

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

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модернизация конструкции разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500

УДК 622.24.053

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Семёнов Ефим Дмитриевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Буханченко Сергей Евгеньевич	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

Томск – 2021 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять <i>глубокие естественнонаучные и математические знания</i> для создания нового технологического оборудования и машин.	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК2, 3). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современного машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5-9). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	<i>Разрабатывать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-15-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Проводить теоретические и модельные исследования в области машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК16). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P6	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ПК-9, ПК-11, 12, 13, 14). Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

	требования по защите окружающей среды	
--	---------------------------------------	--

Универсальные компетенции		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> для <i>инновационной</i> инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ОПК-4, ПК2, ПК-3, ПК-13, ПК-14, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранном языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3, ОПК-4, ПК-13, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК18). Критерий 5 АИОР (п. 2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания</i> социальных, этических и культурных аспектов, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО (ОК-2). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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

Школа

ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Отделение школы

(НОЦ) материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Н.В. Мартюшев

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Семёнову Ефиму Дмитриевичу

Тема работы:

Модернизация конструкции разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№111-36/с от 21.04.21

Срок сдачи студентом выполненной работы:

24.05.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none">Требования к конструктивному исполнению:<ul style="list-style-type: none">Ключ выполнить в виде автономного функционально законченного устройства;Конструкция должна иметь оптимальные массогабаритные характеристики.Требования к сырью, материалам и комплектующим изделиям
--------------------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Материалы, применяемые в конструкции, должны быть доступными. • Выбор дефицитных комплектующих, изделий, материалов и дорогостоящих видов обработки должен быть обоснован. <p>2.2. Требования стандартизации и унификации Унификация и стандартизация проектируемого должна быть по возможности максимальной.</p> <p>2.3. Требования к технологичности производства и эксплуатации</p> <ul style="list-style-type: none"> • Конструкция ключа должна быть сборно-разборной и технологичной при изготовлении, эксплуатации и ремонте. • Составные части ключа должны быть доступны для технологического обслуживания и ремонта. <p>2.4. Эстетические и эргономические требования</p> <ul style="list-style-type: none"> • Конструкция ключа и его внешний вид должны соответствовать современным требованиям технической эстетики. • Установка органов управления и усилия должны соответствовать эргономическим требованиям.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ аналогов и их технических особенностей. 2. Реверс-инжиниринг гидравлического ключа. 3. Модернизация ключа. 4. Прочностной расчет кинематической цепочки гидроключа. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Общий вид гидроключа. 2. Сборочный чертеж гидроключа. 3. Спецификация 4. Математическая модель. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор и исследовательская часть	Буханченко С.Е., к.т.н., доцент ОМ
Финансовый менеджмент	Спицына Л.Ю., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Сечин А.А., к.т.н., доцент
Иностранный язык	Миронова В.Е., к.ф.н., старший преподаватель ОИЯ

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> <p>Обзор существующих решений; теоретический анализ; принципиальная схема системы; математическое моделирование системы.</p>
--

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Буханченко Сергей Евгеньевич	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Семёнов Ефим Дмитриевич		

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

Школа

ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Уровень образования

магистр

Отделение школы (НОЦ)

материаловедения

Период выполнения осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Буханченко Сергей Евгеньевич	к. т. н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 140 страницах, в том числе 54 рисунка, 26 таблиц. Список литературы включает 16 источников. Работа содержит 2 приложения.

Ключевые слова: гидравлический ключ, скважина, роторный узел гидравлического ключа, эксплуатация скважинного оборудования, технологии модернизации бурового оборудования.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация конструкции разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500.

В процессе исследования были подробно рассмотрены различные гидравлические узлы, их особенности и параметры; проведен анализ рынка гидра ключей. с указанием их эффективности и недостатков. Произведен реверс-инжиниринг гидравлического ключа и построена 3D модели прототипа ключа. Рассмотрены нагрузки на зубчатые колеса гидроключа и произведен математический расчет. Роторный узел был проверен прочностными расчетами на 3D модели

По результатам исследования предложена модернизация роторного узла разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500, позволяющая оптимизировать процесса свинчивания – развинчивания обсадных и бурильных труб при проведении буровых работ

Область применения: общий фонд добывающих скважин нефтегазовых месторождений.

Прогнозируемый технический результат - оптимизация скорости проведения буровых работ, уменьшение времени технического обслуживания, увеличение диапазона типоразмера труб для модернизированного трубного гидравлического ключа.

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	13
1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ	15
2 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	17
2.1 Анализ существующих видов буровых гидравлических ключей.....	17
2.1.1 Ключ АКБ-4	17
2.1.2 Ключ КБГ-2.....	19
2.1.3 Ключ 10 ¾ Eckel	20
2.1.4 Ключ ST-80 Varco.....	21
2.1.5 Ключ 01F05C 5-1/2".....	22
2.1.6 Ключ API 7K ZQ203-100.....	23
2.2 Анализ достоинств и недостатков буровых гидроключей	25
2.3 Анализ рынка производителей буровых гидроключей	27
3. РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛЮЧА И ПРОТОТИПА.....	29
3.1 Разбор и измерение параметров деталей прототипа ключа	29
3.2 Модернизация недостатков прототипа ключа.....	33
3.2.1 Замена опорных роликов роторного стола	33
3.2.2 Доработка системы переключения реверсирования при отвороте/завороте резьбовых соединений	34
3.2.3 Замена направляющих роликов роторной шестерни	35
3.2.4 Расширение диапазона захвата челюсти	36
Выводы по разделу:.....	37
4 МОДЕРНИЗАЦИЯ РОТОРНОГО УЗЛА ПРОТОТИПА.....	38
4.1 Прочностной расчет кинематической цепочки гидроключа.....	38
4.2 Математическое моделирование роторного узла.....	52
Выводы по разделу:.....	66
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	68
ВВЕДЕНИЕ	70
5.1 Предпроектный анализ.....	71
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	71
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	74
5.2 Диаграмма Исикава	76
5.3 SWOT – анализ.....	79

5.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	83
5.5	Инициация проекта.....	85
5.5.1	Цели и результат проекта	85
5.5.2	Организационная структура проекта.....	88
5.5.3	Ограничения и допущения проекта	89
5.6	Планирование научно-исследовательских работ	89
5.6.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	89
5.6.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	90
5.7	Определение ресурсоэффективности научного исследования.....	103
	Выводы по разделу	107
6	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	108
	ВВЕДЕНИЕ	111
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	112
6.2	Производственная безопасность	114
6.3	Анализ выявленных вредных и опасных факторов	115
6.3.1	Микроклимат	115
6.3.2	Уровень шума на рабочем месте.....	115
6.3.3	Освещенность на рабочем месте.....	116
6.3.4	Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.....	117
6.3.5	Психофизиологические факторы	118
6.3.6	Электрический ток и короткое замыкание.....	118
6.3.7	Статическое электричество	118
6.4	Обоснование мероприятий по снижению воздействий показателей микроклимата	119
6.4.1	Мероприятия по снижению уровня шума.....	119
6.4.2	Мероприятия по устранению недостаточной освещенности рабочей зоны.....	119
6.4.3	Мероприятия по снижению уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ	120
6.4.4	Мероприятия по снижению психофизических показателей	120
6.4.5	Мероприятия по снижению проблем с электрическим током	121
6.4.6	Мероприятия по снижению проблем со статическим электричеством	121
6.5	Экологическая безопасность	121
6.5.1	Утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп.....	121
6.5.2	Загрязнение гидросферы применением СОЖ	122
6.5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	122

Выводы по разделу	124
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	125
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	126
ПРИЛОЖЕНИЕ А	128
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	141

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все стадии работ в различных областях промышленности приводят к автоматизированным процессам или максимальному сокращению времени работ. Различное оборудование усовершенствуется для облегчения проведения работ и- или сокращения времени. Необходимость в быстром монтаже и демонтаже буровых штанг, а также в оперативной замене рабочего инструмента в процессе горизонтально направленного бурения требует оборудования, отвечающего всем требованиям по надежности, точности. Таким оборудованием являются гидроключи различных фирм производителей.

Спускоподъемные операции занимают 30-35% от всего времени строительства нефтяных и газовых скважин, в связи с этим оптимизация процесса свинчивания – развинчивания обсадных и бурильных труб является одним из главных факторов повышения эффективности бурения.

Актуальность темы заключается в модификации гидроключей с целью оптимизации скорости проведения буровых работ.

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация конструкции разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- анализ конструкций гидроключей различных производителей;
- анализ рынка гидроключей;

- реверс-инжиниринг гидравлического ключа и прототипа FARR KT5500;
- прочностной расчет кинематической цепочки гидроключа;
- математическое моделирование роторного узла.

Практическая значимость данной работы обусловлена более продуктивной эксплуатацией скважин посредством модернизированного гидроключа, чем эффективнее комплекс мероприятий, тем более производительной и менее затратной становится добыча, а также уменьшается межремонтный период на месторождении.

1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на модернизацию конструкции разрезного трубного гидравлического ключа

FARR KT5500

3. Цель, задачи и исходные данные для проведения работы

Целью выпускной квалификационной работы является модернизация конструкции разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500

Основное содержание работы

- Анализ аналогов и их технических особенностей.
- Реверс-инжиниринг гидравлического ключа.
- Модернизация ключа.
- Прочностной расчет кинематической цепочки гидроключа.
- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
- Социальная ответственность.

4. Требования к конструктивному исполнению:

- Ключ выполнить в виде автономного функционально законченного устройства;
- Конструкция должна иметь оптимальные массогабаритные характеристики.

5. Требования к сырью, материалам и комплектующим изделиям

- Материалы, применяемые в конструкции, должны быть доступными.
- Выбор дефицитных комплектующих, изделий, материалов и дорогостоящих видов обработки должен быть обоснован.

5.2. Требования стандартизации и унификации

Унификация и стандартизация проектируемого должна быть по возможности максимальной.

5.3. Требования к технологичности производства и эксплуатации

- Конструкция ключа должна быть сборно-разборной и технологичной при изготовлении, эксплуатации и ремонте.
- Составные части ключа должны быть доступны для технологического обслуживания и ремонта.

5.4. Эстетические и эргономические требования

- Конструкция ключа и его внешний вид должны соответствовать современным требованиям технической эстетики.
- Установка органов управления и усилия должны соответствовать эргономическим требованиям.

6. Требования к технической документации

- Общий вид (формат PDF или JPEG).
- Сборка (формат PDF или JPEG).
- Спецификация.

2 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

2.1 Анализ существующих видов буровых гидравлических ключей

Автоматические буровые ключи устройства предназначенные для механизации и автоматизации свинчивания - развинчивания труб при спускоподъёмных операциях.

Существующие буровые ключи представлены пневматическими и гидравлическими типами.

2.1.1 Ключ АКБ-4



Рисунок 1 – Внешний вид АКБ-4

Установлена дополнительная двухскоростная планетарная коробка передач, которая позволяет развивать большой крутящий момент (70 кН*м

против 30 у АКБЗМ2). Улучшена система контроля крутящего момента и автоматической остановки при достижении его заданного значения, а также применена новая, более эффективная тормозная система. Вместе с тем, значительно возросла масса ключа (3300 кг в собранном состоянии) и габаритные размеры (1950x1230x2610 мм против 1730x1013x2380 у АКБ-ЗМ2). - КБГ-2 – автоматический буровой ключ с гидравлическим типом привода. Ключ состоит из вращателя, стопорного ключа, механизма позиционирования, пульта управления, силовой установки и коммуникаций. Особенность конструкции ключа – верхнее и нижнее трубозажимные устройства замкнутого типа. Ключ центрируемый относительно скважины, т.е. колонна труб всегда проходит через трубозажимные устройства и перемещается по вертикали в зависимости от положения замка, и может разворачиваться на шурф для наращивания колонны. Вращатель содержит замкнутое трубозажимное устройство с рычагами, на которых установлены челюсти. Крутящий момент передается от гидромотора через редуктор на шестерню, в которой вмонтированы рычаги. На хвостовике стопорного ключа, одновременно являющимся основанием вращателя, устанавливается датчик крутящего момента.[1]

2.1.2 Ключ КБГ-2



Рисунок 2 – Внешний вид КБГ-2

Имеет значительно больший диапазон захвата труб (48-508 мм в разных комплектациях) по сравнению с АКБ, крутящий момент 65 кН*м, частоту вращения 80 об/мин, но весьма значительную массу – 4650 кг. Силовая установка состоит из гидромотора, поршневого аксиального насоса и гидробака емкостью 280 литров. Ключ КБГ-2, благодаря гидроприводу и особенностям конструкции, имеет большие перспективы дальнейшего развития с созданием нового типоразмерного ряда гидравлических буровых ключей с созданием новых типоразмеров с разделением по видам труб.[2]

2.1.3 Ключ 10 ¾ Eckel



Рисунок 3 – Внешний вид 10 ¾ Eckel

Легкая, быстрая и исключительно прочная, модель Eckel Model 10^¾ Standard всегда востребована там, где площадь буровой установки минимальна. Для труб диаметром от 4 до 10 дюймов он обеспечивает крутящий момент в 20 000 футо-фунтов.

Tri-Grip ® Backup - это промышленный стандарт для надежной свинчивания и развинчивания трубных соединений, которые дополнительно поставляются с ключами Eckel. Использование двух гидроцилиндров и трехголового механизма обеспечивает работу без проскальзывания. Опора подвешивается на регулируемом уровне под приводным ключом с помощью трех подвесных ножек и позволяет опоре оставаться в неподвижном состоянии, в то время как приводной ключ перемещается вертикально, чтобы компенсировать ход резьбы соединения. Tri-Grip ® использует две поворотные головки и одну неподвижную.[3]

2.1.4 Ключ ST-80 Varco



Рисунок 4– Внешний вид ST-80 Varco

Автоматизированный гидравлический буровой ключ ST-80 предназначен для свинчивания и развинчивания бурильных и обсадных труб с наружными диаметрами от 2 7/8 дюймов до 8 5/8 дюймов. Он также способен скреплять и раскреплять стабилизаторы, спиральные колонны, а также иные компоненты низа бурильной колонны с достаточной длиной соединений. Данное оборудование так же может использоваться в качестве стопорного устройства и поддерживать на весу всю буровую колонну во время проведения экстренных ремонтных работ.

Данный буровой ключ с замкнутым трубозахватным механизмом может быть применен в двух вариантах: как стопорный нижний ключ, удерживающий муфту трубы при ее свинчивании - развинчивании, и как

верхний вращатель. В обоих случаях конструкция и принцип работы зажимных механизмов идентичны.

2.1.5 Ключ 01F05C 5-1/2"



Рисунок 5– Внешний вид 01F05C 5-1/2"

Ключ Universe 5-1 / 2 Power Tong (CANADA) используется на буровых установках для привинчивания и отвинчивания насосно-компрессорных труб или обсадных труб. Ключ может использоваться в других специализированных приложениях, где требуются трубчатые резьбовые соединения, продукты, которые также необходимо «затягивать» или «откручивать».[8]

Это устройство спроектировано и изготовлено таким образом, чтобы быть прочным и надежным. Аппарат обеспечит годы безотказной работы.

Максимальный крутящий момент на повышенной передаче: 2,074 кг-м.

Максимальный крутящий момент на пониженной передаче: 539 кг-м.

2.1.6 Ключ API 7K ZQ203-100



Рисунок 6– Внешний вид API 7K ZQ203-100

Гидравлический ключ для бурильных труб серии ZQ - идеальный инструмент для бурения нефтяных скважин, который широко применяется для сборки и разрыва труб при морском бурении, наземном бурении и ремонте скважин. Этот тип бурового ключа отличается безопасностью, трудоемкостью и высокой эффективностью. Они разработаны и изготовлены в соответствии с API Spec 7k.[9]

Максимальный крутящий момент на повышенной передаче: 40 об/мин.

Максимальный крутящий момент на пониженной передаче: 2.7 об/мин.

2.1.7 Гидравлический ключ XQB89 / 8XY



Рисунок 7 – Внешний вид XQB89 / 8XY

Гидравлический ключ XQB89 / 8XY - это гидравлический ключ с закрытым ртом для ремонтных работ. Он состоит из основного и запорного ключа с закрытым ртом. Диаметр выколотки основного и резервного ключей составляет 127 мм, а номинальный крутящий момент малой шестерни - 8 кНм.

Технические параметры

Диапазон размеров Ф60, Ф73, Ф89, 23/8 " 27/8 " 31/2 "

Максимальный крутящий момент на высокой передаче: 8 кНм.

Максимальный крутящий момент на низкой передаче: 2 кНм. [10]

Анализ характеристик приведенных буровых ключей, показал, что для каждого типа размера труб есть ключи наиболее подходящие по моменту закрепления. Гидравлические буровые ключи представлены на

рынке широким спектром разных производителей с большим выбором параметров и функциональными особенностями.

2.2 Анализ достоинств и недостатков буровых гидроключей

В настоящее время на буровых установках применяются ключи различных типов, предназначенные для свинчивания бурильных и обсадных труб, при этом операции по докреплению или раскреплению резьбовых соединений выполняются либо вручную с использованием комплектов машинных ключей и пневмораскрепителей, либо ключами, оснащенными многоступенчатыми приводами настройки скоростей вращения и крутящих моментов.

Наиболее распространенными ключами для свинчивания или развинчивания бурильных труб является автоматический буровой ключ типа АКБ с открытым зевом, оснащенный пневматическими приводами вращения верхней трубы и стопорения нижней трубы.

К недостаткам этих ключей следует отнести:

- ограниченную возможность применения труб по диаметрам;
- ограниченную возможность по величине передачи трубам крутящего момента при свинчивании или развинчивании.

Ключи, оснащенные гидроприводом, имеют преимущества по сравнению с другими типами приводов, ведь там, где требуется создание значительной мощности, быстродействие, позиционная точность

исполнительных механизмов, компактность, малая масса, высокая надежность работы и разветвленность привода [6]. Гидроприводу присущи и недостатки, которые ограничивают его применение. Например, стабильность вязкости при изменении температуры достигается применением синтетических рабочих жидкостей.

К недостаткам общего плана трубных гидро ключей так же можно отнести узко направленные типоразмеры, мало эффективность ручных механизмов. Сводная таблица параметров ключе представлена – таблица 2.

Таблица 2 – Сводная таблица параметров гидравлических ключей

Наименование ключа	Максимальный крутящий момент, кН • м	Частота вращения трубозажимного устройства, об/мин	Условный диаметр захватываемых труб, мм	Масса ключа, кг	Приводная мощность, кВт
АКБ-4	72,5	1,5-22	108-216	3300	13
КБГ-2	65	0-80	48-508	4650	22
10 ¾ Eckel	27	22-108	101,6-254	533	29
ST-80 Varco	110,4	0-90	88,9-219,9	3110	53
01F05C 5-1/2"	102	10-15	104-139	385	17
API 7K ZQ203-100	18,4	10-65	65-127	620	-
XQB89 / 8XY	8	90	60-89	280	-
FARR KT5500	25	2-67	60-139	1261	

Проведенный анализ гидравлических гидроключей, показал, что гидравлический ключ Канадской фирмы Farr KT-5500, имеет широкий диапазон по диаметру труб , наиболее распространённые, так же имеет широкий диапазон рабочих частот вращения. Для изучения и дальнейшей модификации выбирается данный ключ KT-5500.

2.3 Анализ рынка производителей буровых гидроключей

Россия оснащает буровые около 90% стационарными и подвесными автоматическими буровыми ключами фирмы ОАО «Ижтяжмаш». Зарубежные фирмы применяются в меньшей степени, такие как «Ринко–Альянс» (Китай), «EckelManufacturingCo, Inc.» и «NationalOilWellVarco» (США)и другие. [6]

На рынке представлены так же фирмы других производителей, данные сведены в таблицу 2. [5]

Таблица 2 Анализ рынка производителей буровых гидроключей

Страна производитель	Наименование фирмы	Наименование оборудования (указано одно для примера из широкого списка)
Италия	-	Hercules K1
Россия	БурТехРесур	ГКШ-300, ГКШ1200МТ
США	NationalOilWellVarco	ST-80
Китай	Teda	Hydraulic Tong ZQ203-100, Xq89/3yc Hydraulic Power Tong
США	EckelManufacturingCo, Inc	Hydra- shift 2 2/3
Канада	Farr	KT-5500
Китай	Jiangsu Rushi Machinery Co., Ltd.	ZQ203-125II,ZQ203-100(II)
Канада	"Universe Machine Corporation"	01F05C 5-1/2"
Великобритания	"underwater engineering services ltd"	-
США	"Superior	«CLINCHER», модель

	Manufacturing & Hydraulics" (A Division of McCoy Corporation)	CLE8625DP-06 8-5/8"
США	Hytorc Inc	3МХТ
США	W-N APACHE CORPORATION	Apache TorkChief 90-70
США	Varco	10008682

Массовый заход на рынок Китайских ключей привел к снижению применения Российских аналогов, в связи с их высокой стоимостью. Доля оборудования на буровых российского производства падает с каждым годом, тем не менее, создание конкурентоспособной техники с высокими показателями производительности, является актуальной задачей.

3. РЕВЕРС-ИНЖИНИРИНГ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛЮЧА И ПРОТОТИПА

3.1 Разбор и измерение параметров деталей прототипа ключа

Гидравлический ключ KT5500 - это гидравлический ключ с гидравлическим приводом для свинчивания и развинчивания труб, с широким диапазоном крутящих моментов, может работать с трубами диаметром от 2-1 / 16 " и до 5-1 / 2 ". Для двух клещей доступна технология закручивания губок и штампа. Также доступен с узлом зажима «softgrip» CHROMEMASTER. Ключ может быть установлен на гидравлической опоре CLINCHER® или FARR®. Доступен с запатентованной McCoу системой сбора данных WinCatt® и системой контроля крутящего момента для сборки трубных соединений.

Для разбора по составляющим гидроключа, составим схемы кинематическая принципиальная и гидравлическая принципиальная. Также была рассмотрена схема монтажная гидравлическая рисунок 5.

