает допустимые значения, может привести к заболеванию человека шумовой болезнью — нейросенсорная тугоухость. На основании всего выше сказанного шум следует считать причиной потери слуха, некоторых нервных заболеваний, снижения продуктивности в работе и некоторых случаях потери жизни.

Согласно ГОСТ 12.1.003-83 при разработке технологических процессов, проектировании, изготовлении и эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений, а также при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, воздействующего на человека, до значений, не превышающих допустимые. те чего иногда

возникает чувство одиночества и неудовлетворенности, что может привести к несчастным случаям.

Средства защиты от шума.

- Снижение шума в источнике осуществляется за счет улучшения конструкции машины или изменения технологического процесса.
- Методы и средства коллективной защиты
 - изменение направленности излучения шума;
 - рациональную планировку предприятий и производственных помещений;
 - акустическую обработку помещений;
 - применение звукоизоляции;
- Средства индивидуальной защиты

Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя.

Наиболее эффективны СИЗ, как правило, в области высоких частот. СИЗ включают в себя противοшумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

9.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Пожаровзрывобезопасность:

Привод УШСН не является пожаровзрывобезопасным оборудованием, поэтому данный раздел не рассматривается.

Работа по обслуживанию привода связана с постоянным перемещением, в том числе и подъемом на высоту. Возможно падение работника с высоты.

Обязательно использование предохранительных поясов, страховочных канатов, касок.

Электростатические поля возникают при разрядах молнии. Возможно поражение электрическим током, ожоги, нарушение физико-химического состава крови, поражение слизистой оболочки глаз, разрыв тканей организма, летальный исход. Для предупреждения поражений нужно производить изоляцию проводов, установку оградительных устройств, использование предупреждающих плакатов и знаков безопасности, защитного заземления и отключения, зануление, применять СИЗ (диэлектрические перчатки, инструменты с изолирующими рукоятками), устанавливать молниеотводы.

9.4. Охрана окружающей среды

Твердые и жидкие отходы:

В период эксплуатации источниками негативного воздействия на окружающую среду могут являться отработанное масло на гидравлике оборудования, течи фланцевых соединений и отходы при производстве и при окончании срока эксплуатации оборудования. При этом оборудование переводят на дальнейшую переплавку или на специально оборудованную площадку для утилизации.

Сточные воды:

Данное оборудование не влияет на состояние гидросферы и поэтому данный раздел не рассматривается.

Выбросы в атмосферу:

Данное оборудование не влияет на состояние атмосферы и поэтому данный раздел не рассматривается.

Защита в чрезвычайных ситуациях.

Причины возникновения чрезвычайных ситуаций:

- Протечки перекачиваемой и затворной жидкости наружу из концевых уплотнений вала, через фланцевые соединения и торцевые разъемы;
- Протечки масла наружу через уплотнения подшипников;

- Искрообразования в узлах концевых уплотнений и подшипников при работе;
- Вторичные уплотнения вала не являются термостойкими при максимальной температуре перекачиваемой жидкости;

Для того чтобы не происходили чрезвычайные ситуации связанные с пожаровзрывобезопасностью, следует тщательно проверить конструкцию насоса, вращающиеся элементы не должны создавать искры.

Система противопожарной защиты

Система пожарной безопасности и контроля загазованности объектов площадки включает:

Оборудование управляющей сети:

- Станции управления;
- Коммуникационное оборудование;
- Панели сигнализации и управления;

Технические средства нулевого уровня:

- Пожарные извещатели;
- Оповещатели;
- Газоанализаторы;
- Контрольно-измерительное оборудование;
- Исполнительные средства систем пожаротушения.

На площадке предусмотрены следующие системы пожаротушения:

- Наружное пожаротушение от пожарных гидрантов;
- Внутреннее пожаротушение от пожарных кранов;
- Водяное орошение аппаратов колонного типа;
- Автоматическое пенное пожаротушение;
- Автоматическое газовое пожаротушение

Защита селитебной зоны

Расположение производственной территории относительно селитебной:

Промышленные предприятия должны быть удалены от селитебной территории на расстояние, соответствующее степени вредности предприятия.

В соответствии с Санитарными Нормами 245-71, в зависимости от вида производства, выделяемых вредных выбросов и условий технического процесса установлена протяженность санитарно-защитной зоны.

Территория санитарно-защитной зоны должна быть благоустроена и озеленена по проекту благоустройства, разрабатываемому одновременно с проектом строительства или реконструкции предприятия.

Приводы УШСН редко располагаются в пределах селитебной зоны.

Воздействие на атмосферу

Приводы УШСН не оказывают воздействие на атмосферу поэтому данный раздел не рассматривается.

9.5. Общие требования промышленной безопасности и охраны труда

К самостоятельной работе, в качестве слесаря-ремонтника привода УШСН допускаются лица: достигшие 18-летнего возраста; прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний по здоровью; прошедшие обучение в области промышленной безопасности в специализированном учебном центре и имеющие квалификационное удостоверение слесаря-ремонтника; прошедшие вводный инструктаж, инструктаж на рабочем месте по программе первичного инструктажа на рабочем месте; прошедшие стажировку на рабочем месте не менее 14 рабочих смен, проверку знаний и получившие допуск к выполнению самостоятельной работы; имеющие удостоверение об аттестации.

Слесарь-ремонтник через каждые 6 месяцев работы должен проходить повторный инструктаж по безопасному ведению работ и, не реже одного раза в год, проверку знаний по основной профессии, инструктаж по электробезопасности с последующим присвоением I-ой квалификационной группы и пожарно-технический минимум.

