

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое

обеспечение машиностроительных производств

Кафедра Технологии машиностроения и промышленной робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Вильнин А.Д.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ51	Мухин Дмитрий Сергеевич

Тема работы:

Мехатронное устройство «Автономный источник гидравлической энергии»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2015
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	1. Принципиальная схема установки 2. Создаваемое установкой давление 150 (атм) 3. Объём рабочей жидкости 2 (л) 4. Габариты не более 500x500x1000 (мм) 5. Масса до 25 кг
--	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Разработка технического задания на проектирование и изготовление конструкции автономного мехатронного источника гидравлической энергии. 2. Аналитический обзор конструкций современных гидравлических установок. 3. Разработка принципиально-кинематической схемы установки для подачи гидравлической энергии в гидроустройства. 4. Проектирование стенда для испытания виброзащитной обуви. 5. Исследование принципа работы составных элементов по отдельности и вместе
Перечень графического материала	1. Чертеж общий (СБ) – 1 л. (А1) 2. Спецификация – 2 л. (А4)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Пустовойтова Марина Игоревна
Экономическая часть	Спицын Владислав Владимирович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор литературы	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.09.2015
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дерюшева Валентина Николаевна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ51	Мухин Дмитрий Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8NM51	Мухин Дмитрий Сергеевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	ТМСПР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско – технологическое обеспечение машиностроительных производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость ресурсов принять как среднюю по г.Томску, заработную плату принять по окладу ТПУ
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные организации принять 27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований
2. Планирование научно-исследовательских работ, структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Структура работ в рамках научного исследования. Определение трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения научного исследования. Расчет материальных затрат НТИ. Основная заработная плата. Дополнительная заработная плата. Отчисления во внебюджетные фонды. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8NM51	Мухин Дмитрий Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ51	Мухин Дмитрий Сергеевич

Институт	Институт Кибернетики	Кафедра	ТМСИР
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Динамика автономного мехатронного источника гидравлической энергии
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	1.1. Анализ выявленных вредных факторов: 1.1.1. уровень вибрации; 1.1.2. шум; 1.1.3. микроклимат; 1.1.4. значение напряжения в электрической цепи, замыкание; 1.1.5. уровень статического электричества; 1.1.6. уровень электромагнитных излучений; 1.1.7. освещённость рабочей зоны 1.1.8. монотонность трудового процесса; 1.1.9. нервно-эмоциональные перегрузки. 1.2. Анализ выявленных вредных факторов: 1.2.1. движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	В разделе приведен анализ воздействия на литосферу и гидросферу объекта исследования и его жизненного цикла (рассмотрен процесс утилизации и переработки СОЖ и металлической стружки).

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Представлены рекомендации в условиях ЧС, которые наиболее вероятны при использовании и исследовании устройства(Обвал здания и пожар).
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Организация рабочего места должна удовлетворять требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Специальные правовые нормы должны соответствовать трудовому кодексу РФ.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова Марина Игоревна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ51	Мухин Дмитрий Сергеевич		

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое

обеспечение машиностроительных производств

Кафедра Технологии машиностроения и промышленной робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы

Мехатронное устройство «Автономный источник гидравлической энергии»

УДК 621.865.8.. 621.22.. 620.91

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ51	Мухин Дмитрий Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пустовойтова М.И.	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Вильнин А.Д.			

Томск – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по ООП

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять глубокие естественно-научные, математические и инженерные знания для создания нового технологического оборудования и его эксплуатации.	Требования ФГОС ВО (ПК-19, 20), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р2	Применять глубокие знания в области современных методов проектирования и технологий машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием технологических машин и их эксплуатацией, с использованием производственных испытаний, системного анализа, моделирования объектов и процессов машиностроения	Требования ФГОС ВО (ПК-16, ОК-2, 3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р4	Разрабатывать и проектировать новое оборудование и технологические машины и использовать новое оборудование, и инструменты для производства изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5, 23, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования при	Требования ФГОС ВО (ПК-21, 24, ОК-4, 6), Критерий 5

	создании современных высокоэффективных машин, технологий производства изделий, материалов, nano технологий.	АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ПК-1, 2, 4, 14, 15, 25), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО (ПК-7, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС ВО (ПК-6, 17, 18, ОК-10), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ОК-7), Критерий 5 АИОР

	аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития	(пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 5), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 104 с., 28 рис., 26 табл., 9 источников, 1 прил.

Ключевые слова: автономный, мехатронный , источник, гидравлика, энергия ,
разработка, конструкция, исследование,

Объектом исследования является (ются) Мехатронное устройство «Автономный источник гидравлической энергии»

Цель работы – исследование принципа работы гидравлических элементов и влияние одних элементов на работу других

В процессе исследования проводились проектирование конструкции и расчёт параметров установки, а также построены математические модели элементов и выявлены закономерности изменения принципов работы одних элементов под влиянием других

В результате исследования была разработана и спроектирована конструкция устройства для подачи гидравлической энергии на гидравлические приборы, а также проанализированы законы работы некоторых элементов устройства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: рабочий объём жидкости, рабочее давление, масса, габаритные размеры

Степень внедрения: установка никуда не внедрена

Область применения: гидравлика

Экономическая эффективность/значимость работы была доказана в разделе ресурсоэффективности. Значимость работы обусловлены повышением уровня охраны труда. Экономическая эффективность обусловлена низкой себестоимостью установки, при исполнении требуемых условий эксплуатации.