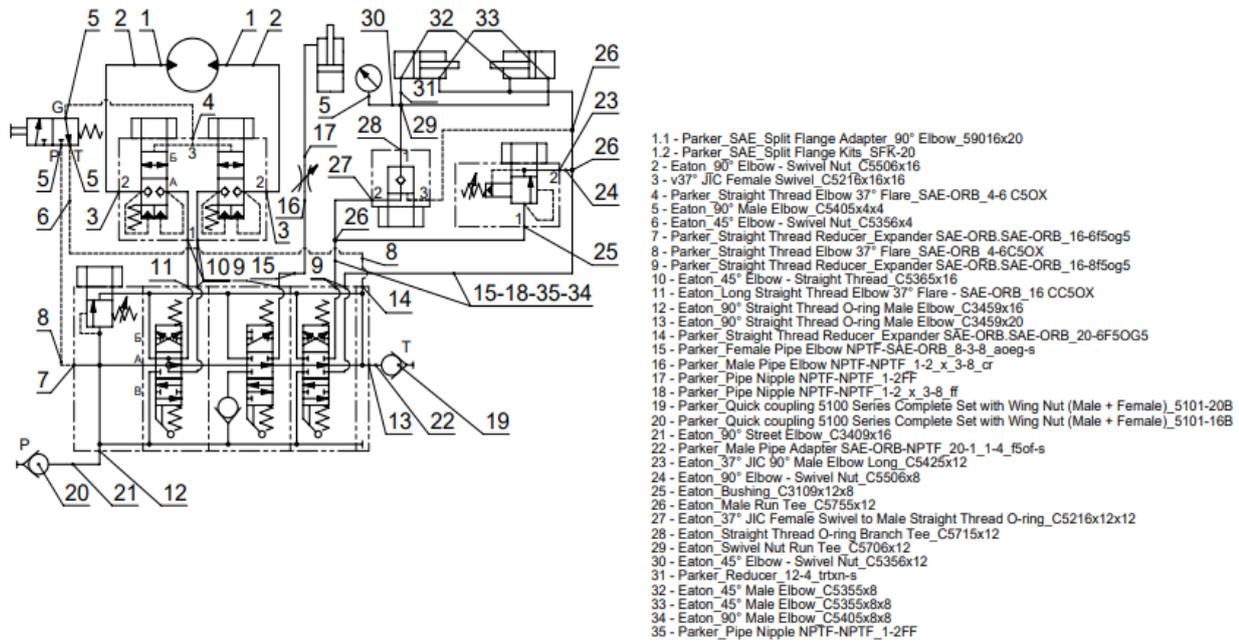


Рисунок 3.5 – Схема гидравлическая монтажная

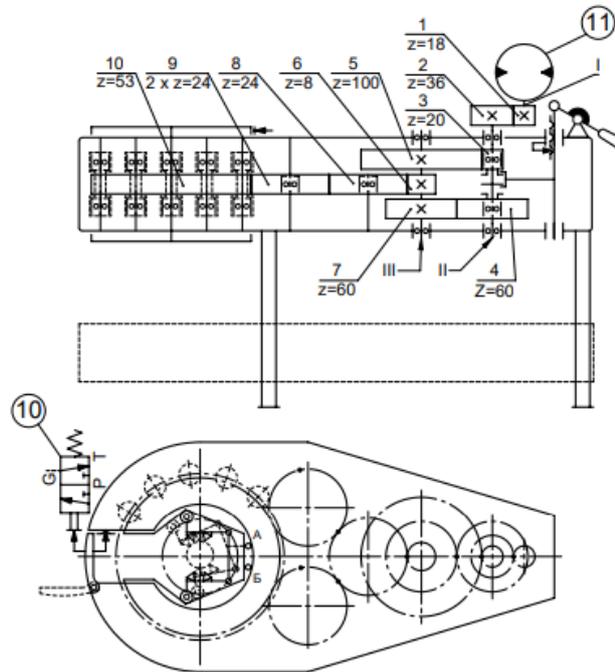


Рисунок 3.6 – Схема кинематическая принципиальная

Основные характеристики ключа:

Таблица крутящих моментов

Давление фунтов/кв.дюйм	Высокая передача		Низкая передача	
	Фунт/Фут	Нм	Фунт/Фут	Нм
1000 / 6.89	1260	1708	6300	8542
1500 / 10.34	2160	2929	10800	14643
2000 / 13.79	3060	4149	15300	20744
2500 / 17.24	3960	5369	19800	26845

Максимальный крутящий момент: 18 700 Фунт/Фут./25354 Нм./ 2586кг/м

Таблица скоростей

Гидравлич.поток ам.гал./мин / л/мин	Низкая передача об/мин	Высокая передача об/мин
10 / 37.9	2.7	13.4
20 / 75.7	5.4	26.8
40 / 151.4	10.7	53.6
50 / 189.3	13.4	67.1

Требования к гидравлической системе (макс.) ⁵ :	50 ам.гал./мин @ 1000 psi (189 л/мин @ 6.9 МПа) 10 ам.гал./мин @ 2000 psi (38 л/мин @ 13.8 МПа)
Длина (при закрытой дверце)	52" - 1320,8 мм
Ширина	37" - 940,0 мм
Высота	60" - 1524,0 мм
Зазор, требуемый для захвата трубы	6 3/4" - 171,0 мм
Максимальный диаметр элеватора	неограниченный
Длина плеча крутящего момента	36 дюйма/914 мм - от центра трубы к оси скважины
Вес (приблизительно)	2775 lb. / 1261 кг
Челюсти для захвата труб	2-3/8"+ до 5 1/2" - 60.0+139.7мм

Рисунок 3.7 – Схема гидравлическая принципиальная

Рассмотрим основные характеристики ключа представленные в паспорте изделия (рисунок 8) [7].

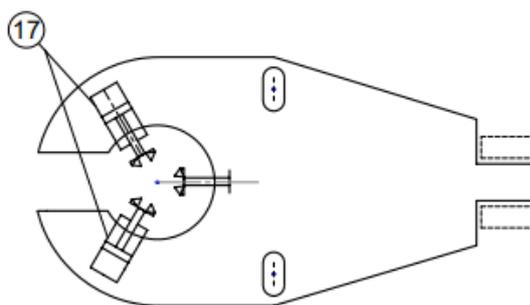


Рисунок 3.8 – Основные характеристики ключа KT5500

Далее произведем измерение всех элементов ключа для 3д моделирования.

Построение 3D модели прототипа ключа

В настоящее время для производства и научной деятельности широко применяют системы автоматизированного проектирования (САПР) или Computer-Aided Design (CAD). Данное моделирование позволяет формировать объёмную деталь и присваивать ей свойства – материал, внешний вид.

Каждый узел был спроектирован в программе Solid Works. Модель подвижна и все узлы сопрягаются согласно требованиям предъявленных к ним.

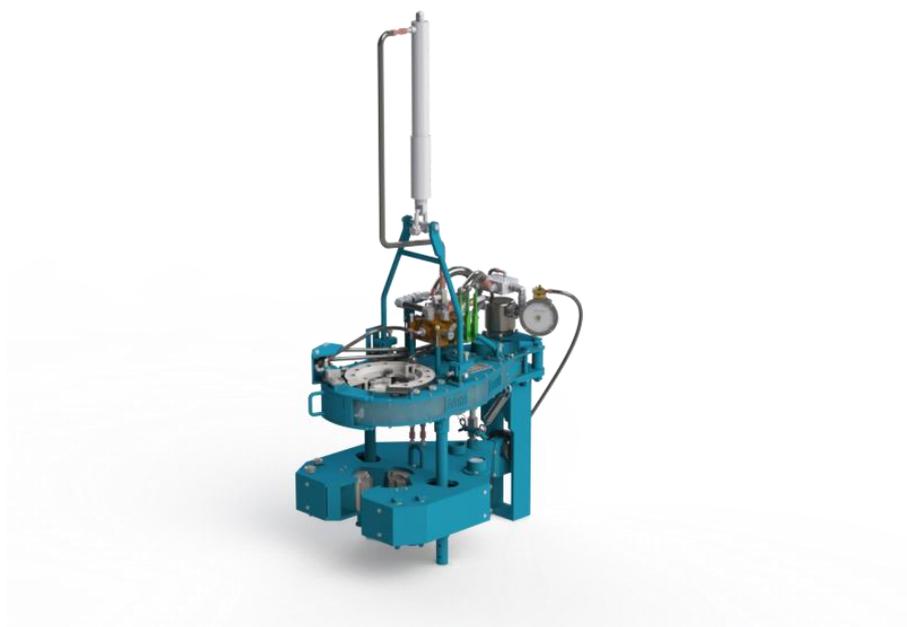


Рисунок 3.9 – Трёх мерная модель гидравлического ключа прототипа.

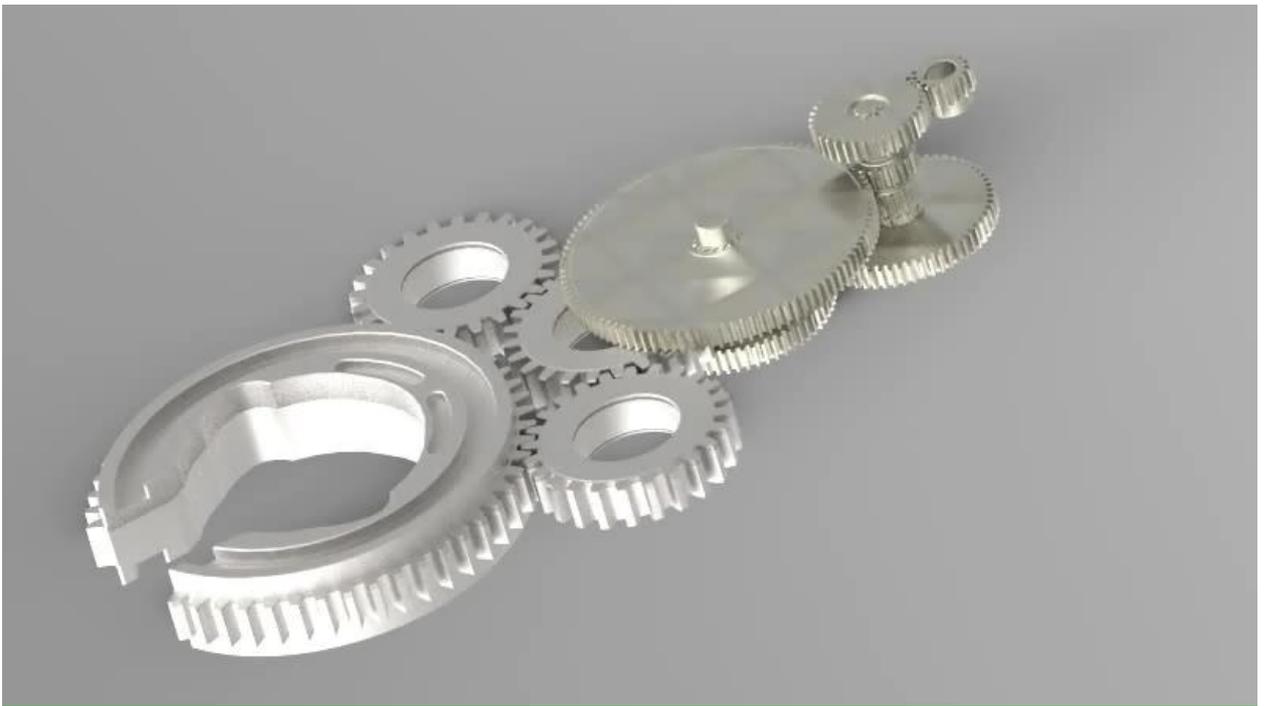


Рисунок 3.10 – Зубчатые колеса гидравлического ключа - трехмерная модель.

Проработка изменений в трехмерном пространстве сокращает время модернизации узлов устройства (нет необходимости производить опытные образцы).

3.2 Модернизация недостатков прототипа ключа

В ходе анализа конструкции ключа, были выявлены некоторые недостатки и проведена модернизация этих узлов с целью усовершенствования.

3.2.1 Замена опорных роликов роторного стола

Система опорных роликов была оснащена подшипниками качения, которые требовали постоянного технического обслуживания.

Модернизированный узел имеет самосмазывающиеся подшипники скольжения.

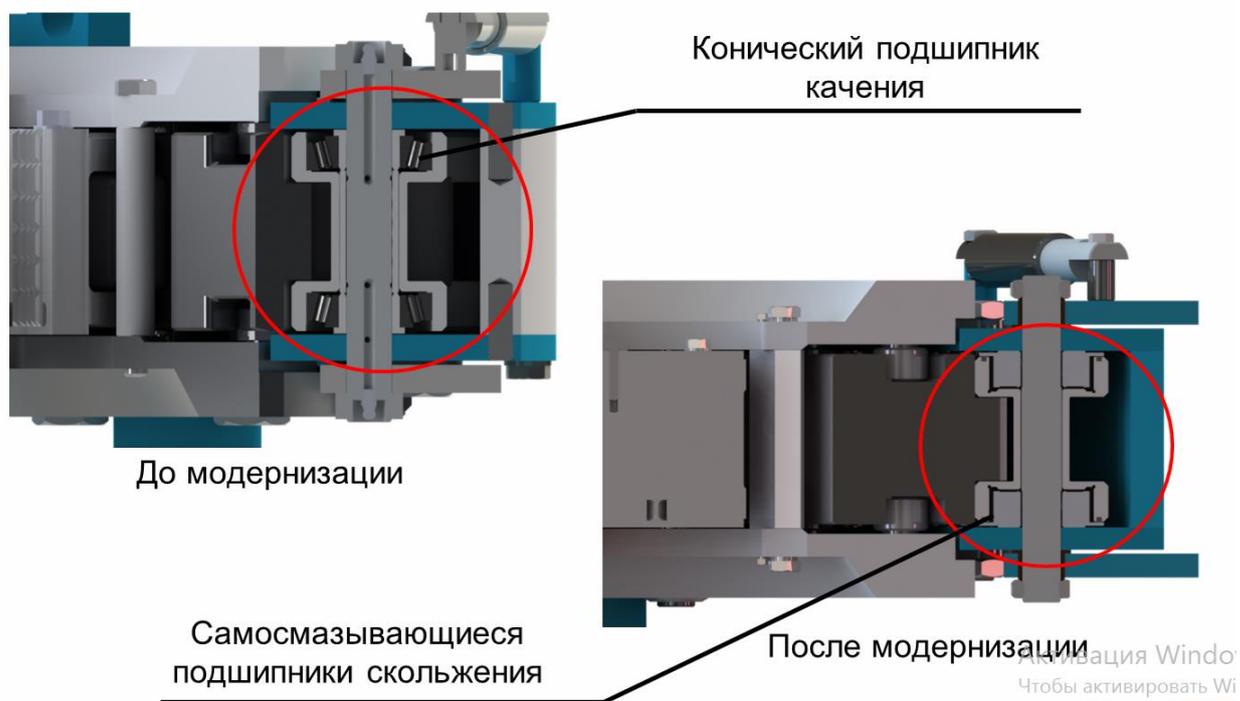
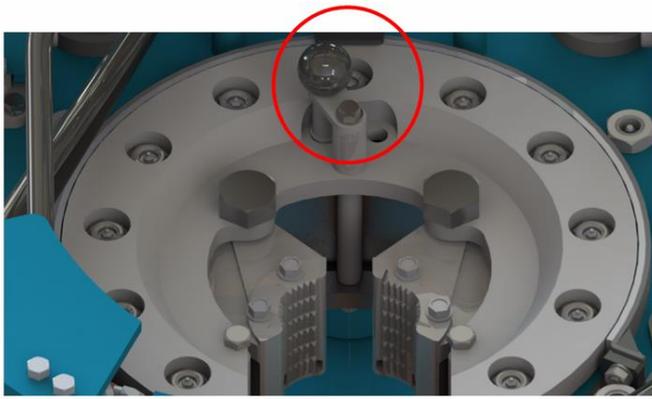
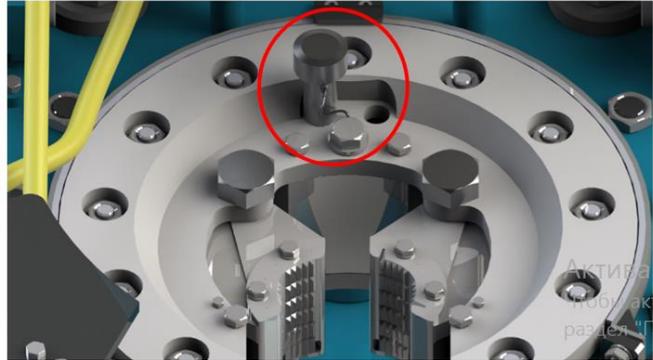


Рисунок 3.12 – Замена опорных роликов роторного стола

3.2.2 Доработка системы переключения реверсирования при отвороте/завороте резьбовых соединений



До модернизации

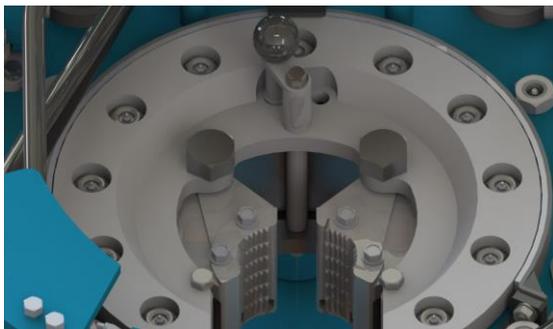
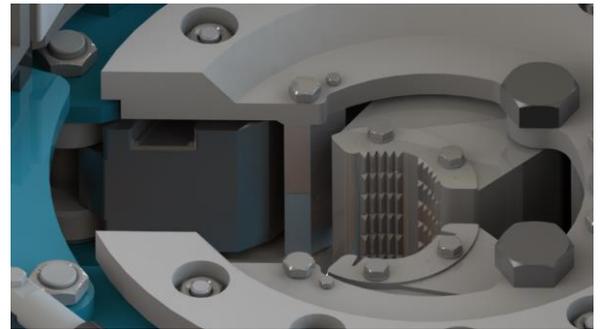
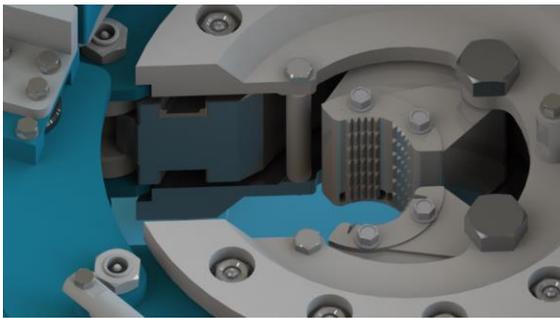


После модернизации



Рисунок 3.13 – Система переключения реверсирования до и после модернизации

3.2.3 Замена направляющих роликов роторной шестерни



До модернизации



После модернизации

Рисунок 3.11 – Узел роторный до и после модернизации

Изменена конструкция роторного стола, что увеличивает жесткость всего захвата.

3.2.4 Расширение диапазона захвата челюсти

Модернизация захвата позволяет увеличить диапазон типоразмеров труб.

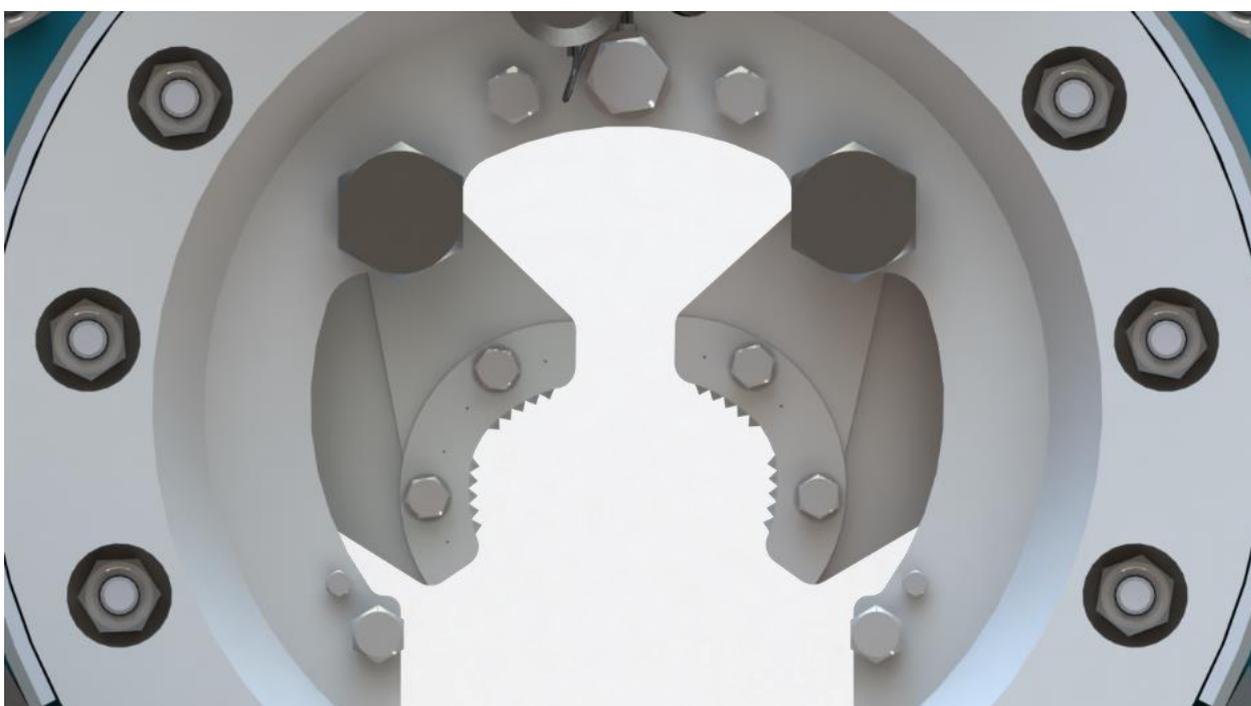


Рисунок 3.15 – Модернизация захвата

Типоразмеры труб:

- $2\frac{7}{8}$ " (73 мм)
- 3" (76,2 мм)
- $3\frac{1}{8}$ " (79,4 мм)
- $3\frac{1}{4}$ " (82,6 мм)
- $3\frac{1}{2}$ " (88,9 мм)

- $3\frac{5}{8}$ '' (92,1 мм)
- $3\frac{6}{7}$ '' (93,2 мм)
- $3\frac{3}{4}$ '' (95,3 мм)
- $3\frac{7}{8}$ '' (98,4 мм)
- 4'' (101,6 мм)
- $4\frac{1}{8}$ '' (104,8 мм)
- $4\frac{1}{4}$ '' (108 мм)
- $4\frac{1}{2}$ '' (114,3 мм)
- $4\frac{3}{4}$ '' (120 мм)
- $5\frac{1}{2}$ '' (139,7 мм)

Выводы по разделу:

- Проведена модернизация узлов гидроключа согласно выявленным недостатком системы.
- Разработана трёхмерная модель гидравлического узла и выполнены чертежи модифицированных узлов и общей сборки.

4 МОДЕРНИЗАЦИЯ РОТОРНОГО УЗЛА ПРОТОТИПА

4.1 Прочностной расчет кинематической цепочки гидроключа

Объект расчета – кинематическая цепочка привода гидроключа. Рассчитанные нагрузки на роторе ключа при работе на различных передачах представлены в таблице 3.

Таблица 4.1

№	Давление питающей сети, МПа	Высокая передача		Низкая передача	
		Крутящий момент, создаваемый на роторе, Нм	Давление в системе моментомера, МПа	Крутящий момент, создаваемый на роторе, Нм	Давление в системе моментомера, МПа
1	6,89	1 708	0,7	8 542	3,7
2	10,34	2 929	1,3	14 643	6,4
3	13,79	4 149	1,8	20 744	9,0
4	17,24	5 369	2,3	26 845*	11,7

* Максимальный крутящий момент: 25 354 Нм

С трехмерной модели гидроключа были удалены все элементы, не относящиеся к кинематической цепочке и не влияющие на расчет. Кроме того, был произведен доворот всех элементов до приведения в состояние касания эвольвент зубчатых колес кинематической цепочки. Зубчатое колесо на валу питающего высокомоментного мотора было зафиксировано, а к основному зубчатому венцу ключа был приложен момент, взятый из таблицы 1. Далее был произведен динамический анализ получившейся цепочки.