Продолжительность рабочего времени работников не может превышать 44 часов в неделю. Для женщин установлена 38-часовая рабочая неделя. При организации работы вахтовым методом осуществляется суммированный учет рабочего времени. Продолжительность рабочего времени не более 11 часов в сутки, при условии соблюдения баланса рабочего времени в учетном периоде. Рабочее время и время отдыха при работе вахтовым методом регламентируется графиком работы в вахте.

Слесарь-ремонтник должен быть ознакомлен с Правилами внутреннего трудового распорядка и графиками сменности, под роспись, и соблюдать режим труда и отдыха.

Дополнительные перерывы для обогрева работающих, приостановка работы на объектах, осуществляется в зависимости от предельных значений температуры наружного воздуха и скорости ветра в данном климатическом районе, установленных для субъекта Российской Федерации.

Слесарь-ремонтник обязан соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка, не нарушать трудовую, производственную и технологическую дисциплину. Запрещается появление (нахождение) на работе, в местах проживания при межсменном отдыхе в состоянии алкогольного, наркотического, токсического или иного опьянения, а также распитие спиртных напитков, употребление наркотических и токсических препаратов на территории производственного объекта, рабочем месте, в местах проживания, в том числе и при межсменном отдыхе.

Выдача слесарю-ремонтнику спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты производится в соответствии с утвержденными нормами бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам.

Ведомственный контроль осуществляет отдел охраны труда. Государственный надзор осуществляется федеральной инспекцией труда.

10. Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены способы добычи нефти, рассмотрены возможные типы приводов штанговых скважинных насосных установок, проведен сравнительный анализ и выбран один из типов приводов.

В практической части был подобран штанговой скважинной насосной установки для скважины с параметрами: дебит- $Q-20.5 \text{ м}^3/\text{сут}$, глубина спуска насоса $L-1300 \text{ м}$, плотность нефти $P_n-872 \text{ кг/м}^3$, содержание мех. Примесей – 0.05% . Определен оптимальный режим работы привода с параметрами: длина хода штока $S_a-1.5 \text{ м}$, число качаний балансира $n=10.81$. Проведены кинематический и энергокинематический анализы, в результате которых сделан вывод о правильности подбора привода.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был проведен SWOT-анализ проекта с определением его сильных и слабых сторон, а также с определением угроз и возможностей при его осуществлении. Для научно-исследовательского проекта был определен бюджет затрат, который составил $92475,2$ рублей.

В разделе «Социальная ответственность» проведен анализ возможных вредных факторов (например, повышенный уровень шума, повышенный уровень вибрации). В качестве опасных факторов выявлены нахождение рабочего места на большой высоте от уровня пола или земли, пожароопасность, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.

Чрезвычайная ситуация определена в виде пожара.

Литература.

1. Аливердизаде К.С. «Приводы штангового глубинного насоса» - М.: Недра, 1973 – 192с.
2. Адонин А.Н. «Добыча нефти и газа штанговыми насосами» - М.: Недра, 1979 – 213 с.
3. Бухаленко Е.И. и др. «Нефтепромысловое оборудование» - Справочник М.: Недра, 1990 – 559 с.
4. Бухаленко Е.И. и др.: Справочник по нефтепромысловому оборудованию. – М.: Недра, 1983 – 399 с.
5. Дарков А.В., Шапиро Г.С. «Сопротивление материалов» - Учебное пособие для технических вузов – М.: Высшая школа, 1989 – 624с.
6. Махмудов С.А. «Монтаж, эксплуатация, ремонт скважинных штанговых насосных установок» - Справочник мастера. – М.: Недра, 1987 – 209 с.
7. Молчанов Г.В., Молчанов А.Г. «Машины и оборудование для добычи нефти и газа» - учебник для вузов – М.: Недра, 1984 – 454 с.
8. Муравьёв И.М., Мищенко И.Т. «Насосная эксплуатация скважин за рубежом». – М.: Недра, 1969 – 234 с.
9. Чичеров Л.Г., Молчанов Г.В., Рабинович А.М. и др. «Расчёт и конструирование нефтепромыслового оборудования» - М.: Недра, 1987 – 422с.
10. Аббасов А.М., Королёв В.С. «Станок-качалка» SU 1132053, F 04 B 47/02, Бюл. №48, 1984 – 2 с.
11. Дебиев С.М., Старостин В.И. «Станок-качалка» SU 1344942, F 04 B 47/02, Бюл. №38, 19987 – 3 с.
12. Кисилёв Н.Г., Бурдин В.Д., Трубников Б.А. «Станок-качалка» SU 682668, F 04 B 47/02, Бюл. №32, 1979 – 3с.
13. Корнев Б.П., Мельников О.И., Маркелов А.Г., Влюшин В.Е., Исмагилов Р.А., Воробьёв В.Д. «Станок-качалка» SU 1681046, F 04 B 47/02, Бюл. №36, 1991 – 3 с.
14. Султанов Р.С., Мамедова М.М. «Станок-качалка» SU 1735604, F 04 B 47/02, Бюл. №19, 1992 – 3 с.
15. Буянов Н.И., Петров Ю.В. и др. «Станок-качалка» RU 2090781, F 04 B 47/02, Бюл. № , 1994 – 3 с.
16. Горбенко В.Т. Теория механизмов и машин. Курсовое проектирование: учебное пособие.-Томск: ТПУ, 2007.
17. Борисенко Г.П. Теория машин и механизмов. Лекционные материалы от 14.03.2014
18. И.И. Артоболевский. Теория машин и механизмов.-М.:ИЛ Альянс, 2008