Высокая передача

Момент на венце 1708 Н*м

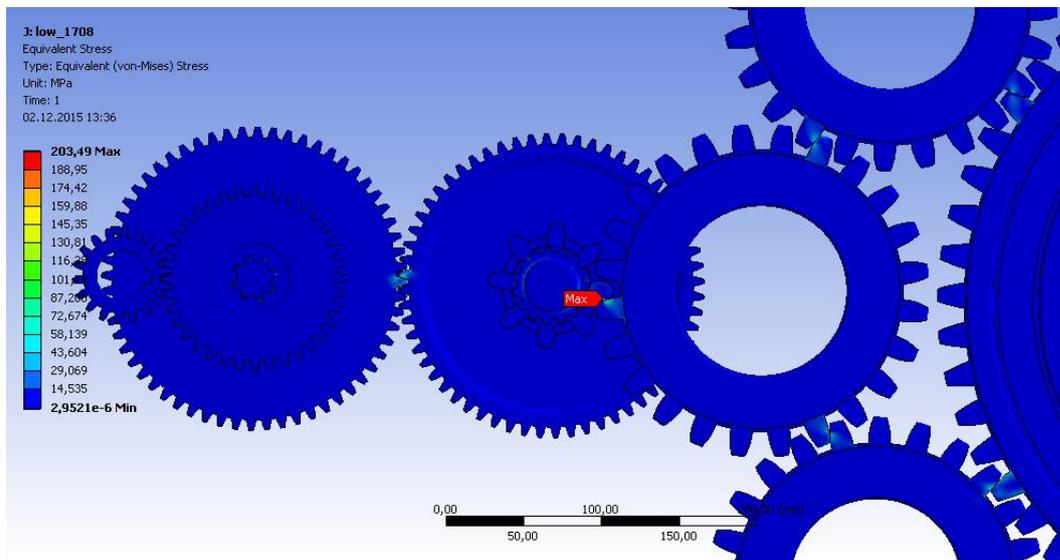


Рисунок 4.1 – Напряжения в зубчатых парах

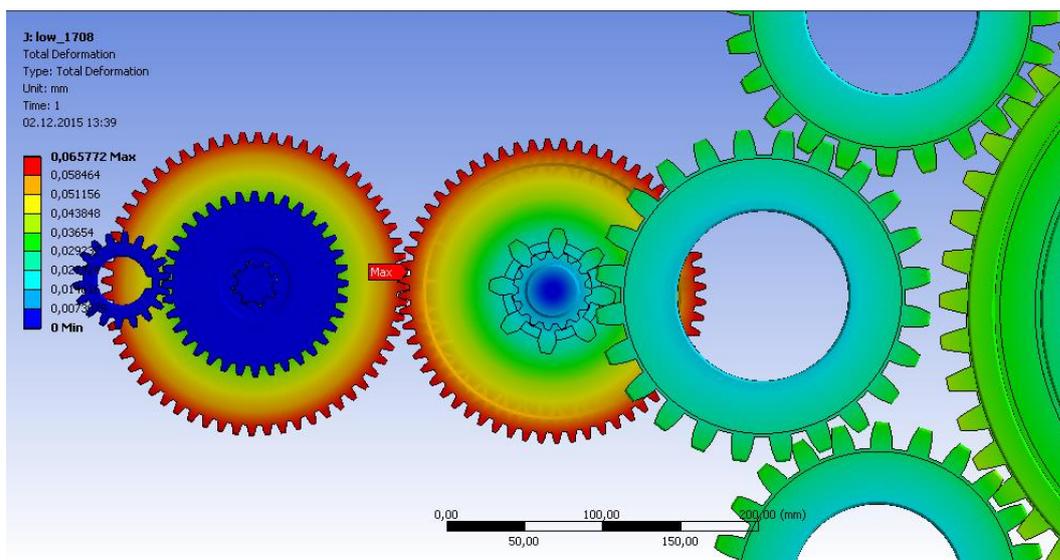


Рисунок 4.2 – Перемещения в зубчатых парах

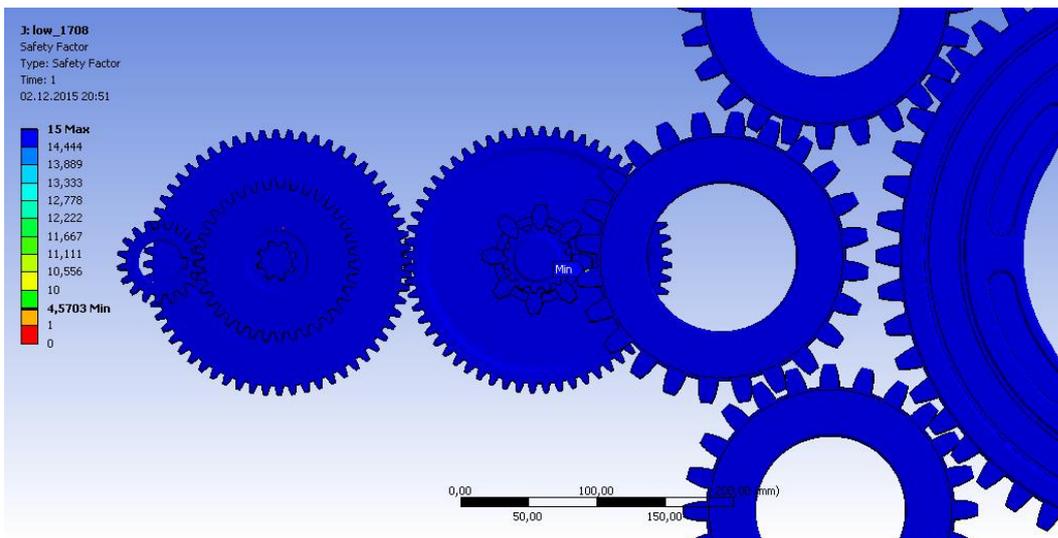


Рисунок 4.3 – Коэффициент запаса в зубчатых парах.

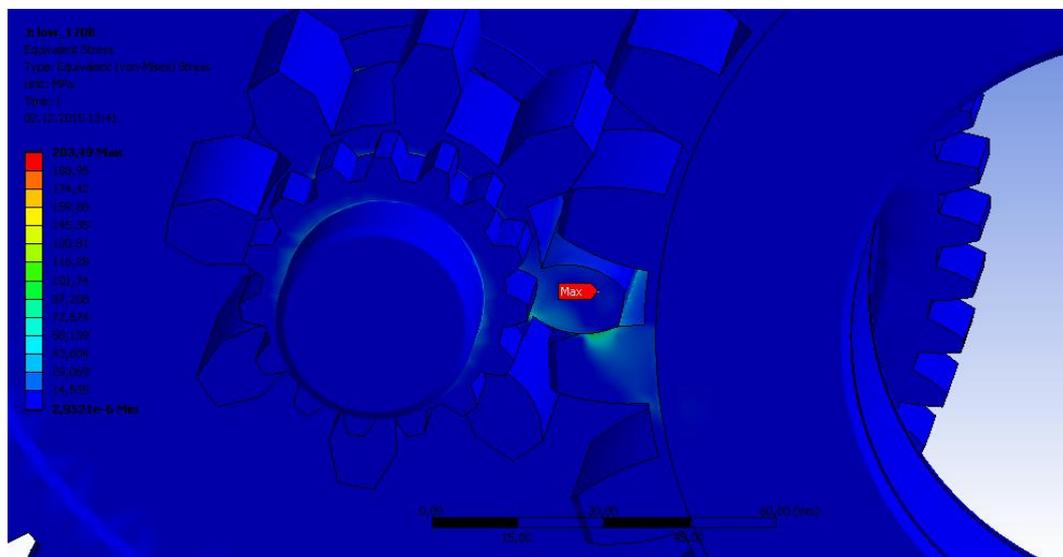


Рисунок 4.4 – Максимальные напряжения в зацеплении (укрупненно).

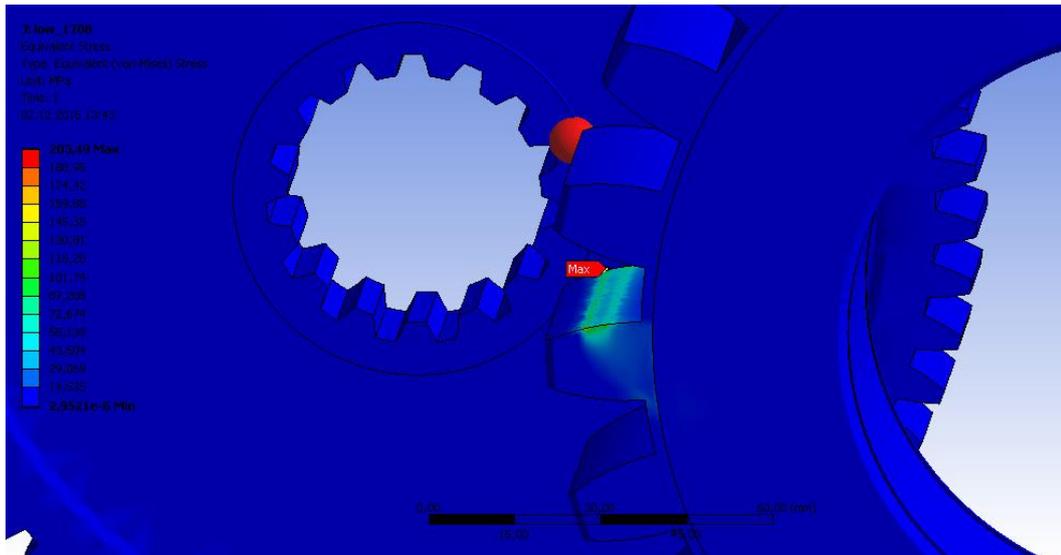


Рисунок 4.5 – Максимальные напряжения в зацеплении (укрупненно пятно контакта).

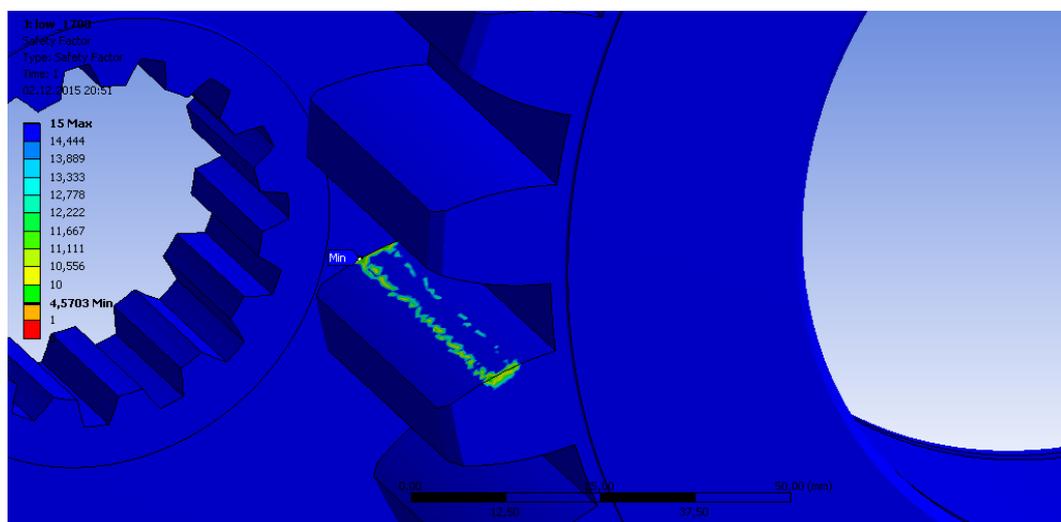


Рисунок 4.6 – Коэффициент запаса прочности в пятне контакта с максимальными напряжениями.

Момент на венце 5369 Н*м

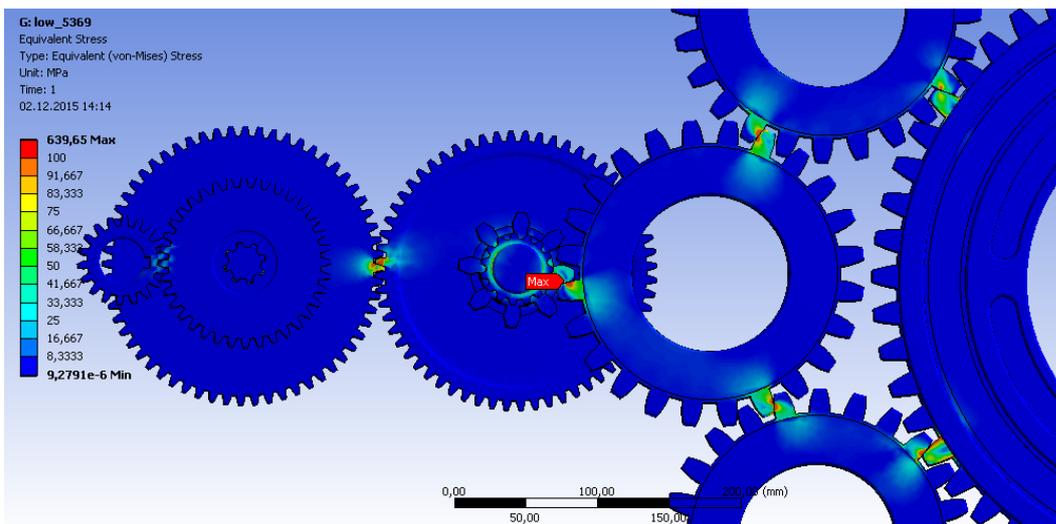


Рисунок 4.7 – Напряжения в зубчатых парах.

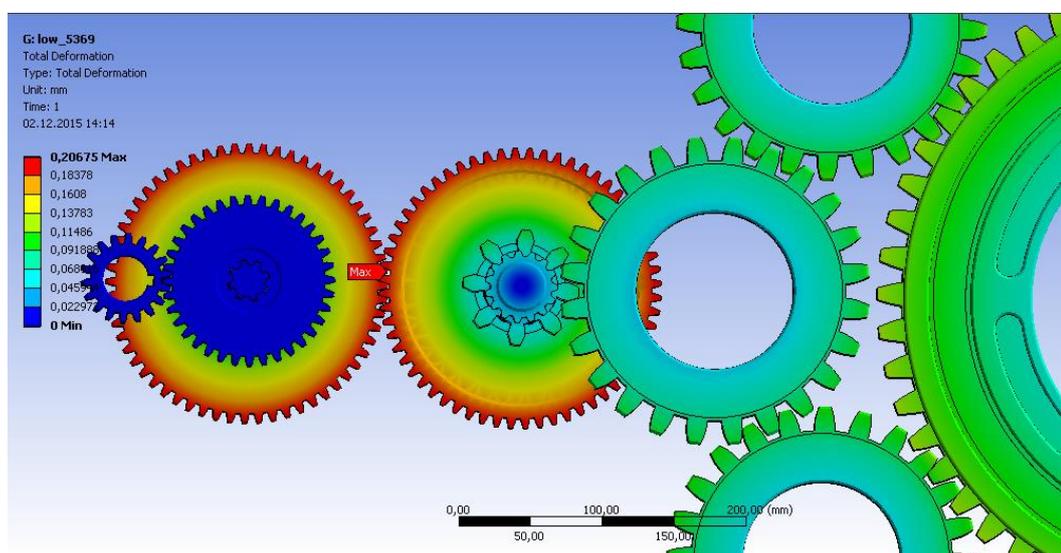


Рисунок 4.8 – Перемещения в зубчатых парах.

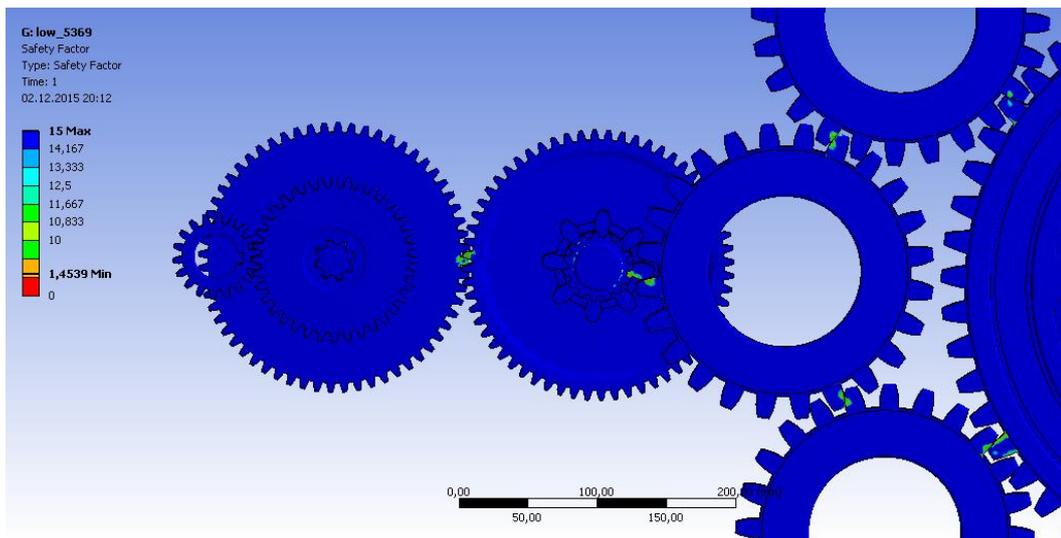


Рисунок 4.9 – Коэффициент запаса в зубчатых парах.

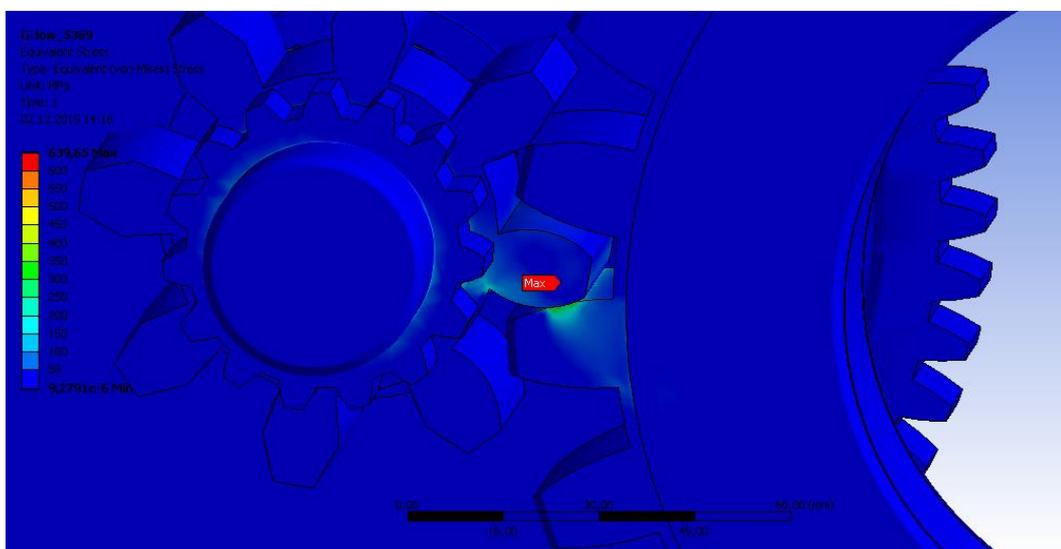


Рисунок 4.10 – Максимальные напряжения в зацеплении (укрупненно).

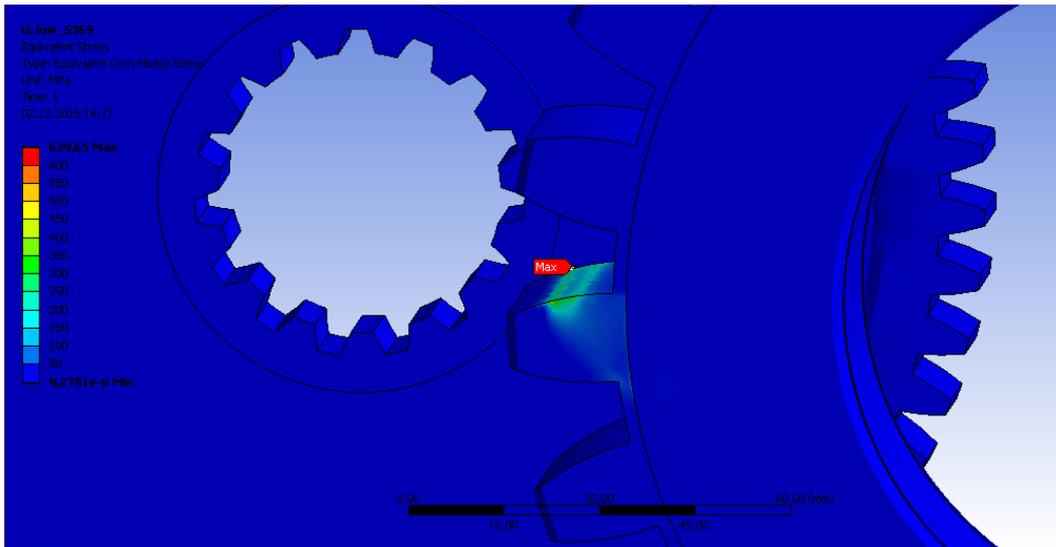


Рисунок 4.11 – Максимальные напряжения в зацеплении (укрупненно пятно контакта).

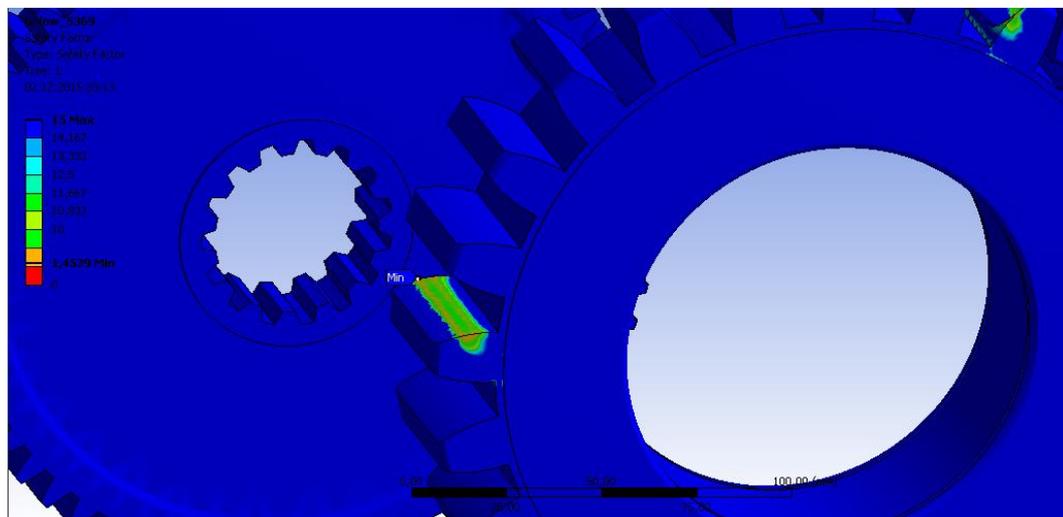


Рисунок 4.12 – Коэффициент запаса прочности в пятне контакта с максимальными напряжениями.

Низкая передача

Момент на венце 25 354 Н*м.

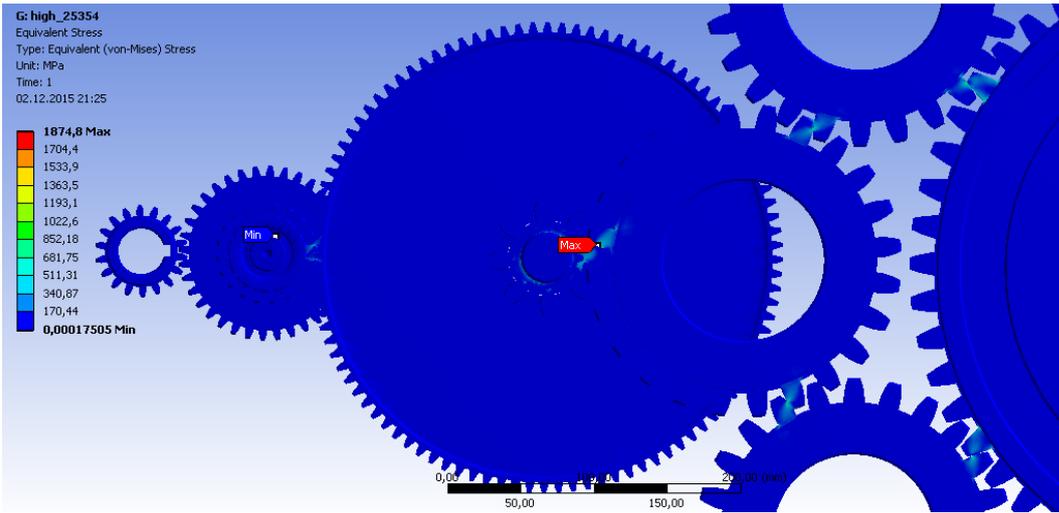


Рисунок 4.13 – Напряжения в зубчатых парах.

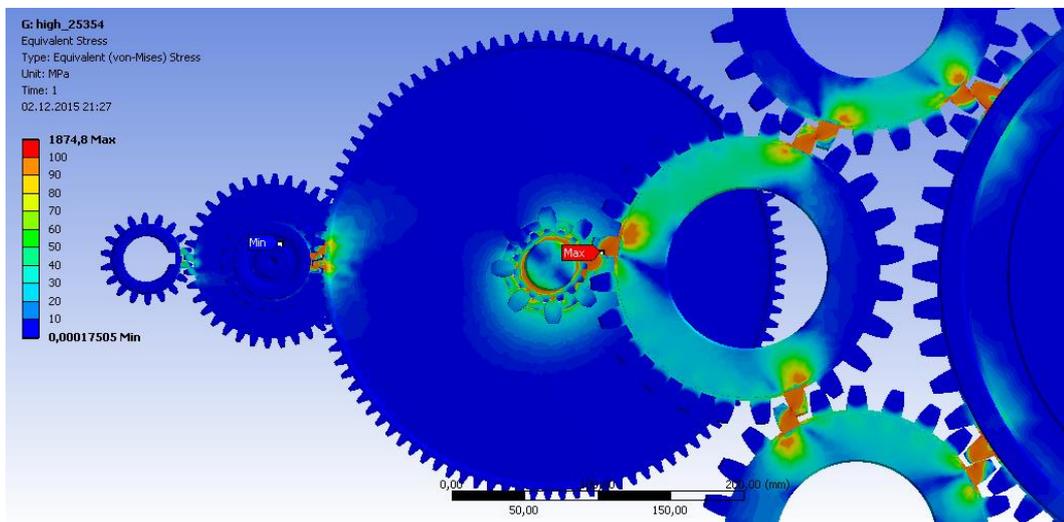


Рисунок 4.14 – Напряжения в зубчатых парах.

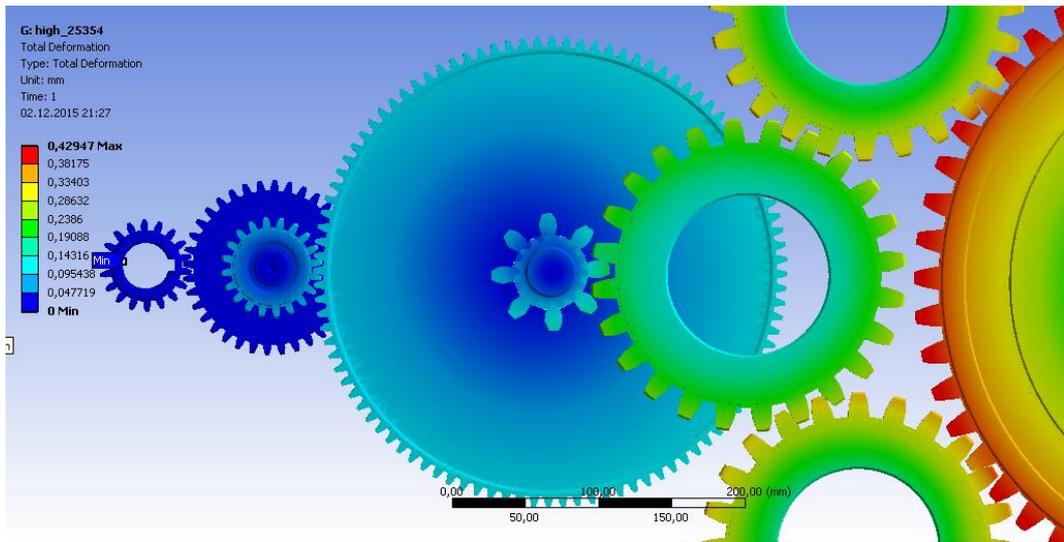


Рисунок 4.15 – Перемещения в зубчатых парах.

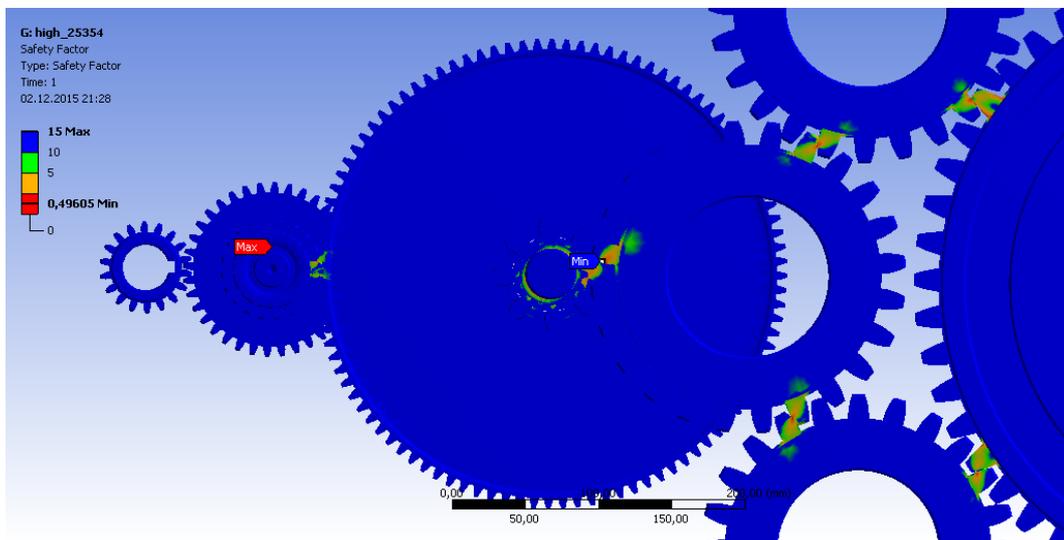


Рисунок 4.16 – Коэффициент запаса в зубчатых парах.

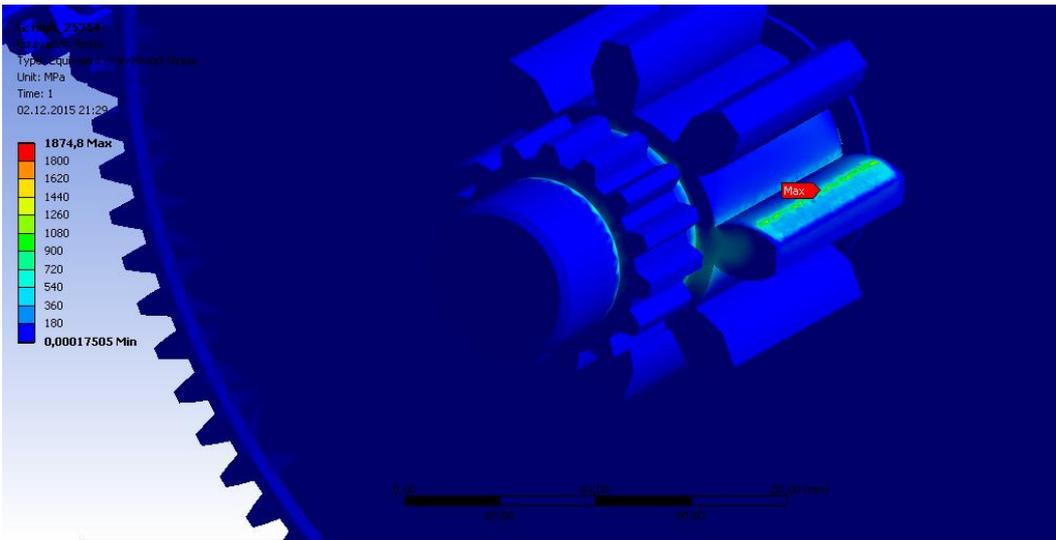


Рисунок 4.17 – Максимальные напряжения в зацеплении (укрупненно)

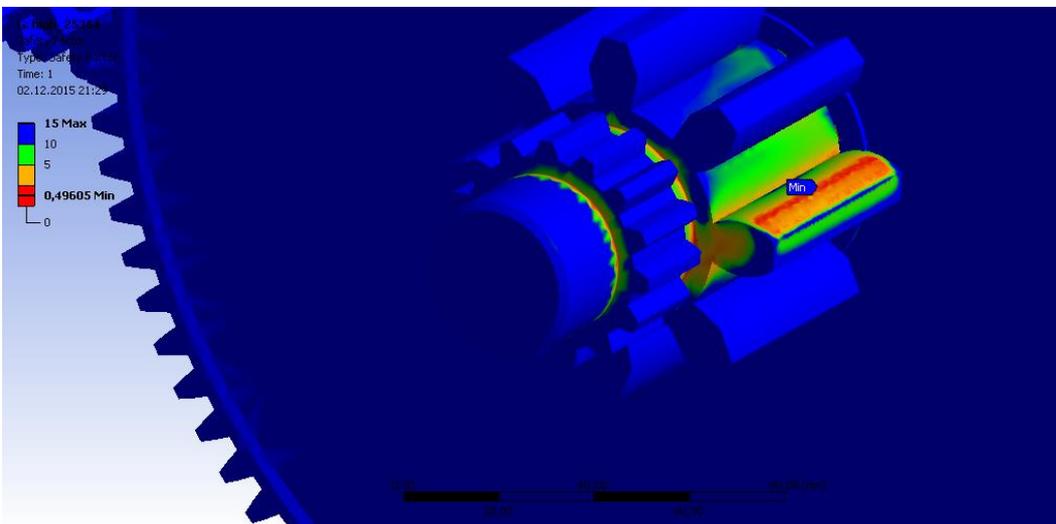


Рисунок 4.18 – Коэффициент запаса прочности в пятне контакта с максимальными напряжениями.

Момент на венце 26 845 Н*м

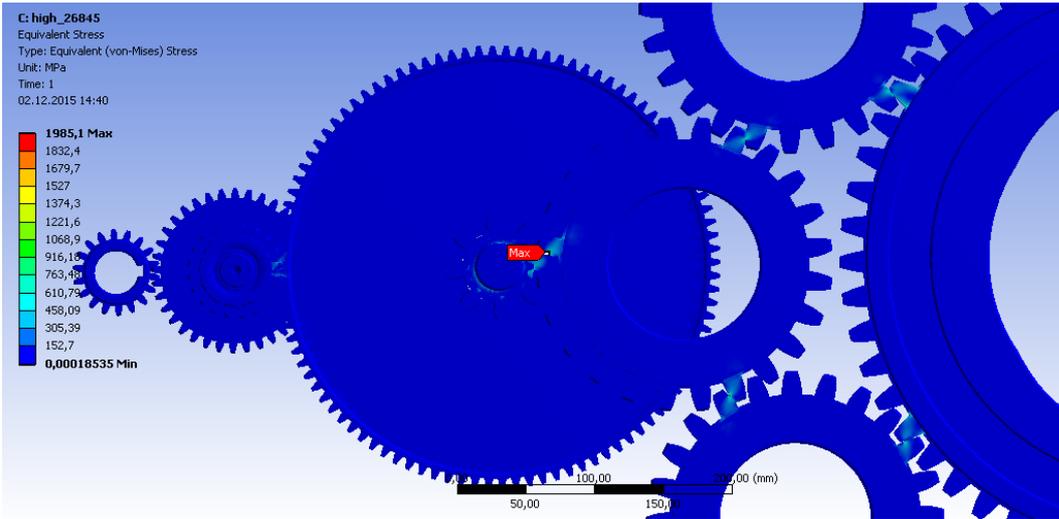


Рисунок 4.19 – Напряжения в зубчатых парах.

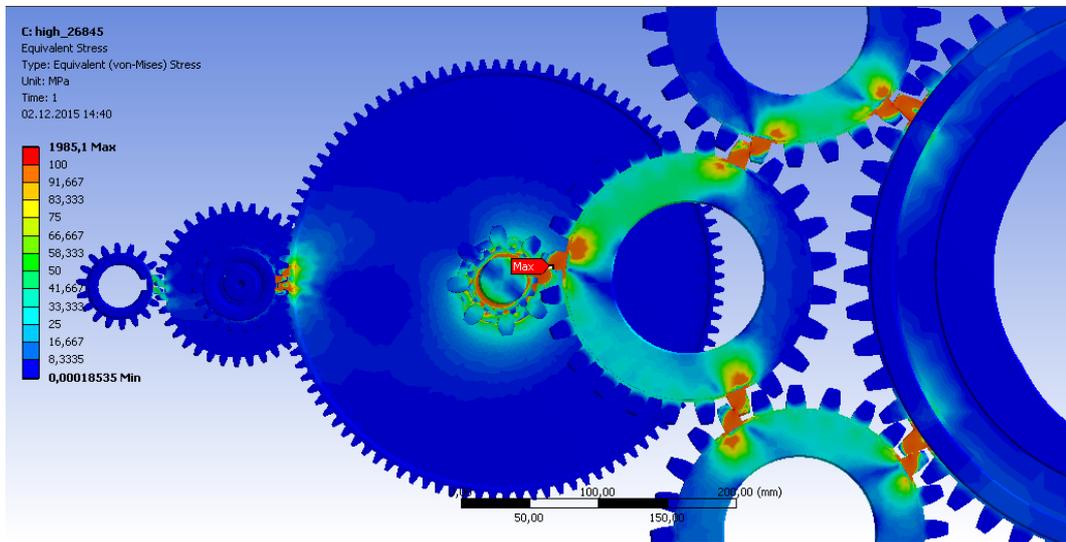


Рисунок 4.20 – Напряжения в зубчатых парах

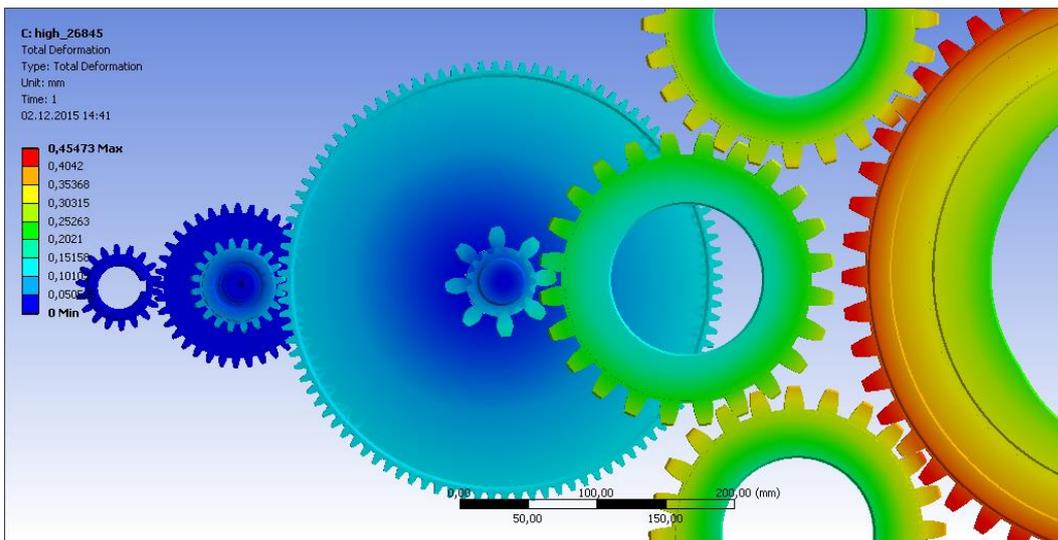


Рисунок 4.21 – Перемещения в зубчатых парах.

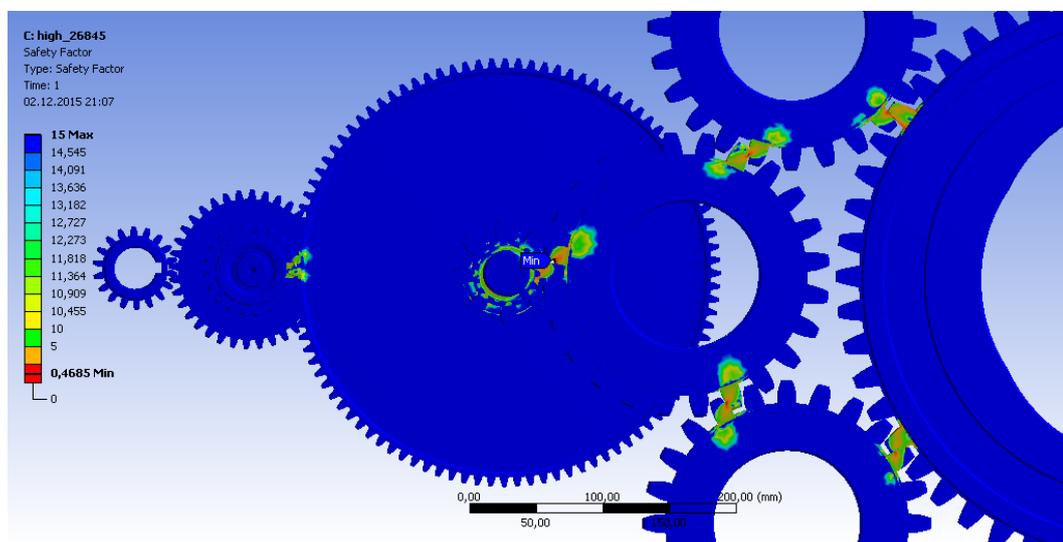


Рисунок 4.22 – Коэффициент запаса в зубчатых парах.

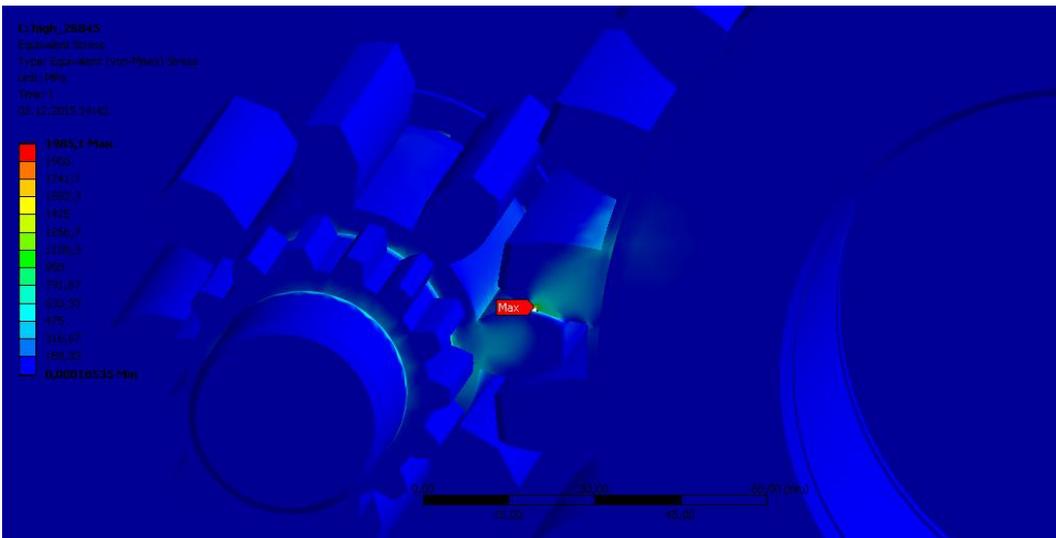


Рисунок 4.23 – Максимальные напряжения в зацеплении (укрупненно)

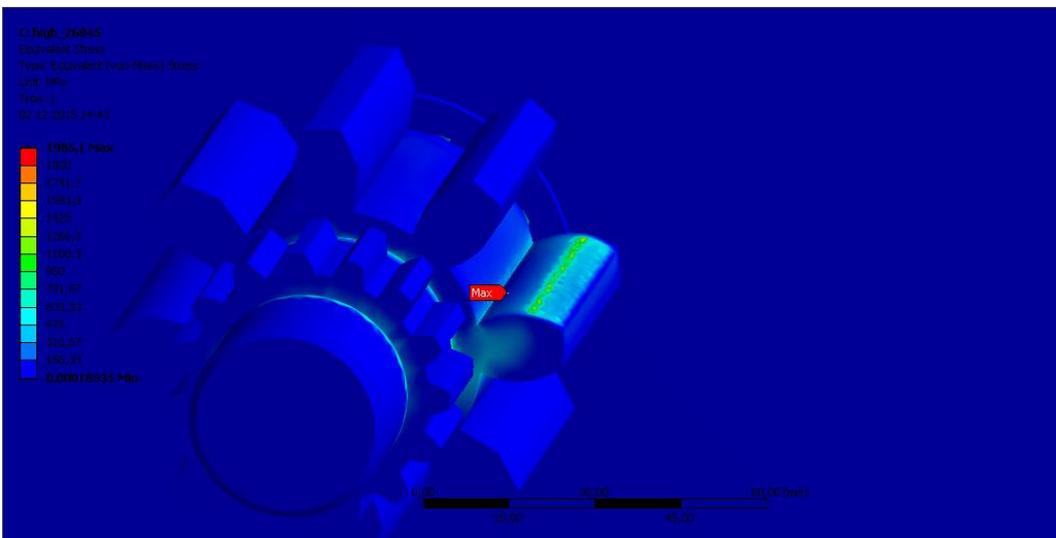


Рисунок 4.24 – Максимальные напряжения в зацеплении (укрупненно пятно контакта)

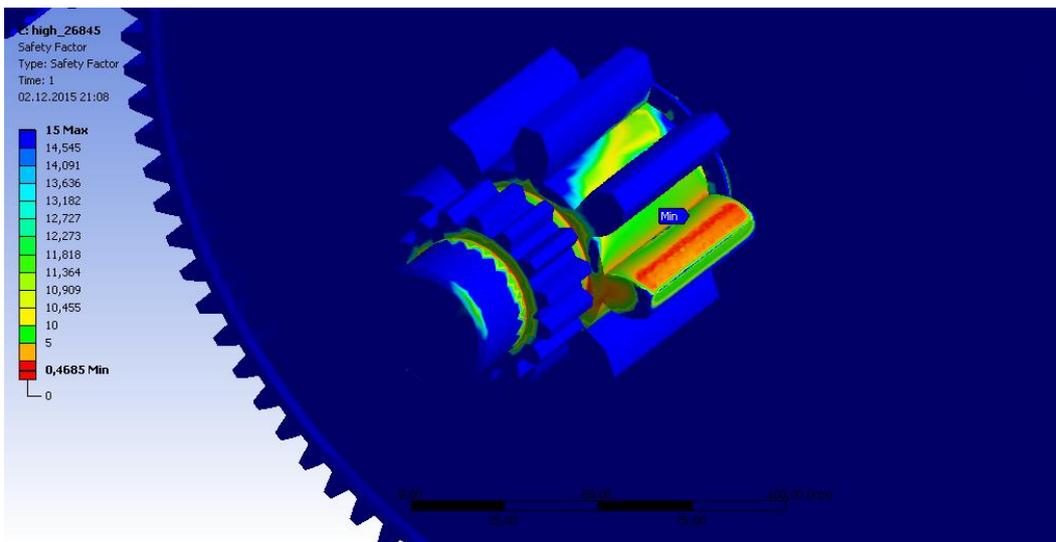


Рисунок 4.25 – Коэффициент запаса прочности в пятне контакта с максимальными напряжениями.

4.2 Математическое моделирование роторного узла

На работу зубчатых колес влияют различные моменты сил. Неравномерные нагрузки могут повредить зубчатые колёса, поэтому исследование зубчатых колес гидроключа и его конструкции редуктора является актуальной задачей.

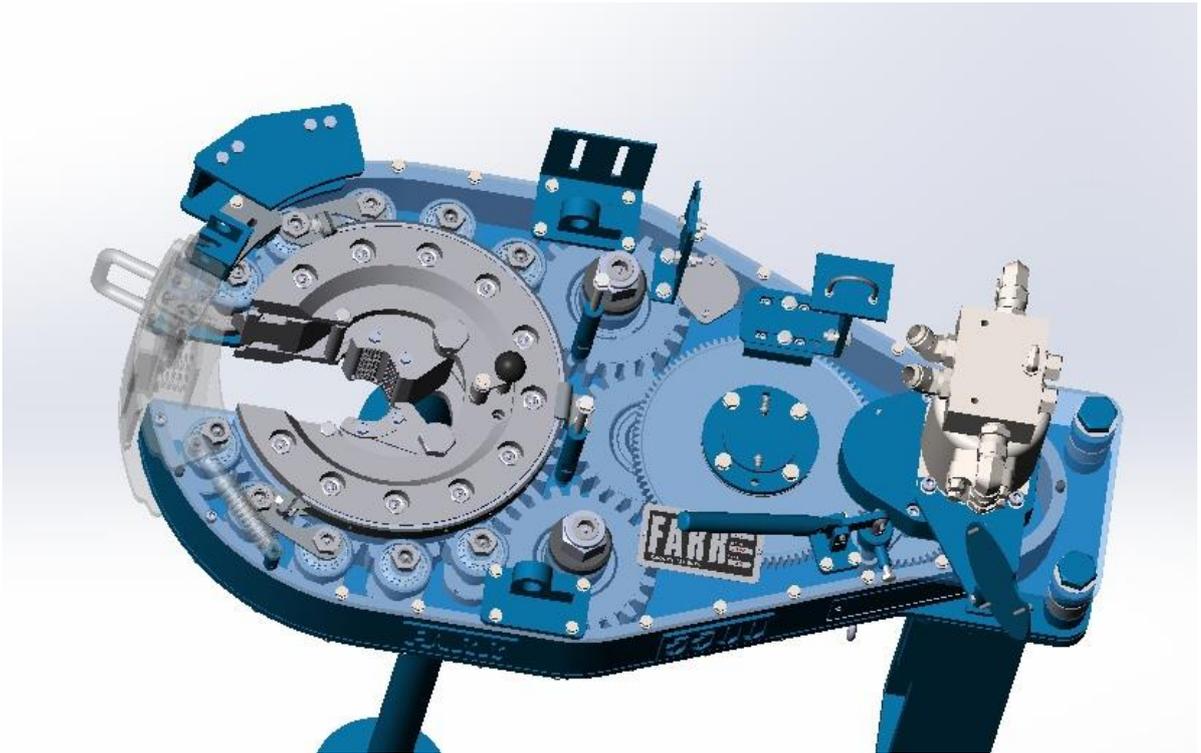


Рисунок 4.26 – Трехмерная модель конструкции гидроключа



Рисунок 4.27 – Трехмерная модель конструкции редуктора

Расстановка сил

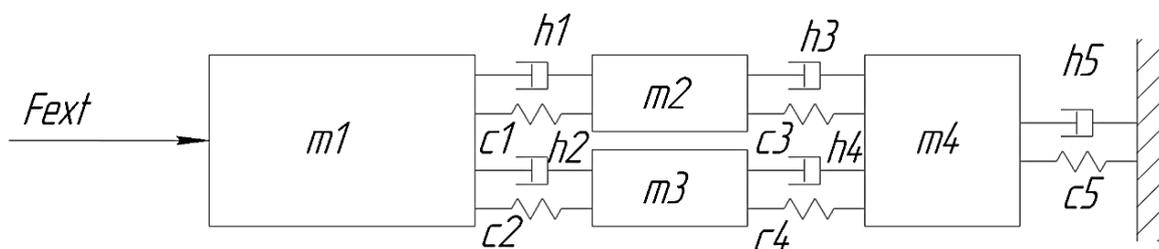


Рисунок 4.28 – Расстановка сил, действующих на тела

Для тела массой m_1

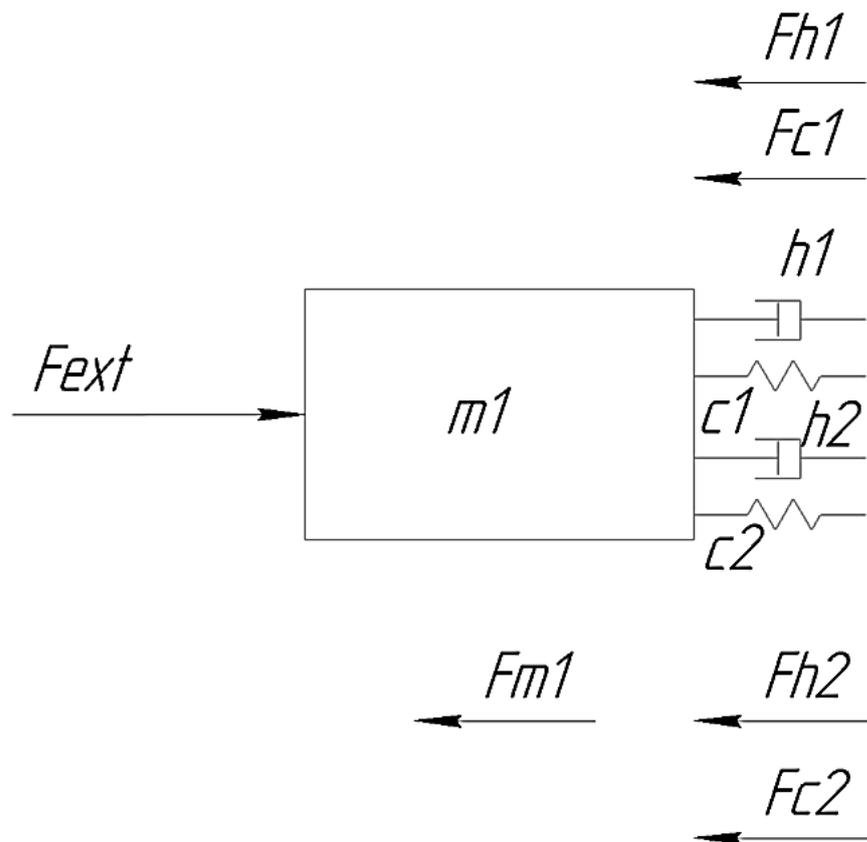


Рисунок 4.29 – Расстановка сил, действующих на тело, массой $m1$

Сила F_{ext} действует на тело $m1$ и начинает вибрировать, создавая силу инерции F_{m1} . Из-за вибрации пружина сжимается и растягивается с коэффициентом упругости $c1$, $c2$ и соответствующей силой F_{c1} , F_{c2} . Кроме того, основной корпус воздействует на демпфер с коэффициентами демпфирования $h1$, $h2$, генерируя силы F_{h1} , F_{h2} .

F_{ext} – Сила, действующая на тело $m1$;

F_{c1} - сила пружины $c1$;

F_{c2} - сила пружины $c2$;

F_{h1} -демпфер $h1$ демпфирующая сила;

$Fm1$ - сила инерции объекта $m1$;

$Fh2$ -демпфер $h2$ демпфирующая сила;

Для тела массой m_2

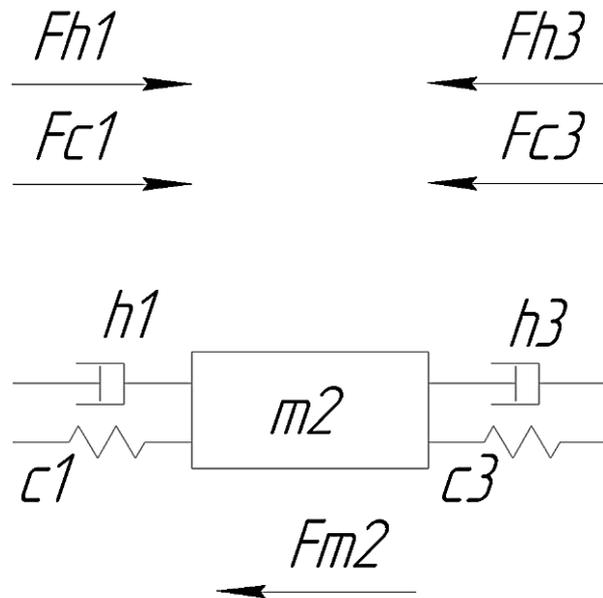


Рисунок 4.30 – Расстановка сил, действующих на тело, массой m_2

Сила от m_1 действует на h_1 , c_1 и образуя Fh_1 , Fc_1 , воздействуя на тело m_2 и начиная вибрировать, создавая силу инерции Fm_2 . Из-за вибрации пружина сжимается и растягивается с коэффициентом упругости c_3 и соответствующей силой Fc_3 . Кроме того, основной корпус воздействует на землю с коэффициентом демпфирования h_3 , создавая силу Fh_3 .

Fh_1 Fc_1 - сила, действующая на тело m_2 ;

Fc_3 - сила пружины c_3 ;

Fh_3 -демпфер h_3 демпфирующая сила;

Fm_2 - сила инерции объекта m_2 .

Для тела массой m_3

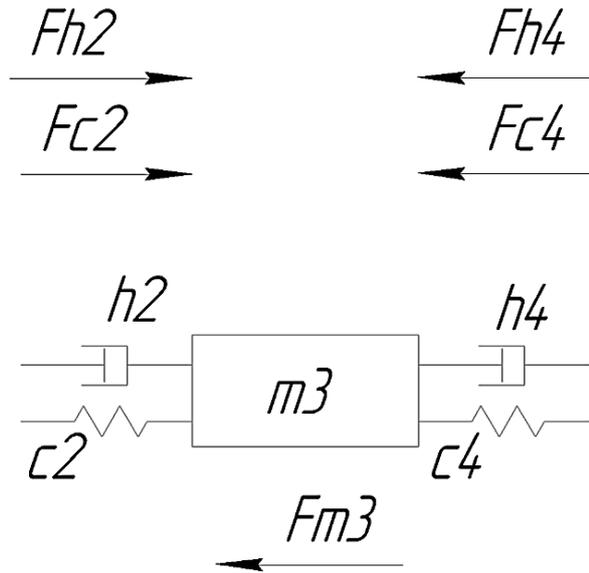


Рисунок 4.31 – Расстановка сил, действующих на тело, массой m_3

Сила от m_1 действует на h_2 , c_2 и образуя Fh_2 , Fc_2 , воздействуя на тело m_3 и начиная вибрировать, создавая силу инерции Fm_3 . Из-за вибрации пружина сжимается и растягивается с коэффициентом упругости c_4 и соответствующей силой Fc_4 . Кроме того, основной корпус воздействует на землю с коэффициентом демпфирования h_4 , создавая силу Fh_4 .

Fh_2 Fc_2 - сила, действующая на тело m_3 ;

Fc_4 - сила пружины c_4 ;

Fh_4 -демпфер h_4 демпфирующая сила;

Fm_3 - сила инерции объекта m_3 .

Для тела массой m_4

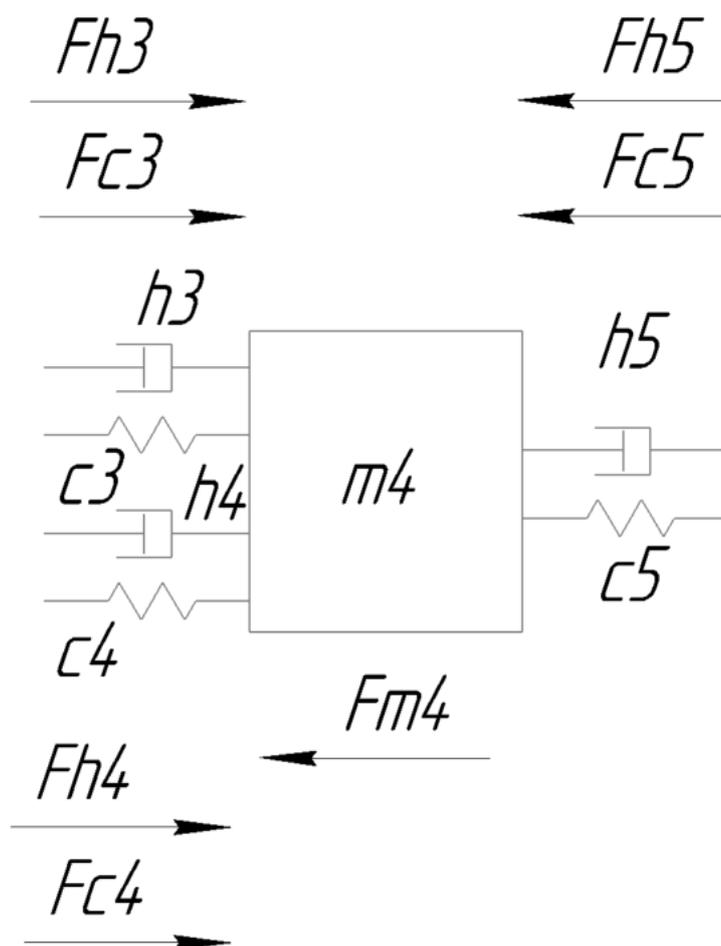


Рисунок 4.32 – Расстановка сил, действующих на тело, массой m_4

Сила от m_2 , m_3 действует на демпферы h_3 , h_4 , а так же на пружины c_3 , c_4 образуют силы соответственно Fh_3 , Fc_3 , Fh_4 , Fc_4 воздействуя на тело m_4 и начиная вибрировать, создавая силу инерции Fm_4 . Из-за вибрации пружина сжимается и растягивается с коэффициентом упругости c_5 и соответствующей силой Fc_5 . Кроме того, основной корпус воздействует на тело m_4 с коэффициентом демпфирования h_5 , создавая силу Fh_5 .

F_{m_4} – Сила, действующая на тело m_4 ;

F_{c_3} - сила пружины c_3 ;

F_{c_4} - сила пружины c_4 ;

F_{h_3} -демпфер h_3 демпфирующая сила;

F_{h_4} -демпфер h_4 демпфирующая сила;

F_{c_5} - сила пружины c_5 ;

F_{h_5} -демпфер h_5 демпфирующая сила;

Баланс сил

Для тела массой m_1

$$F_{ext} = F_{h_1} + F_{m_1} + F_{c_2} + F_{h_2} + F_{c_1}$$

$$F_{ext} = h_1(v_1 - v_2) + m_1 a_1 + c_2(x_1 - x_3) + h_2(v_1 - v_3) + c_1(x_1 - x_2)$$

$$a_1 = \frac{F_{ext} - h_1(v_1 - v_2) + m_1 a_1 + c_2(x_1 - x_3) + h_2(v_1 - v_3) + c_1(x_1 - x_2)}{m_1}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = v_1 \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{F_{ext} - h_1(v_1 - v_2) + m_1 a_1 + c_2(x_1 - x_3) + h_2(v_1 - v_3) + c_1(x_1 - x_2)}{m_1} \end{array} \right.$$

Для тела массой m_2

$$F_{c_1} + F_{h_1} = F_{m_2} + F_{c_3} + F_{h_3}$$

$$h_1(v_1 - v_2) + c_1(x_1 - x_2) = m_2 a_2 + c_3(x_2 - x_4) + h_3(v_2 - v_3)$$

$$a_2 = \frac{h_1(v_1 - v_2) + c_1(x_1 - x_2) - c_3(x_2 - x_4) - h_3(v_2 - v_3)}{m_2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_2}{dt} = v_2 \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{h_1(v_1 - v_2) + c_1(x_1 - x_2) - c_3(x_2 - x_4) - h_3(v_2 - v_3)}{m_2} \end{array} \right.$$

Для тела массой m_3

$$F_{h2} + F_{c2} = F_{m3} + F_{c4} + F_{h4}$$

$$c_2(x_1 - x_3) + h_2(v_1 - v_3) = m_3 a_3 + c_4(x_3 - x_4) + h_4(v_3 - v_4)$$

$$a_3 = \frac{c_2(x_1 - x_3) + h_2(v_1 - v_3) - c_4(x_3 - x_4) - h_4(v_3 - v_4)}{m_3}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_3}{dt} = v_3 \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{c_2(x_1 - x_3) + h_2(v_1 - v_3) - c_4(x_3 - x_4) - h_4(v_3 - v_4)}{m_3} \end{array} \right.$$

Для тела массой m_4

$$F_{c3} + F_{h3} + F_{c4} + F_{h4} = F_{m4} + F_{c5} + F_{h5}$$

$$c_3(x_2 - x_4) + h_3(v_2 - v_3) + c_4(x_3 - x_4) + h_4(v_3 - v_4) = m_4 a_4 + c_5 x_4 + h_5 v_4$$

$$a_4 = \frac{c_3(x_2 - x_4) + h_3(v_2 - v_3) + c_4(x_3 - x_4) + h_4(v_3 - v_4) - c_5 x_4 - h_5 v_4}{m_4}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_4}{dt} = v_4 \\ \frac{dv_4}{dt} = \frac{c_3(x_2 - x_4) + h_3(v_2 - v_3) + c_4(x_3 - x_4) + h_4(v_3 - v_4) - c_5 x_4 - h_5 v_4}{m_4} \end{array} \right.$$

Нахождение передаточной функции

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{ext} = F_{h1} + F_{m1} + F_{c2} + F_{h2} + F_{c1} \\ F_{c1} + F_{h1} = F_{m2} + F_{c3} + F_{h3} \\ F_{h2} + F_{c2} = F_{m3} + F_{c4} + F_{h4} \\ F_{c3} + F_{h3} + F_{c4} + F_{h4} = F_{m4} + F_{c5} + F_{h5} \end{array} \right.$$

$$p = \frac{d}{dt}; p^2 = \frac{d^2}{dt^2}; v = px; a = p^2x; w = \frac{x_5}{F_p}$$

Программы

Подбор параметров

Сделав 3D модель гидроключа и задав материал шестерням мы знаем, какую массу имеют все шестерни, таким образом массы тел $m_1 = 6.79$ кг, $m_2 = 7,9$ кг, $m_3 = 7,9$ кг, $m_4 = 7,9$ кг.

Коэффициенты демпфирования были приняты, Н*с/м:

$$h_1=45;$$

$$h_2=45;$$

$$h_3=35;$$

$$h_4=35;$$

$$h_5=200.$$

Жесткость пружины – жесткость элементов были приняты, Н/м:

$$c_1=75000;$$

$$c_2=75000;$$

$$c_3=55000;$$

$$c_4=55000;$$

$$c_4=100000.$$

Моделирование четырёхмассовой системы в среде Simulink

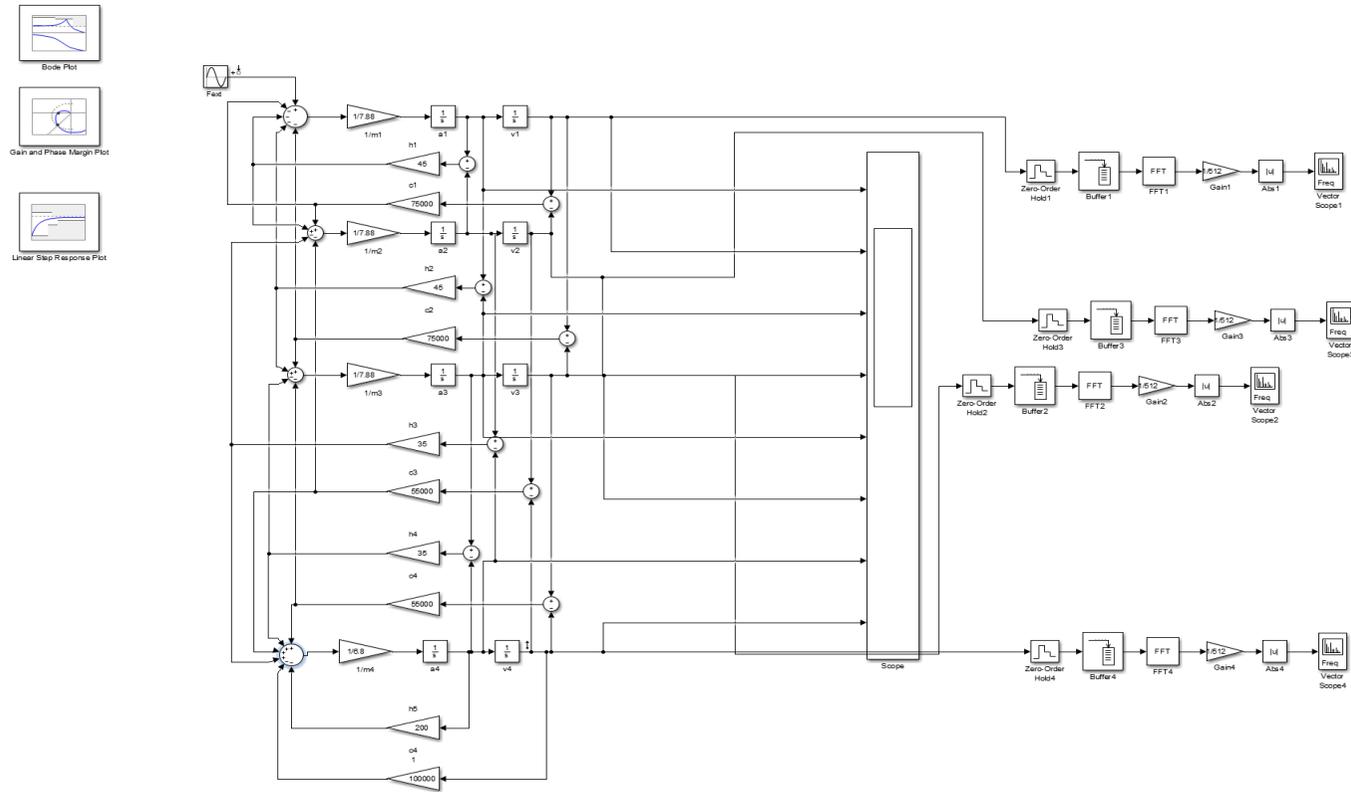
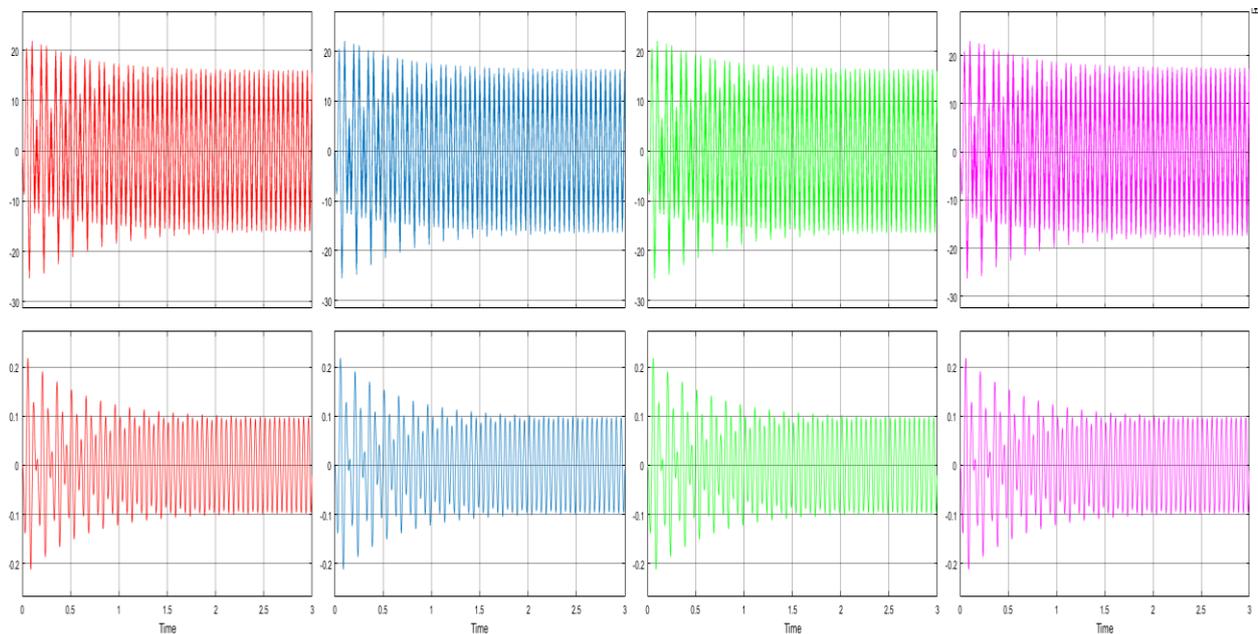


Рисунок 4.34 – Графическая модель конструкции в среде Simulink

После построения схемы отмечаем на ней входные и выходные характеристики (F_{ext} и x_4 соответственно).

С помощью блока Scope получаем графики перемещения и скорости всех тел. С помощью блоков Zero-Order Hold и Spectrum Analyzer получаем спектр частот системы. С помощью блоков Bode Plot, Linear Step Response Plot, Gain and Phase Margin Plot получаем графики амплитудно-фазовых частотных характеристик системы.

В результате получаем следующие графики:



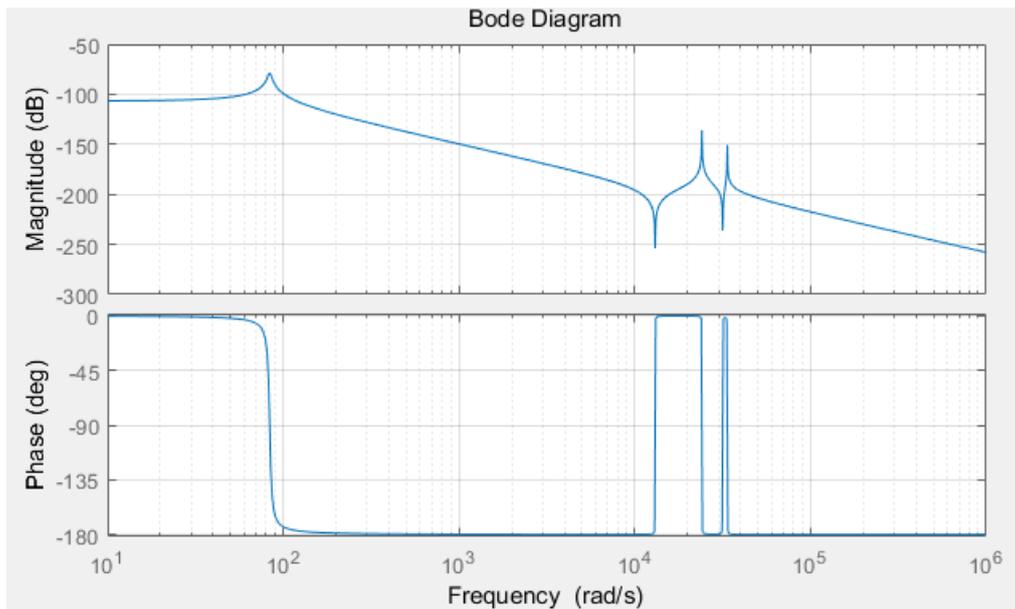


Рисунок 4.35 – График АФЧХ, построенный с помощью команды `bode(w)`

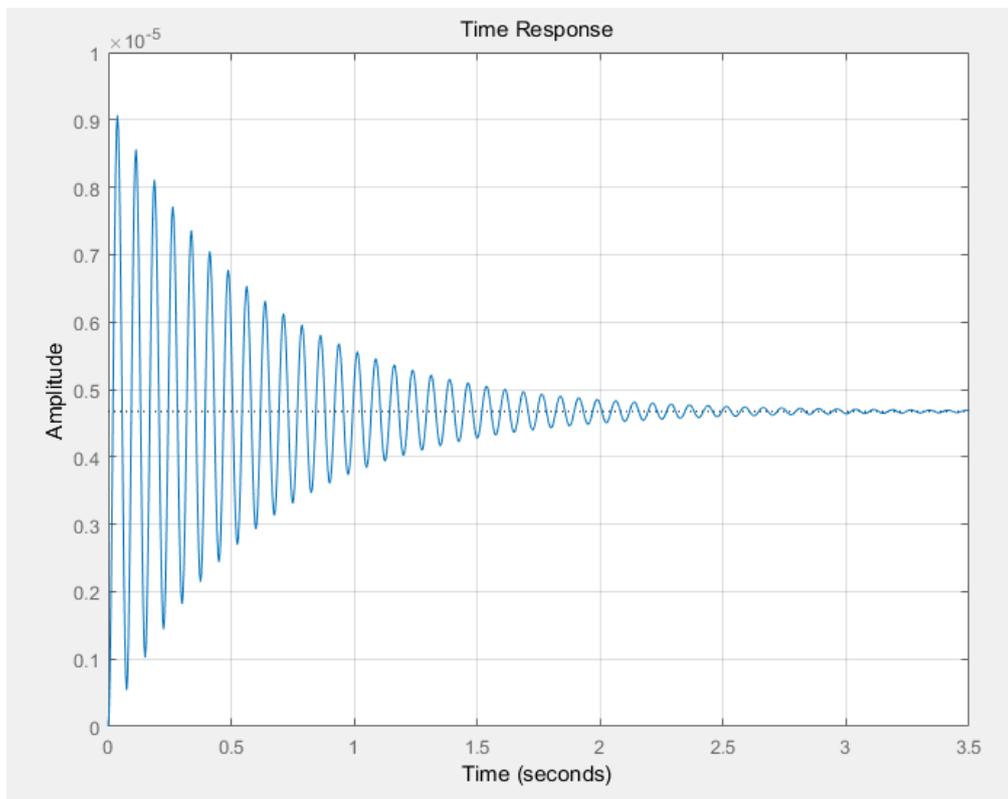


Рисунок 4.36 – График АФЧХ, построенный с помощью команды `ltiview(w)`

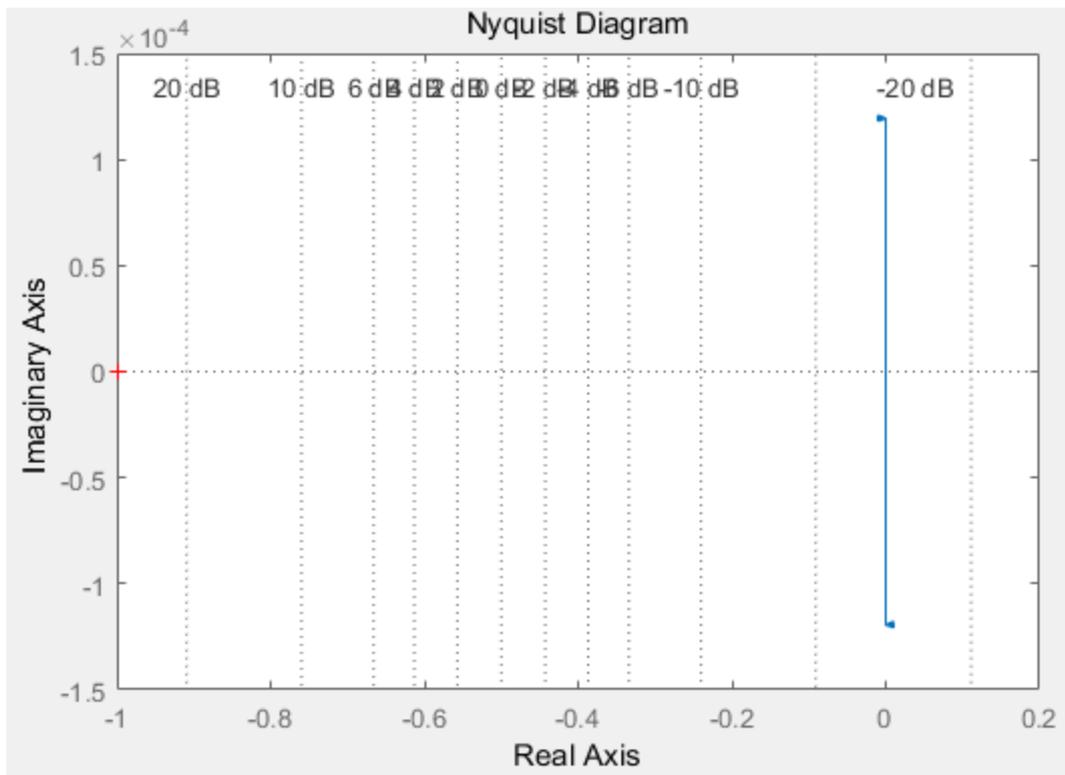


Рисунок 4.37 – График АФЧХ, построенный с помощью команды `nyquist(w)`

Выводы по разделу:

1. В результате расчета были получены картины распределения напряжений по всем зубчатым колесам. Напряжения находятся в пределах нормы, коэффициент запаса прочности достаточен.
2. Минимальные коэффициенты запаса на эпюрах обусловлены артефактами решателя. В пересчете напряжений в месте контакта на его площадь, минимальный коэффициент запаса не снижется менее 1,2, что достаточно для обеспечения работоспособности зацепления. Однако, стоит учесть возможность выхода шестерни из строя в случае резких ускорений механизма.
3. Для равномерности передачи вращающего момента необходимо исполнение всей конструкции с высоким классом точности. Данное требование справедливо для всех существующих зубчатых зацеплений и обеспечивается исполнением самих зубчатых колес.
4. Для увеличения максимальных крутящих моментов на основном зубчатом венце и снижения напряжений на зубчатых парах возможно использование промежуточной зубчатой передачи в месте появления максимальных напряжений.
5. Команда $\text{step}(w)$ отвечает за построение графика переходного процесса при приложении силы к системе. На графике видно, что время переходного процесса составляет 3.5 с. Переходная функция затухает, поэтому система является устойчивой. Важно отслеживать собственные частоты системы, чтобы тела не находились в резонансе.
6. Функция Бode показывает построение логарифмических частотных характеристик. Из графика видно, что система устойчива, потому что -180°LAN (логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика) отрицательна при достижении фазовой характеристики.

7. Таким образом, согласно анализу данных, смещение всей системы очень мало, а вибрация затухает в течение 3.5 секунд. Система зубчатых колес выдерживает прилагаемые нагрузки.

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Семёнову Ефиму Дмитриевичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

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>Бюджет проекта – не более 2000000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 600000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 0,5 баллов из 1.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ. Оценка готовности проекта к коммерциализации</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>

3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение финансового и научно - технического эффекта</i>
--	--

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. *«Портрет» потребителя результатов НИИ*
2. *Сегментирование рынка*
3. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
4. *Матрица SWOT*
5. *График проведения и бюджет НИИ*
6. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Семёнов Ефим Дмитриевич		

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время разработке нового продукта предшествуют работы по анализу рынка, анализу конкурентов и планированию работ. Выделенные аспекты при экономическом анализе позволяют быстро и эффективно выводить продукт на рынок.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и эффективности НИ, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения поставленной цели нам необходимо решить следующие задачи:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Процесс разработки любого проекта включает три периода: разработка проекта, организационное управление проектом; и функциональное управление проектом. Чаще всего в процессе освоения проектного метода основной акцент ставится на этап разработки проектом, цель которого и состоит в том, чтобы сформулировать его концепцию, разобрать его основные структурные элементы, провести анализ и сформировать план проекта. Естественно, основной задачей этого раздела является выявление и разработка наиболее эффективных проектных решений.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Трубный гидравлический ключ FARR KT5500.

Целевой рынок: нефтяные компании.

Таблица 5.1 – Список предприятий применяющих гидроключи

Наименование		Географическое положение
1	ОАО «Славнефть - ЯНОС»	Российская Федерация, 150023, г. Ярославль, Московский проспект, 130
2	ПАО «Газпром нефть»	ул. Почтамтская, д. 3-5, Санкт-Петербург, Россия, 190000
4	ООО «Ферганский НПЗ»	Республика Узбекистан, 150106, Ферганская область, город Фергана, ул.Саноат 240
5	ООО «ТриБоСС»	Россия, г.Томск, Комсомольский просп., 10, Томск, Томская обл., 634003

В структуру «Газпром нефти» входят более 70 нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и сбытовых предприятий в России, странах ближнего и дальнего зарубежья.

Необходимость в быстром монтаже и демонтаже буровых штанг, а также в оперативной замене рабочего инструмента в процессе горизонтально направленного бурения требует оборудования, отвечающего всем требованиям по надежности, точности. Таким оборудованием являются гидроключи различных фирм производителей.

Спускоподъемные операции занимают 30-35% от всего времени строительства нефтяных и газовых скважин, в связи с этим оптимизация

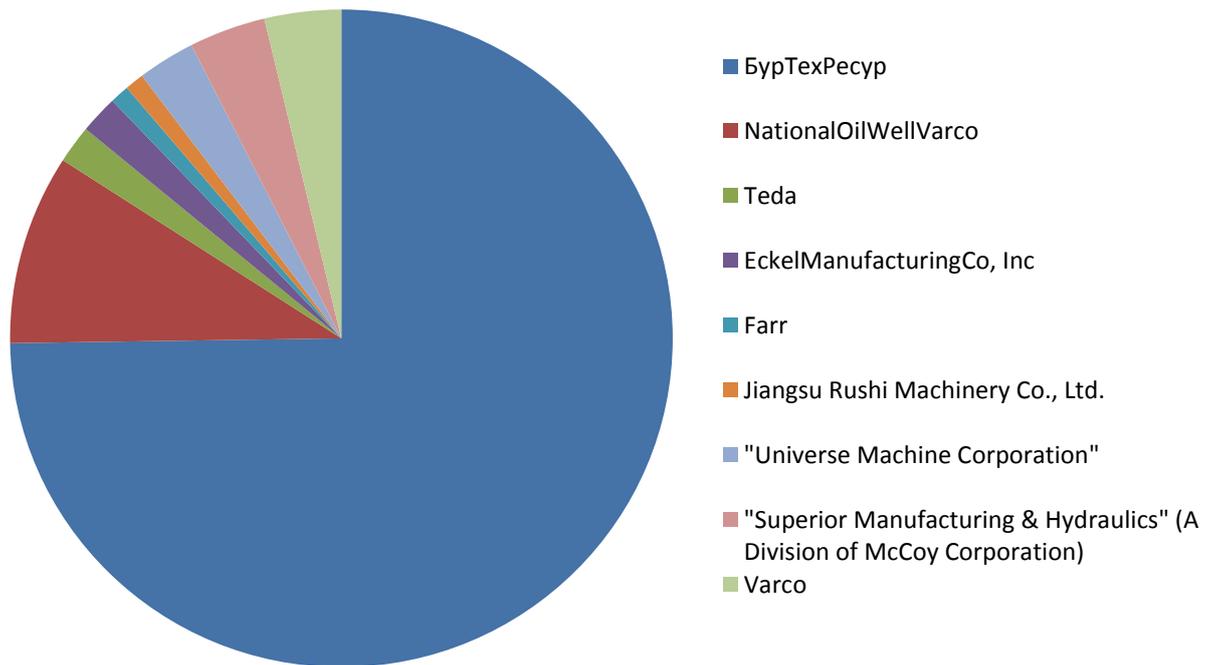
процесса свинчивания – развинчивания обсадных и бурильных труб является одним из главных факторов повышения эффективности бурения.

Действующие компании по производству гидроключей приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Анализ рынка производителей буровых гидроключей

Страна производитель	Наименование фирмы	Наименование оборудования (указано одно для примера из широкого списка)
Россия	БурТехРесур	ГКШ-300, ГКШ1200MT
США	NationalOilWellVarco	ST-80
Китай	Teda	Hydraulic Tong ZQ203-100, Xq89/3yc Hydraulic Power Tong
США	EckelManufacturingCo, Inc	Hydra- shift 2 2/3
Канада	Farr	KT-5500
Китай	Jiangsu Rushi Machinery Co., Ltd.	ZQ203-125II,ZQ203-100(II)
Канада	"Universe Machine Corporation"	01F05C 5-1/2"
США	"Superior Manufacturing & Hydraulics" (A Division of McCoy Corporation)	«CLINCHER», модель CLE8625DP-06 8-5/8”
США	Varco	10008682

Сегментация российского рынка



Таким образом можно видеть, что российский производитель наиболее распространён в связи с ценовой политикой на оборудование, хоть и не обладает эффективными характеристиками в сравнении зарубежными аналогами.

Проектируемый гидроключ является неотъемлемой частью процесса строительства и эксплуатации нефтяных скважин.

Объёмное моделирование систем позволяет производить модернизацию узлов, без создания реальных объектов (деталей). Данный метод был применен в работе, и были смоделированы и проведены расчеты гидроключа в среде SolidWorks.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Первостепенное значение для решения поставленных нами задач, имеют исследования, непосредственно направленные на изучение конкурентных технических решений.

Детальный анализ конкурирующих разработок помогает выявить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В процессе были рассмотрены две конкурирующие фирмы: «NationalOilWellVarco» США и «Farr» Канада.

Компания «NationalOilWellVarco» США, разработчик, производитель и поставщик бурового оборудования и комплектующих для применения в сфере бурения скважин и производства нефти и газа, технического обеспечения и надзора, а также услуг по организации цепи поставок для крупных организаций нефтегазовой индустрии

«Farr» Канада - компания входящая в McCoy Global Inc, производящие широкий спектр оборудования для нефтяной промышленности.

Проведем данный анализ с применением оценочной карты, приведенной в таблице 2. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1. Где: B_f (K_f) – баллы (конкурентоспособность), B_{K1} (K_{K1}) и B_{K2} (K_{K2}) – баллы (конкурентоспособность).

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i ,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Таблица 5.3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес	Баллы	Конкурентоспособность
-----------------	-----	-------	-----------------------

	критерия	Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Надежность	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
5. Уровень шума	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
6. Безопасность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
8. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
3. Цена	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	10	10	10	1	1	1
5. Послепродажное обслуживание	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,04	5	4	4	0,16	0,16	0,16

7. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	4	0,16	0,16	0,16
Итого	1	34	33	32	1,5	1,46	1,41

Согласно приведённым данным в таблице 5.1, можно сделать следующие заключения:

- По оценочной карте видно, что новое устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателям превосходит своего конкурента.
- Основными техническими преимуществами модернизированного гидро ключа: повышение производительности труда пользователя, надежность, компактность и простота эксплуатации. Экономическое преимущество заключается в стоимости устройства, что является большой разницей по сравнению с конкурентами.

Мы видим, что самой большой уязвимостью конкурентов является стоимость.

Диаграмма Исикава

В процессе производства любых изделий невозможно получить всю продукцию одинакового качества, т.е. параметры различных единиц изделий колеблются в определенных пределах. Это колебание вызывается комплексом случайных и систематических причин, которые действуют в процессе производства и определяют погрешности данного технологического процесса. Если колебание параметров находится в допустимых пределах (в пределах допуска), то продукция является годной, если же выходит за эти пределы – брак.

Качество изготавливаемой продукции определяется качеством исходных продуктов, степенью настроенности оборудования, соблюдением технологических режимов, условиями окружающей среды. Для того, чтобы своевременно выявлять брак и вызвавшие его причины, необходимо

осуществлять систематический контроль параметров продукции, получать и обрабатывать данные о контролируемых параметрах.

В этом пункте рассмотрим проблему бездефектного изготовления деталей для гидро ключа.

Результат процесса зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа причина – результат. Проконтролировать все эти причинные факторы невозможно.

Диаграмма Исикавы позволяет выявить и сгруппировать условия и факторы, влияющие на данную проблему. С помощью схемы Исикавы можно решать широкий спектр конструкторских, технологических, технических, экономических, организационных, социальных и других проблем.

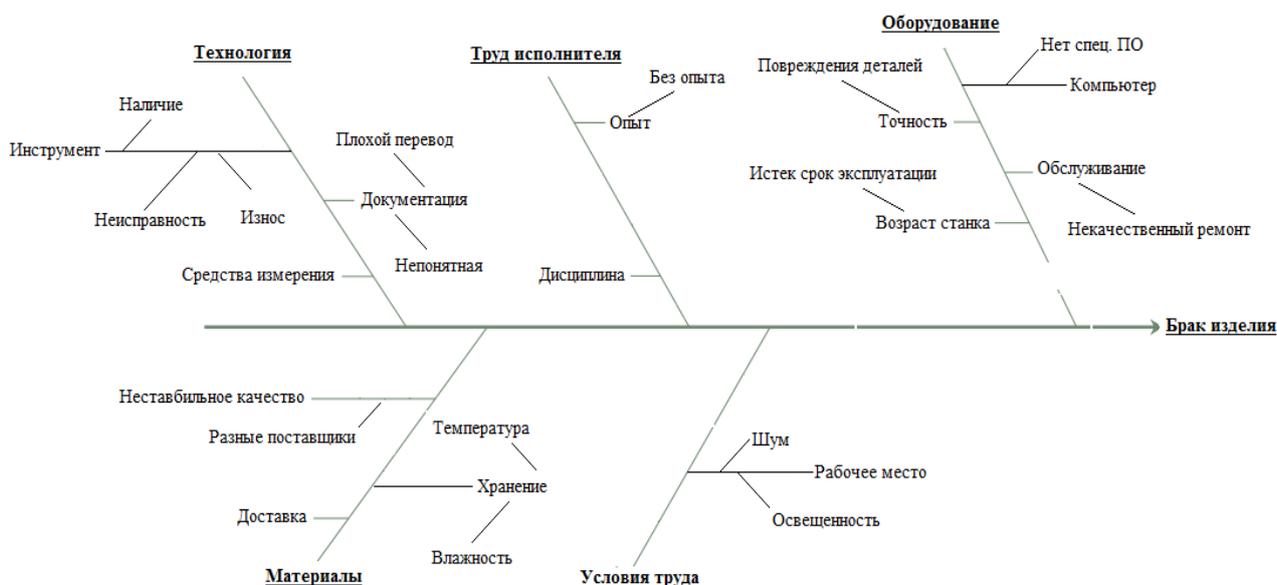


Рисунок 5.1 – Причинно-следственная диаграмма

Перед нами стоит проблема – бездефектное, качественное производство деталей для гидро ключа. Используя диаграмму «причины – результаты» мы можем проанализировать нашу проблему, выявить и сгруппировать условия и факторы, влияющие на неупорядоченность системы управления качеством.

Из анализа диаграммы мы можем увидеть, что к браку готовой продукции могут привести четыре основных фактора: оборудование, труд исполнителя, технология, материалы, условия труда.

С помощью диаграммы Исикавы были выявлены факторы, которые влияют на качество деталей гидро ключа на всех стадиях технологического процесса. То есть, получена информация, необходимая специалисту для принятия управляющих решений. В заключение можно сделать вывод, что диаграмма Исикавы является очень эффективным средством для выявления факторов и причин, влияющих на проблему, что является наиболее важным для управления качеством продукции.

5.2 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон, возможностей и угроз для реализации проекта. Матрица SWOT – анализа представлена в данной работе в виде таблицы 5.4.

Таблица 5.4 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
	<p>С1. Заявленная энергоэффективность гидро ключа.</p> <p>С2. Экологичность гидро ключа.</p> <p>С3. Высокая ремонтпригодность гидро ключа.</p> <p>С4. Конструкция гидро ключа проста.</p>	<p>Сл1. Нет прототипа разработки.</p> <p>Сл2. Разработка требует большого количества времени.</p> <p>Сл3. Нет возможности быстро организовать производство.</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих.</p>
Возможности		
<p>В1. Рост спроса ввиду уникальности установки.</p> <p>В2. Возможен переход на серийное производство.</p> <p>В3. Финансирование</p>		

разработки университетом. В4. Возможность задействования сторонних специалистов для развития проекта.		
Угрозы		
У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Увеличение конкуренции. У3. Введения дополнительных государственных требований к производству продукции.		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивные матрицы проекта.

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	-
	B2	-	0	-	0
	B3	+	-	-	+
	B4	+	+	+	-

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта для слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	+	+	-
	B2	-	-	0	-
	B3	-	0	-	+
	B4	+	+	-	-

Таблица 5.7 – Интерактивная матрица проекта для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	0
	У2	+	0	+	+
	У3	0	-	+	-

Таблица 5.8 – Интерактивная матрица проекта для слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	+	-	+
	У3	+	-	0	-

При анализе сильных сторон, выявлены следующие корреляции сильных сторон проекта и возможностей: B4C1C2C3. Равным образом можно выявить следующие корреляции сильных сторон и угроз: У2C1C3C4.

В случае анализа слабых сторон выявлены следующие корреляции слабых сторон проекта с возможностями: B1Сл1Сл2Сл3. Также выявлены следующие корреляции слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3Сл4.

На третьем этапе составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно – исследовательского проекта	Слабые стороны научно – исследовательского проекта
	<p>С1. Заявленная энергоэффективность гидро ключа.</p> <p>С2. Экологичность гидро ключа.</p> <p>С3. Высокая ремонтпригодность гидро ключа.</p> <p>С4. Конструкция гидро ключа проста.</p>	<p>Сл1. Нет прототипа разработки.</p> <p>Сл2. Разработка требует большого количества времени.</p> <p>Сл3. Нет возможности быстро организовать производство.</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих.</p>
Возможности	Есть возможность установить контакт с компаниями, производящими оборудование, по каналам связи университета.	Создание прототипа устройства может быть профинансировано ТПУ или другими организациями, заинтересованными в разработке. Разработка может быть ускорена через сотрудничество с компаниями – партнёрами.
<p>В1. Рост спроса ввиду уникальности установки.</p> <p>В2. Возможен переход на серийное производство.</p> <p>В3. Финансирование разработки университетом.</p> <p>В4. Возможность задействования сторонних специалистов для развития проекта.</p>	<p>Привлечение в проект дополнительных специалистов повысит экологичность и энергоэффективность проекта.</p>	
Угрозы		Точное сегментирование

<p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Увеличение конкуренции.</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к производству продукции.</p>		<p>рынка позволит избежать проигрышной конкуренции с крупными или импортными компаниями, а также снизит вред такого недостатка, как однозадачность разработки.</p> <p>Выступление с результатами проекта на научно-практической конференции позволят повысить известность команды и, в случае победы, найти спонсора для промышленной реализации проекта.</p>
---	--	---

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

5.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 5.10.

Таблица 5.10 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	5
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	4
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4

	ИТОГО БАЛЛОВ	59	62
--	--------------	----	----

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю составляем оценку по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. При оценке степени проработанности научного проекта: 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид:

- 1 – означает не знаком или мало знаю,
- 2 – в объеме теоретических знаний,
- 3 – знаю теорию и практические примеры применения,
- 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю,
- 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (1)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i – му показателю.

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Перспективность данной разработки можно считать выше среднего, так как $B_{\text{сум}}$ получилось от 59 до 45.

5.5 Инициация проекта

5.5.1 Цели и результат проекта

В качестве максимальной стоимости исполнения научно-исследовательского проекта принимается минимальный размер гранта на

лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными - кандидатами наук в научных организациях РФ, так как аналогичные научные исследования ранее не проводились.

Таким образом, эскалация важности научных грантов вызвана с их экономическим значением, поскольку в первую очередь они служат специальным механизмом финансирования исследований, который играет жизненно важную роль для научных сообществ. Задача грантовой поддержки научных исследований была сформулирована в Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Помимо этого, федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» закрепил цель государственной научно-технической политики, а именно: «развитие, рациональное размещение и эффективное использование научно-технического потенциала, увеличение вклада науки и техники в развитие экономики государства, реализации важнейших социальных задач, преобразование материального производства и интеграция науки и образования».

Таблица 5.11 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Томский политехнический университет	Оптимальные параметры гидравлического ключа
Заказчик работы: ООО «ТриБоСС»	Качество, цена и работоспособность

Компания занимается продвижением российских аналогов зарубежного оборудования, позволяющего эффективно выполнять требуемые задачи, при более низкой стоимости оборудования.

Таблица 5.12 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Целью работы является модернизация конструкции
---------------	--

	разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500, а также определить и внедрить методы повышения производительности.
Ожидаемые результаты проекта:	Определение конструктивных особенностей гидравлического ключа при различных параметрах
Критерии приемки результата проекта:	Повышение скорости смены труб.
Требования к результату проекта:	Гидравлический ключ с Высокая передача Момент на венце 1708 Н*м
	Изделие должно быть ремонтпригодным в течение всего срока службы изделия
	Виды и периодичность технического обслуживания изделия должны осуществляться в соответствии с требованиями, указанными в эксплуатационной документации
	Изделие может транспортироваться любым видом транспорта. Независимо от вида используемого транспорта, изделие не должно быть повреждено
	Изделие должно быть безопасным при использовании по назначению
	Маркировка изделия и его составных

	частей должна быть устойчивой в течение всего срока службы изделия, и не должна смываться жидкостями, используемыми при эксплуатации изделия
--	--

5.5.2 Организационная структура проекта

Таблица 5.13 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудоза траты, час.
1	Семёнов Е.Д., ТПУ, магистрант	Исследователь	<ul style="list-style-type: none"> – Разработать методику исследования; – Анализ перспективности; – Формирование бюджета; – Определение эффективности; 	113 дн.
2	Буханченко С. Е., ТПУ, доцент	Руководитель	<ul style="list-style-type: none"> – составляет для студента индивидуальное задание и план выполнения ВКР с конкретизацией срока сдачи материала на проверку; – давать рекомендации по ходу и содержанию проекта; 	36 дн.

			<ul style="list-style-type: none"> – проверка диплома на соответствие установленным требованиям; – координировать деятельность участников проекта; – оценить качеству работы исследователя. 	
ИТОГО:				149.

5.5.3 Ограничения и допущения проекта

Таблица 5.14 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	2000000 руб.
1. Источник финансирования	Государственный бюджет
Сроки проекта	6 месяцев
1. Дата утверждения плана управления проектом	24.02.21
2. Дата завершения проекта	16.06.21
Прочие ограничения и допущения*	Затраты по оплате труда – не более 600000 руб.

5.6 Планирование научно-исследовательских работ

5.6.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения этапов работ НИ создана рабочая группа, распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 10.

Таблица 5.15 – Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Выбор темы исследований	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исследователь
	2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исследователь
Разработка тех. задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Составление принципиальной схемы	Руководитель, Исследователь
	6	Выполнение расчетов	Исследователь
	7	Построение 3D модели гидро ключа	Исследователь
	8	Проведение исследований для оптимизации работы	Исследователь
	9	Определение размеров	Исследователь
	10	Разработка математических моделей для динамического анализа	Исследователь
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка результатов исследования	Руководитель, исследователь
Разработка технологической документации	12	Разработка сборочных чертежей	Руководитель, исследователь
	13	Исследование математической модели	Исследователь
	14	Технико-экономические расчеты	Исследователь
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Исследователь
Оформление отчета	16	Заполнение пояснительной записки	Исследователь

5.6.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для выполнения перечисленных в таблице 3.5 работ требуются специалисты: студент в качестве инженера и научный руководитель.

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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (2)$$

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

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

$t_{\max i}$ – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

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

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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{кал}, \quad (4)$$

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

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

$K_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5)$$

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

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

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

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,477.$$

По полученные данные, коэффициенты и формулы в программе Excel выполняем расчеты для каждой работы. Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблице 11.

Таблица 5.16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	$t_{\min i}$, Чел-дни		$t_{\max i}$, Чел-дни		$t_{\text{оэж}}$, Чел-дни		Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь
	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь				
Календарное планирование работ по теме	3	3	6	6	4,2	4,2	2	2	3	3
Выбор алгоритма исследований	1	-	3	-	1,8	-	2	-	3	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	15	-	12	-	12	-	18
Составление и утверждение тех. задание	5	-	8	-	6,2	-	6	-	9	-
Составление принципиальной схемы	8	8	10	10	8,8	8,8	4,4	4,4	7	7
Выполнение расчетов	-	3	-	6	-	4,2	-	4,2	-	6
Проектирование 3D модели	-	6	-	18	-	10	-	10	-	15

Проведение исследований для оптимизации работы	-	3	-	12	-	6,6	-	7	-	10
Определение размеров захвата	-	3	-	15	-	3,8	-	2	-	3
Разработка математических моделей для динамического анализа	7	7	16	16	11,4	11,4	6	6	9	9
Оценка результатов исследования	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Разработка сборочных чертежей	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Исследование математической модели	-	2	-	2	-	2	-	2	-	3
Технико-экономические расчеты	-	3	-	4	-	3,4	-	3,4	-	5
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	-	15	-	20	-	17	-	17	-	25

Заполнение пояснительной записки	-	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4
ИТОГО:									36	113

Согласно таблице 5.15 наибольшую часть работ будет выполнено исследователем. Работа научного руководителя ограничивается разработкой и определением технических спецификаций проекта, определением графика выполнения проекта вместе с исследователем. После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта, приведена в таблице 5.12.

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ка}$, кал.дни	Продолжительность выполнения работ														
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3															
		Исследователь																
2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель	3															
3	Подбор и изучение материалов по теме	Исследователь	18															
4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	9															
5	Составление принципиальной схемы	Руководитель	7															
		Исследователь																
6	Выполнение расчетов	Исследователь	6															
7	Проектирование 3D модели шнекового дозатора	Исследователь	15															
8	Проведение исследований для оптимизации работы дозатора	Исследователь	10															
9	Определение размеров пера шнека	Исследователь	3															
10	Разработка математических моделей для динамического анализа	Руководитель	9															
		Исследователь																
11	Оценка результатов исследования	Руководитель	1															
		Исследователь																
12	Разработка сборочных чертежей	Руководитель	4															
		Исследователь																
13	Исследование математической модели	Исследователь	3															
14	Технико-экономические расчеты	Исследователь	5															
15	Составление пояснительной записки	Исследователь	25															
16	Заполнение пояснительной записки	Исследователь	4															



Руководитель



Исследователь

5.7 Определение ресурсоэффективности научного исследования

При планировании бюджета НИ следует в первую очередь отметить, что не все из упомянутых в статье будут реализовываться в рамках данного проекта. Список расходов, подлежащих расчёту, имеет следующий вид:

- материальные затраты НИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Таблица 5.16 – Группировка затрат по статьям

Статьи								
Сырье, материалы	Специальное оборудование	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
7060 руб.	35980 руб.	2974.1 руб.	438663,3 руб.	65799,5 руб.	435149,6 руб.	985626,5 руб.	156488,64 руб.	1142115,1 руб.

Расчет материальных затрат НИ

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Поэтому необходимо учитывать материальные затраты. В данной работе в материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, CD-диск, картридж для лазерного принтера.

Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Результаты расчётов по затратам на материалы

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество, ед.	Суммарная стоимость, руб.
Комплект канцелярских принадлежностей ErichKrause Office (12/12517)	830	1	830
Картридж для лазерного принтера HP 106A (W1106A)	4590	1	4590

Бумага для принтера формата А4	250	1 уп.	250
CD-RW 500 Мб	70	2	140
Всего за материалы, руб.			5810
Транспортно – заготовительные расходы, руб.			1250
Итого по статье, руб.			7060

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения НИ.

Таблица 5.18 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Количество, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Ноутбук HP 15s-eq1078ur 1X2Q1EA	1	3	28990	28990
2	Лазерный принтер	1	5	6990	6990
Итого		35980 тыс. руб.			

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных

расходов. При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ноутбук НР. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (6)$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (7)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 28990}{12} \cdot 3 = 2391,6 \text{ руб.}$$

Для принтера:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 6990}{12} \cdot 5 = 582,5 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В

состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл.

11).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,4}{223} = 2391,76 \text{ руб.} \quad (9)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 15); M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 48 раб. дня $M = 10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя исследователя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{119} = 3120 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$Z_m = Z_{б} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 21547,22 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 42017,1 \text{ руб.}$$

Для исследователя:

$$Z_m = Z_{б} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 14000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 27300 \text{ руб.}$$

где $Z_{б}$ – базовый оклад, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 5.19 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исследователь
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	104/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24/0	48/0
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	119

Таблица 5.20 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_б$, руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	21547,22	0,3	0,2	1,3	42017,1	2391,76	36	86103,3
Исследователь	14000	0,3	0,2	1,3	27300	3120	113	352560
Итого:								438663,3

Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 86103,3 = 12915,5 \text{ руб.}$$

Для исследователя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 352560 = 52884 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии выполнения НИ принимаем равным 0,15).

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

Для руководителя:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3(86103,3 + 12915,5) = 29705,6 \text{ руб.}$$

Для исследователя:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3(352560 + 52884) = 405444 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Накладные расходы

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_p + Z_{\text{эл.об}} + Z_{\text{кл}} + Z_o + Z_{\text{мат}} + Z_{\text{дз}})$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Z_p - затраты на ремонт;

$Z_{\text{эл.об}}$ - затраты на электроэнергию;

$Z_{\text{кл}}$ - затраты на клининговые услуги;

Z_o - затраты на отопление;

$Z_{\text{мат}}$ - затраты на материальную помощь;

$Z_{\text{дз}}$ - непредвиденные затраты.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$C_{накл} = 0,16(7060 + 28990 + 2391,6 + 438663,3 + 65799,5 + 435149,6) = 156488,64 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 12.

В таблице 12 мы видим, что три самых крупных расхода по проекту связаны с выплатой заработной платы, социальных фондов и общих расходов. Таким образом, затраты на исследование составили $C = 1142115,1$ руб.

5.7 Определение ресурсоэффективности научного исследования

Определение сравнительной эффективности исследования проводят для текущего проекта и для аналогов.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (10)$$

где I_{ϕ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для текущего проекта 1 - «NationalOilWellVarco» США и 2- «Farr» Канада.:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{1142115,1}{1800000} = 0,63$$

Для аналога 1.

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{1800000}{1800000} = 1$$

Для аналога 2.

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{1386599}{1800000} = 0,77$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно вычислить по формуле: $I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a$, $I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i - весовой коэффициент i - го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p - бальная оценка i - го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n - число параметров сравнения;

Таблица 5. 21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметров	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	5	3
3. Экономичность производства	0,15	4	4	3
4. Надежность	0,1	5	4	4
5. Энергосбережение	0,25	5	3	4
6. Материалоемкость	0,1	4	3	3
7. Безопасность	0,1	5	4	4
Итого	1	4,65	3,75	3,45

$$I_{ТП} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_{АН1} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 3,75$$

$$I_{АН2} = 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 3,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога

$I_{финр}^a$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}, \quad (11)$$

Для текущего проекта:

$$I_{финр}^p = \frac{4,65}{0,63} = 7,38$$

Для аналога 1:

$$I_{финр}^{a1} = \frac{3,75}{1} = 3,75$$

Для аналога 2:

$$I_{финр}^{a2} = \frac{3,45}{0,77} = 4,48$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (12)$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта

$$\mathcal{E}_{cp(ТП)} = \frac{7,38}{7,38} = 1$$

$$\mathcal{E}_{cp(АН1)} = \frac{3,75}{7,38} = 0,5$$

$$\mathcal{E}_{cp(АН2)} = \frac{4,48}{7,38} = 0,6$$

Таблица 5.22 – сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,63	1	0,77
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,75	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	7,38	3,75	4,48
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,5	0,6

Выводы по разделу

Проведенное исследование позволило нам сделать следующие выводы:

1. По результатам проведенного анализа конкурентных технических решений можно отметить, что гидравлический ключ является наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 125 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал исследователь – 113 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 36;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 1142115,1 руб.;

4. По интегральным финансовым показателям можно отметить, что данное научное исследование эффективно, и может быть поддержана грантом на выполнение проектов фундаментальных научных исследований. Данный способ является самым быстрым и простым для реализации данного научного исследования.

Все вышесказанное дает нам возможность сделать следующий вывод о том, что данное научное исследование гидравлического ключа имеет положительную экономическую сторону, и все аспекты реализации продукта в будущем.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Семёнов Ефим Дмитриевич

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

Модернизация конструкции разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Рабочее место – офисное помещение, стол, стул, ПЭВМ. В рамках магистерской диссертации проведены виртуальные исследования в программном обеспечении. Объект исследования: гидравлический ключ для бурения нефтедобывающих скважин. Область применения: разработка нефтедобывающих скважин.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта	- Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ; - Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ»; - Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»; - Федеральный закон «О промышленной безопасности

<p>исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>опасных производственных объектов»;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; - Федеральный закон «О пожарной безопасности». - гигиенические требования по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; - размещение рабочего места по ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; - ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. - СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение - ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. - ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. - ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; - уровень шума; - отклонение показателей микроклимата; - освещенность рабочей зоны; - освещение; - психофизиологические производственные факторы в том числе: физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса и нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса;

	<ul style="list-style-type: none"> - Опасные факторы: - электрический ток; - короткое замыкание; - статическое электричество. <p>Обоснование мероприятий по снижению воздействия.</p>
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> - загрязнение гидросферы применением СОЖ; - утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: наводнения, ураганы, пожары.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара на рабочем месте, электрическое поражение током человека.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Семёнов Ефим Дмитриевич		

ВВЕДЕНИЕ

Основной задачей данного раздела является выявление и анализ вредных и опасных факторов при исследовании и проектировании новой разработки и поиск средств защиты от них, создание оптимальных условий труда, анализ влияния на окружающую среду и профилактика ЧС.

Данный раздел включает в себя описание и влияние на человека опасных и вредных факторов при исследовании проекта на тему: «Исследование нагрузочной способности роторного узла модернизированного разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500».

Конструкция гидравлического ключа была разработана с использованием программного обеспечения SolidWorks, где была изготовлена 3D модель оборудования, которая впоследствии использовалась для проведения экспериментов в виртуальной среде.

Все работы выполнялись на персональном компьютере, а рабочая среда использовалась в проектно-конструкторском отделе ООО "Трибосс", Томская область, город Томск, улица Тимакова, 12, офис 220.

В разделе «Социальной ответственности» магистерской диссертации также были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места конструктора в соответствии с нормами производственной санитарии, безопасности и охраны окружающей среды. Организация рабочего места должна соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности.

Цель раздела: выявление возможных вредных и опасных факторов процесса разработки проекта, а также разработка мероприятий по предотвращению негативного воздействия на здоровье конструктора, создание условий труда, перечисление организационных и технических мер, предусмотренных для ЧС, а также изучение вопроса охраны окружающей среды.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001г. N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), политическое направление, опубликованное в этом документе и применяемое к этой работе, выглядит следующим образом [1]:

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Главными элементами рабочего места конструктора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление человека. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы конструктор мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения конструктора;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцерных принадлежностей);
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760 мм;
- высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420 – 550 мм. Поверхность сидения мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки регулируемый. Необходимо предусматривать при конструировании возможность различного размещения документов сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т. п. кроме того, в случаях, когда видеоматериал имеет низкое качество изображения, например, заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300 – 450 мм).

Положение экрана определяется расстоянием считывания (0,6...0,7м); углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя.

При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти – под углом $80^\circ \dots 100^\circ$;
- предплечья и кисти рук – в горизонтальном положении.

Если расстояние от глаз оператора, до экрана дисплея составляет 60...80 см, то высота знака должна быть не менее 3мм. Оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20%

их высоты, также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже.

6.2 Производственная безопасность

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием некоторых опасных и вредных факторов (ГОСТ 12.0.002-14 «ССБТ. Основные понятия. Термины и определения»), которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизиологические (ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация»).

На работающего за ЭВМ инженера-конструктора могут негативно действовать опасные и вредные производственные факторы, которые приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003 2015)	Этапы работ				Нормативные документы
	Разработ ка	Изготовл ение	Эксплуат ация		
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+		- Требования к микроклимату по ГОСТ 12.1.005-88 [2]; - Гигиенические требования к микроклимату
2.Превышение уровня шума		+	+		производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96 [3];
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+		- Требования к уровню шума на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [4];
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+		- Требования к освещению СП 52.13330.2016 [9];
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи,	+	+	+		Естественное и искусственное освещение СНиП 23-05-95*[5];

замыкание которой может произойти через тело человека				- Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля по ГОСТ 12.1.045-84 [6].
6.Психофизические факторы: умственное напряжение и эмоциональные перегрузки, утомление	+	+	+	
7.Электромагнитное излучение	+	+	+	

6.3 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

6.3.1 Микроклимат

Под микроклиматом помещений понимаются метрологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения. Температура кабинета должна соответствовать температуре, установленной в стандарте СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Следовательно, температура на рабочем месте в офисе в теплое время года должна быть 23-25 градуса по Цельсию при относительной влажности воздуха 60- 40%. При этом температура поверхностей – от 22 до 26С°, а скорость движения воздуха – до 0,1 м/с. В холодное время года в кабинете должно быть от 22 до 24 С° (влажность и скорость движения воздуха аналогичны). Оптимальная температура поверхностей 21-25С [7].

6.3.2 Уровень шума на рабочем месте

В основном вся работа конструктора происходит в окружающей среде внутри кабинета проектно-конструкторского отдела, следовательно должна соответствовать подчиняться санитарным нормам СН2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум

на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Уровень шума не должен превышать 60 дБА.

6.3.3 Освещенность на рабочем месте

Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель. Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

Длина $B=8$ м; ширина $A=10$ м; высота $H=3,5$ м; рабочая плоскость находится на уровне $d=1$ м; свес светильника – $m=0,5$ м; коэффициенты отражения потолка $a=50\%$, стен, $b=30\%$, пола, $c=10\%$; расстояние между светильниками – $h=H-d-m=5$ м.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 10 \cdot 8 = 80 \text{ м}^2 \quad (1)$$

Индекс помещения рассчитаем по формуле:

$$i = \frac{S}{(A + B) \cdot h} = \frac{80}{(10 + 8) \cdot 5} = 0,9 \quad (2)$$

По индексу помещения и коэффициентам отражения, находим коэффициент использования светового потока $\chi=36\%$. Количество принятых светильников $N=12$. Коэффициент минимальной освещенности принять за $z=1,1$. По СП 52.13330.2016 нормируемая освещенность составляет $E_H=750$ лк, коэффициент запаса $k_3=1,6$.

Вычислим световой поток для создания требуемого освещения:

$$\Phi_n = \frac{E_H \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{10 \cdot 0,36} = 29333,33 \text{ лм} \quad (3)$$

Световой поток для одного светильника равен:

$$\Phi_{л1} = \frac{\Phi_{л}}{N} = \frac{29333}{10} = 2933,33 \text{ лм} \quad (4)$$

Выберем люминесцентную лампу типа OSRAM Basic 765, G13, T8, 36Вт со значением светового потока 3350 лм в количестве 12 штук для обеспечения нормы освещения в кабинете. Схема расположения ламп приведена на рисунке 6.1.

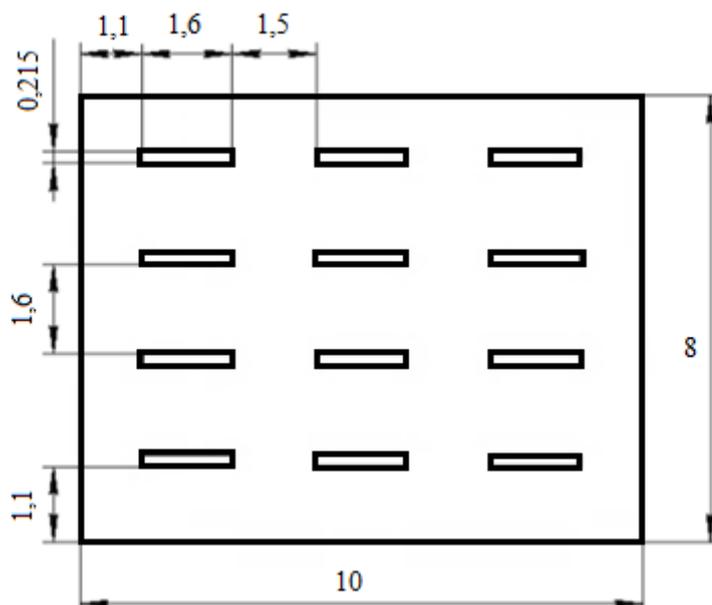


Рисунок 6.1 – Схема расположения ламп (размеры в м)

6.3.4 Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 50 В/м по электрической составляющей и 5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

Напряженность магнитного поля на расстоянии 10 см от экрана варьируется в диапазоне 0,4 – 1,8 А/м, с расстоянием эти показатели уменьшаются. Следовательно, сила магнитного поля кабинета падающего на конструктора, соответствует норме.

6.3.5 Психофизиологические факторы

Нервно-психические перегрузки являются следствием информационного взаимодействия в системе «пользователь – ПЭВМ». К основным нервно-психическим перегрузкам относятся повышенные зрительные напряжения; умственные и нервно-эмоциональные перегрузки; длительная концентрация внимания; монотонность труда (однообразие трудового процесса, повторяемость операций, отсутствие возможности переключения внимания или изменения вида работы). Поэтому, конструктор при работе на ЭВМ к концу рабочего дня возникают типичные ощущения: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания.

6.3.6 Электрический ток и короткое замыкание

Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А - безопасен (до 1000 В). Чтобы избежать проблем с коротким замыканием, проектировщик должен избегать таких вещей, как: подключение проводов в виде скручивания, не подключайте слишком много устройств к одной розетке и должен использовать электропредохранитель с соответствующей для потребления мощностью. Если предохранитель часто отключается, то возможно где-то есть неполадки в соединениях проводов, в этом случае надо вызвать специалиста.

6.3.7 Статическое электричество

Возникновение зарядов статического электричества происходит при относительном перемещении двух находящихся в контакте тел, кристаллизации, а также вследствие индукции. Допустимые уровни напряженности электростатических полей определяются стандартом ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Они зависят от времени пребывания на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ($E_{\text{пред}}$) равен 60 кВ/м в 1 ч. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется.

Применение средств защиты работающих обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах превышают 60 кВ/м.

6.4 Обоснование мероприятий по снижению воздействий показателей микроклимата

В помещения должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20м³ на человека – не менее 30м³ в час на человека; при объёме помещения более 40м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление.

6.4.1 Мероприятия по снижению уровня шума

Кабинет в проектно-конструкторском отделе находится на четвертом этаже здания, его окна направлены на улицу, что повышает уровень шума в окружающей среде. В сезоны, когда температура ниже, двери и окна всегда закрыты, поэтому тепло и акустическая изоляция идеальны. Проблемы могут возникнуть летом, как правило окна и двери открыты, это значительно повышает уровень шума в окружающей среде, вызывая дискомфорт у конструктора, поэтому рекомендуется устанавливать кондиционер в окружающей среде, чтобы температура была контролируема в это время года, без необходимости открывать двери и окна, что, следовательно, позволяет переносить внешний шум с улицы в рабочую среду.

6.4.2 Мероприятия по устранению недостаточной освещенности рабочей зоны

Для общего освещения лучше использовать потолочные или встроенные светильники с люминесцентными лампами. Источники света рекомендуются

нейтрально-белого или теплого белого цвета. Световой поток от газоразрядных ламп по спектральному составу близок к естественному освещению и поэтому более благоприятен для зрения.

6.4.3 Мероприятия по снижению уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия: согласно СанПиН 2.2.2.542-96 для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы при 8 часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы; дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

Для мониторов рекомендуется следующее дооснащение:

- защитный фильтр для экрана, ослабляющий переменное электрическое и электростатическое поля;
- для одиночных ПЭВМ или их однорядном расположений – специальное защитное покрытие на переднюю панель и боковые стенки.

6.4.4 Мероприятия по снижению психофизических показателей

Для уменьшения негативных последствий работы с ПЭВМ следует выбирать Рациональные режимы труда и отдыха, использовать защитные средства, осуществлять комплексные оздоровительно-профилактические мероприятия. Безопасные условия труда на ПЭВМ регламентируют СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Действие, которое было предпринято конструктором во избежание психофизиологических проблем, состояло в том, чтобы установить время отдыха 15 минут на каждый 1 час работы, встать с рабочей станции, прогуляться, выпить воды.

6.4.5 Мероприятия по снижению проблем с электрическим током

Для уменьшения опасности поражения электрическим током применяют ряд мер, основными из которых являются защитное заземление, заземление на нейтраль (зануление), применение пониженного напряжения, закрытие токоведущих частей и их ограждение, применение изолирующих средств— диэлектрических подставок, резиновых перчаток, бот, ковриков, защитных очков и др., сигнализация при случайном заземлении какой-либо точки электрической цепи. С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности. В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропроводки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть компьютеры, осветительные приборы, другие электроприборы, должны применяться защитные заземления (ГОСТ 12.1.030-81).

6.4.6 Мероприятия по снижению проблем со статическим электричеством

Заземление проводится независимо от использования других методов защиты. Более эффективным средством защиты является увеличение влажности воздуха до 65-75%, если позволяют условия технологического процесса. В качестве индивидуальных средств защиты могут применяться: антистатическая обувь, антистатический халат, заземляющие браслеты для защиты рук и другие средства, обеспечивающие электростатическое заземление тела человека.

6.5 Экологическая безопасность

6.5.1 Утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп

Отношения с отходами в офисе ограничиваются помещением их в мусорную корзину, а затем в ближайший мусорный бак, который обслуживает компания, занимающаяся вывозом мусора. А накопление отходов является

составной частью понятия «обращение с отходами». К офисным отходам относятся ртутные лампы и списанная техника. Для них также необходимо иметь специально оборудованное место для накопления в целях их дальнейшей передачи специализированной компании. Российское законодательство в сфере обращения с отходами - (Приказ Минприроды России от 01.09.2011 N 721).

6.5.2 Загрязнение гидросферы применением СОЖ

В процессе изготовления «Гидравлического ключа» остаются производственные отходы в виде обрезков и стружки, которые тщательно собираются и увозятся в пункт приема металлолома, где в дальнейшем переплавляются в прокат и поступают опять на производство. В результате изготовления детали по технологическому процессу, был выявлен источник загрязнения гидросферы – использованная смазочно–охлаждающая жидкость для обработки детали.

Сброс отработанных СОЖ в канализацию наносит вред окружающей среде и является расточительным. Утилизация отработанных СОЖ проводится путем разрушения эмульсии, разделения ее на компоненты и очистки последних.

Для изготовления данного механизма предлагается применять метод центрифугирования. В процессе центрифугирования при большой частоте вращения происходит разрушение коллоидной системы, в результате которого масло, имеющее меньшую плотность, чем вода, отделяется от дисперсионной среды. Таким образом, задача с утилизацией использованной смазочно-охлаждающей жидкости решена.

6.5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для рабочего места за ПК наиболее вероятной и типичной ЧС является пожар. Соответственно, защита в ЧС в данном случае может быть рассмотрена как защита от пожара. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности. Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать противопожарные меры:

- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;
- содержание электрооборудования в исправном состоянии, использование плавких предохранителей и автоматических выключателей в аппаратуре, по окончании работ все установки должны обесточиваться;
- наличие в помещении средств пожаротушения (огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;
- содержание путей и проходов эвакуации людей в свободном состоянии;
- проводить раз в год инструктаж по пожарной безопасности;
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения.

Процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, их числом и размером, план эвакуации на рабочем месте конструктора показан на рисунке 6.2. После эвакуации людей необходимо принять меры по пожаротушению.



Рисунок 6.2 – План эвакуации

Выводы по разделу

Чрезвычайно важно, чтобы инженер разработал системный взгляд на мир, чтобы признать, что он является агентом социальных преобразований. Таким образом, недостаточно знать эмпирические, технические и научные знания, нужно также знать, как применять эти знания этическим и человеческим образом, поэтому во всех проектах важно выработать социальную ответственность разрабатываемого проекта. Поэтому были рассмотрены важные вопросы, связанные с организационными законами, безопасностью труда, планировкой рабочей зоны.

Проанализировав эти факторы по отношению к рабочему месту, мы можем сделать вывод:

- требования к микроклимату в помещении и уровню шума на рабочем месте частично соблюдены;
- была предложена установка кондиционирования воздуха, поэтому окна и двери не нужно открывать летом, так как это значительно увеличивает количество внешнего шума в помещении, вызывая дискомфорт у работника.

В подразделе экологическая безопасность рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, был предложен конкретный способ утилизации смазочной охлаждающей жидкости для производства исследуемого объекта. Данный способ называется центрифугированный. Что касается канцелярских отходов, было рекомендовано разделить их в подходящем месте и по классам отходов, например, отделить бумагу от флуоресцентной лампы перед тем, как отправиться в компанию, ответственную за утилизацию.

В подразделе безопасность в чрезвычайных ситуациях приведены возможные ЧС на рабочем месте, а также методы их предотвращения. Было установлено, что основной возможной причиной аварии является возникновение пожара, были представлены методы его предотвращения, а также план эвакуации здания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующие модели развития оборудования включают в себя модернизации существующих устройств. Оптимизация параметров и проверка нагрузочных способностей устройств и узлов, при помощи программных продуктов, одна из актуальных тенденций.

В выпускной квалификационной работе произведено исследование нагрузочной способности роторного узла разрезного трубного гидравлического ключа FARR KT5500.

Анализ существующих гидравлических трубных ключей позволил выявить их особенности, технические характеристики. Рынок буровой техники наполнен различными гидроключами мировых производителей, что позволяет сделать вывод, что их модернизация и новые решения интересны многим фирмам (и странам) производителям. Проведенный прочностной расчет кинематической цепочки гидроключа выявил на полученных картинах распределения напряжений по всем зубчатым колесам, что напряжения находятся в пределах нормы. Так же по анализам параметров расчетов даны рекомендации по изготовлению шестерней. Разработана трехмерная модель, и на основе прототипа произведена модернизация узлов. Были выполнены трёхмерные модели всех узлов, выполнен сборочный чертеж и спецификация к нему. Приведенный математический расчет показал, что система гидроключа является устойчивой, и выявили собственные частоты системы.

Выполненная модификация трубного гидравлического ключа FARR KT5500 приводит к оптимизации скорости проведения буровых работ, уменьшению времени технического обслуживания, увеличению диапазона типоразмера труб.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ключ буровой АКБ –3М2 и АКБ 3М2.Э2. Руководство по эксплуатации. Ижевск: ОАО «Ижнетемаш», 2004.
2. Ключ буровой КБГ-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.neftemash.ru/products/18/174/index.htm> – (Дата обращения: 17.01.2021г.).
3. Гидравлические ключи Eckel. Каталог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.coralina.ru/files/neftegaz/Eckel-Product-Catalog-Russian-2018.pdf> – (Дата обращения: 17.01.2021г.).
4. Буровой робот. Руководство по эксплуатации ST 80 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://drillzone.ru/uploads/files/1293332784e92e6208ec83.pdf> – (Дата обращения: 17.01.2021 г.).
5. Поиск поставщиков и клиентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://b2bimporter.com/search> – (Дата обращения: 17.01.2021г.).
6. Малиновский, А. И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ БУРОВЫХ КЛЮЧЕЙ // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2014. — Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2014/directions.html>, свободный. – (Дата обращения: 17.01.2021г.).
7. Паспорт трубного гидравлического ключа FARR KT5500
8. Tong-Manual. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.northwellrentals.com/wp-content/uploads/2016/07/Universe-5.5-Open-Face-Power-Tong-Manual.pdf>– (Дата обращения: 17.01.2021г.).

9. Интернет магазин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eworldtrade.com/pd/ew722135194819/api-k-zq-drill/192555> – (Дата обращения: 17.01.2021г.).
10. Сайт производителя Prospering International [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/a/prosperinginternational.com/prospering-international/hydraulic-power-tong192555> – (Дата обращения: 17.01.2021г.).
11. ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.
12. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с Изменением N 1).
13. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. СанПиН 2.2.8.49-03 Средства индивидуальной защиты кожных покровов персонала опасных производств.
15. ГОСТ Р 58367-2019 Обустройство месторождений нефти на суше. Технологическое проектирование.
16. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Modernization of the design of the FARR KT5500 split pipe hydraulic tong

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Семёнов Ефим Дмитриевич		

Консультант школы отделения (НОЦ) (ШБИП ОИЯ) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Миронова Вероника Евгеньевна	к. ф. н.		

1 ANALYTICAL REVIEW

1.1 Analysis of existing types of drill hydraulic tongs

Automatic drilling tongs are devices designed for mechanization and automation of make-up - unscrewing of pipes during tripping operations.

Existing tongs are available in pneumatic and hydraulic types. Some drilling tongs and their characteristics are presented in table 1. [6]

Table 1 - Comparison of Russian and foreign automatic drilling tongs

Parameters	Drill key type			
	AKB-4	KBG-2	10 ¾ Eckel	ST-80 Varco
Nominal diameter of the captured pipes, mm:	108-216	48-508	101.6-254	88.9-219.9
Maximum torque, kN • m	72.5	65.0	27	110.4
Rotational speed of the pipe clamping device, rpm	1.5-22	0-80	22-108	0-90
Drive power, kW	13.0	22.0	29	53
type of drive	Pneumatic	Hydraulic		
Pressure, MPa, no	-	32.0	17.2	17.24

more: in the hydraulic system in the pneumatic system	0.7-0.9	-	-	-
Overall dimensions , mm: wrench assembled with positioning mechanism	1730x1020x270 0	2065x1050x330 0	1447,8x215 9	2184x1524xx165 1
control panel	790x430x1320	570x690x1650	Data is not published	
control station (power plant)	-	1670x1150x130 0	Data is not published	
Assembled key weight	3300.0	4650.0	533	3110
Torque control				

1.1.1 Key AKB-4



Figure 1 - External view of the battery-4

An additional two-speed planetary gearbox was installed, which allows developing a higher torque ($70 \text{ kN} \cdot \text{m}$ against 30 for AKB3M2). Torque control and automatic stop are improved when the set value is reached, as well as a new, more efficient braking system. At the same time, the weight of the key (3300 kg in the assembled state) and overall dimensions (1950x1230x2610 mm versus 1730x1013x2380 for the AKB-3M2) have significantly increased. - KBG-2 - automatic drilling tong with hydraulic drive type. The key consists of a rotator, a locking key, a positioning mechanism, a control panel, a power plant and communications. The key design feature is the upper and lower pipe clamping devices of the closed type. The key is centered relative to the borehole, i.e. the string of pipes always passes through the pipe clamping devices and moves vertically depending on the position of the lock, and can be turned around to build the string. The rotator contains a closed pipe clamping device with levers on which the jaws are installed. The torque is transmitted from the hydraulic motor through the gearbox to the gear in which the levers are mounted. A torque transducer is installed on the shank of the locking key, which is at the same time the base of the rotator. [1]

1.1.2 Key KBG-2



Figure 2 - External view of KBG-2.

It has a significantly wider range of gripping pipes (48-508 mm in different configurations) compared to a battery, a torque of $65 \text{ kN} \cdot \text{m}$, a rotational speed of 80 rpm, but a very significant weight - 4650 kg. The power plant consists of a hydraulic motor, an axial piston pump and a hydraulic tank with a capacity of 280 liters. The KBG-2 wrench, due to the hydraulic drive and design features, has great prospects for further development with the creation of a new standard size range of hydraulic drilling tongs with the creation of new standard sizes with a division by pipe types. [2]

1.1.3 Key 10 ¾ Eckel



Figure 3 - 10 ¾ Eckel

Lightweight, fast and extremely robust, the Eckel Model 10¾ Standard is always in demand where rig floor space is at a premium. For pipes ranging from 4 "to 10", it provides 20,000 ft-lb of torque.

Tri-Grip® Backup is the industry standard for securely screwing on and out of pipe connections, which are available as an option with Eckel wrenches. The use of two hydraulic cylinders and a three-head mechanism ensures slip-free operation. The support is suspended at an adjustable level under the power wrench using three suspension legs and allows the support to remain stationary while the power wrench moves vertically to compensate for the thread run of the connection. Tri-Grip® uses two swivel heads and one fixed head. [3]

1.1.4 Key ST-80 Varco



Figure 4 – ST-80 Varco

The ST-80 Automated Hydraulic Drill Tong is designed for make-up and break-out of drill and casing pipes with outer diameters from 2 7/8 "to 8 5/8". It is also capable of attaching and releasing stabilizers, coiled strings, and other BHA components with adequate lengths of joints. This equipment can also be used as a stop device and support of the entire drill string on weight during emergency repairs.

This drilling wrench with a closed pipe gripping mechanism can be used in two versions: as a stopping bottom wrench that holds the pipe collar when screwing it in and out, and as an upper rotator. In both cases, the design and function of the clamping mechanisms are identical.

1.1.5 Key 01F05C 5-1 / 2 "



Figure 5 – 01F05C 5-1 / 2 "

Universe 5-1 / 2 Power Tong is used on drilling rigs for screwing in and out of tubing or casing. The wrench can be used in other specialized applications where tubular threaded connections are required, products that also need to be "tightened" or "unscrewed".

This device is designed and manufactured to be durable and reliable. The device will provide years of trouble-free operation.

Maximum Torque at High Gear: 539 kg-m.

Maximum Torque at Low Gear: 2,074 kg-m.

[<http://www.northwellrentals.com/wp-content/uploads/2016/07/Universe-5.5-Open-Face-Power-Tong-Manual.pdf>]

1.1.6 API Key 7K ZQ203-100



Figure 6 – 7K ZQ203-100

API 7K ZQ203-100 Drill pipe hydraulic power tong

ZQ Series Drill pipe power tongs are the ideal handling tools for oil drilling, which are widely applied to make up and break out pipes for offshore drilling and land drilling and workover operation. This type of drill power tongs are characterized by safety, laborsaving operation and high efficiency. They are designed and manufactured according to API Spec 7k. [<https://www.eworldtrade.com/pd/ew722135194819/api-k-zq-drill/192555/>]

Maximum Torque at High Gear: 40 rpn.

Maximum Torque at Low Gear: 2.7 rpm.

1.1.7 Hydraulic power tong XQB89/8XY



Figure 7 – XQB89/8XY

XQB89/8XY hydraulic power tong is a kind of close-mouth power tong for workover operations. It is assembled by close-mouth main tong and close-mouth back-up tong. The drift diameter of the main and back-up tongs is $\Phi 127$ mm and the low gear torque rating is 8 kN·m.

Technical Parameters

Size Range 60, 73, 89, 23/8" 27/8"31/2"

Maximum Torque at High Gear: 8 kNm.

Maximum Torque at Low Gear: 2 kNm.

Analysis of the characteristics of the given drill tongs showed that for each type of pipe size there are tongs that are most suitable for the moment of fastening. Hydraulic drill tongs are presented on the market by a wide range of different manufacturers with a large selection of parameters and functional features.

1.2 Analysis of the advantages and disadvantages of hydraulic tongs

At present, drilling rigs use tongs of various types designed for make-up of drill and casing pipes, while the operations for fastening or unfastening threaded connections are performed either manually using sets of manual tongs and pneumatic breakers, or with tongs equipped with multi-stage drives for setting rotation speeds and torque moments.

The most common wrenches for making up or unscrewing drill pipes are open-mouth battery types of automatic drilling tong equipped with pneumatic drives for rotating the upper pipe and stopping the lower pipe.

The disadvantages of these tongs include:

- limited ability to use pipes by diameter;
- limited ability to transmit torque to pipes when making up or unscrewing.

Tongs equipped with a hydraulic drive have advantages over other types of drives, in terms of having significant power, speed, positional accuracy of actuators, compactness, low weight, high reliability and branching of the drive [6]. The hydraulic drive also has disadvantages that limit its use. For example, viscosity stability with temperature changes is achieved by using synthetic working fluids.

The disadvantages of the general plan of hydraulic pipe tongs can also be attributed to sector specific - standard sizes, little efficiency of manual mechanisms.

1.3 Market analysis of hydraulic power drill manufacturers

Russia equips about 90% of drilling rigs with stationary and suspended automatic drilling tongs from Izhtyazhmash. Foreign companies are used to a lesser extent, such as "Rinko-Alliance" (China), "EckelManufacturingCo, Inc." and NationalOilWellVarco (USA) and others. [6]

There are also firms from other manufacturers on the market, the data are summarized in Table 2. [5]

Table 2 - Market analysis of hydraulic power drill manufacturers

Producing country	Company name	equipment identification (one is indicated as an example from a wide list)
Italy	-	Hercules K1
Russia	BurTechResur	GKSh-300, GKSh1200MT
USA	NationalOilWellVarco	ST-80
China	Teda	Hydraulic Tong ZQ203-100, Xq89 / 3yc Hydraulic Power Tong
USA	EckelManufacturingCo, Inc	Hydra- shift 2 2/3
Canada	Farr	KT-5500
China	Jiangsu Rushi Machinery Co., Ltd.	ZQ203-125II, ZQ203-100 (II)
Canada	"Universe Machine Corporation"	01F05C 5-1 / 2 "
Great Britain	"underwater engineering services ltd"	-

USA	Superior Manufacturing & Hydraulics (A Division of McCoy Corporation)	"CLINCHER", model CLE8625DP-06 8-5 / 8 "
USA	Hytorc inc	3MXT
USA	WN APACHE CORPORATION	Apache TorkChief 90-70
USA	Varco	10008682

The massive entry into the market of Chinese tongs led to a decrease in the use of Russian counterparts, due to their high cost. The share of equipment on Russian-made drilling rigs falls every year, nevertheless, the creation of competitive equipment with high performance indicators is an urgent task.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Модернизированный трубный ключ FARR KT5500. Сборочный чертеж

Гидравлическая схема ключа FARR5500

1 - Узел насосный (Ремонт DVAS-AM80 W2500 TO 3000 DVG35 HMRV CAS2RBDGE)
 2 - Узел клапана гидравлического клапана давления (Ремонт DVAS-AM11)
 3 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-AM8 4 WAY SAE PORTS)
 4 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-DAL SAE PORT)
 5 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 6 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 7 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 8 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 9 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 10 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 11 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 12 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 13 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 14 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 15 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 16 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 17 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 18 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)

Кинематическая схема ключа FARR 5500

1 - Узел насосный (Ремонт DVAS-AM80 W2500 TO 3000 DVG35 HMRV CAS2RBDGE)
 2 - Узел клапана гидравлического клапана давления (Ремонт DVAS-AM11)
 3 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-AM8 4 WAY SAE PORTS)
 4 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-DAL SAE PORT)
 5 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 6 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 7 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 8 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 9 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 10 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 11 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 12 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 13 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 14 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 15 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 16 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 17 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)
 18 - Узел клапана с распределителем (Ремонт DVAS-3000 SAE PORT)

Технические характеристики:

Таблица нагрузочных возможностей гидравлического клапана**			
Давление (PSI/MPa)	Высота (дюйм/мм)	Высота (дюйм/мм)	Высота (дюйм/мм)
1500/10.3	100	100	100
1800/12.4	100	100	100
2100/14.5	100	100	100
2400/16.6	100	100	100
2700/18.7	100	100	100

Таблица нагрузочных возможностей гидравлического клапана**			
Давление (PSI/MPa)	Высота (дюйм/мм)	Высота (дюйм/мм)	Высота (дюйм/мм)
1500/10.3	100	100	100
1800/12.4	100	100	100
2100/14.5	100	100	100
2400/16.6	100	100	100
2700/18.7	100	100	100

Масса гидравлической системы:

Параметры	Система гидравлическая	Система гидравлическая
Длина (при закрытой двери)	82"	103"
Ширина	24"	32"
Высота	24"	32"
Вес	270 lbs	330 lbs

Обслуживание и гидравлическая система:

№	Объем	Объем	Объем
1	50 л (13.2 гал)	50 л (13.2 гал)	50 л (13.2 гал)
2	2500 psi (17.2 MPa)	2500 psi (17.2 MPa)	2500 psi (17.2 MPa)

Примечания: Максимальный момент достигается только на одной стороне при полной нагрузке.

1. *Размеры для справки.
 2. L14, L16, L17, L18.
 3. L19 - размеры при открытой двери. Закрытая дверь.
 4. L20 в соединении гидравлической системы не доступны.
 5. Обслуживание и ремонт. Техническое обслуживание см. инструкцию по эксплуатации FARR 5500.

№	Объем	Объем	Объем
1	50 л (13.2 гал)	50 л (13.2 гал)	50 л (13.2 гал)
2	2500 psi (17.2 MPa)	2500 psi (17.2 MPa)	2500 psi (17.2 MPa)

КФ 5500.00.00.00 СБ

Ключ FARR
Сборочный чертеж

130562-13

ООО "Транс-Сервис"