В будущем планируется подтверждение полученных исследовательских данных

Нормативные ссылки

В ВКР использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 14.204-73 «ЕСТПП. Правила обеспечения технологичности конструкции деталей»;
2. ГОСТ 12.1.012–90 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования»;
3. ГОСТ 12.1.003–83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»;
4. ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»;
5. ГОСТ 12.1.007–76 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности»;
6. СанПиН 2.2.4.1294-03 «Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений»;
7. ГОСТ 12.1.038–82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»;
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «ССБТ. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ. Общие требования и номенклатура видов защиты»;
9. ГОСТ 12.1.045–84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»;
10. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»;
11. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;
12. ГОСТ Р 51337-99 «Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установления предельных величин горячих поверхностей»;
13. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

Определения

В ВКР применяют следующие термины:

Насос – машина для создания потока жидкой среды;

Объёмный насос - насос, в котором жидкая среда перемещается путем периодического изменения объема занимаемой ею камеры, попеременно сообщаемой со входом и выходом насоса;

Вращательный насос - объёмный насос с вращательным движением ведущего звена насоса;

Однорядный насос - объёмный насос, у которого оси рабочих органов расположены в одной плоскости;

Многопоточный насос - Насос, у которого жидкая среда подается через несколько отводов;

Объёмная подача насоса - Отношение объема подаваемой жидкой среды ко времени;

Рабочий объём насоса - разность наибольшего и наименьшего значений замкнутого объема за оборот или двойной ход рабочего органа насоса;

Гидравлический привод - совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение машин и механизмов посредством гидравлической энергии;

Мехатроника – это область науки и техники, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами;

Математическая модель - математическое представление реальности, один из вариантов модели, как системы, исследование которой позволяет получать информацию о некоторой другой системе.

Обозначения и сокращения

В настоящем отчете применяют следующие обозначения и сокращения:

ПТК – промежуточные тела качения;

Шаровый насос – насос шарового типа, поршень которого выполнен в виде полусферы;

Оглавление

Введение	16
Литературный обзор	18
Объект и методы исследования	25
1. Расчеты и аналитика	27
1.1. Расчётная часть	27
1.2. Обоснование выбора комплектующих	31
2. Исследовательская часть	35
2.1. Исследование динамики насоса шарового типа	35
2.2. Исследование динамики волнового редуктора с промежуточными звеньями	43
2.3. Исследование влияния волнового редуктора с промежуточными звеньями на динамику насоса шарового типа	51
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
3.1. Общие сведения о научном исследовании	54
3.2. Предпроектный анализ	55
3.2.1. Потенциальные потребители результатов исследования	55
3.2.2. Анализ конкурентных технических решений	57
3.2.3. SWOT-анализ	58
3.3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	61
3.4. Планирование научно-исследовательских работ	62
3.4.1. Структура работ в рамках научного исследования	62
3.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ	62
3.4.3. Разработка графика проведения научного исследования	63
3.4.4. Расчет материальных затрат НТИ	66
3.4.5. Основная заработная плата исполнителей	66
3.4.6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы	69
3.4.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	69
3.4.8. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	70
3.4.9. Накладные расходы	71
3.4.10. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	72
3.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	73
3.6. Вывод	76
4. Социальная ответственность	77
4.1. Профессиональная социальная безопасность	78
4.2. Экологическая безопасность	86

4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	90
4.5. Вывод.....	93
Заключение	94
Список литературы	95

Введение

В настоящее время, широкое распространение нашли гидросистемы, за счёт своих достоинств (высокая удельная мощность, высокое быстродействие, просто обеспечивается возможность бесступенчатого регулирования и т.д.).

Однако данные системы имеют и свои недостатки. Большим недостатком, влияющим на область применения данных устройств, является то, что они имеют большие массово-габаритные характеристики, из-за чего чаще всего они имеют стационарный вид.

Тем не менее, потребность в мощностях ни уменьшается, ведь они способны значительно снизить времязатратность различных операций. В наши дни, особо остро стоит проблема экономии времени, ведь чем быстрее выполнится операция, тем больше человек получит выгоды, тем быстрее приступит к выполнению другой операции. В частности, ускорение процессов может привести к ускорению спасательных операций, что повышает вероятность спасения чьих-либо жизней.

Актуальность темы магистерской работы связана с потребностью получения большого количества энергии в рамках повседневной жизни и, что не менее важно, в рамках чрезвычайной ситуации.

В данном вопросе существуют следующие противоречия:

- между актуальностью и серьёзностью проблемы, и недостаточным развитием в её решении.

Объект: динамические параметры гидравлического источника энергии.

Предмет: автономный мехатронный источник гидроэнергии.

Цель: разработка, проектирование и исследование автономного мехатронного источника гидравлической энергии.

Задачи:

1. Проанализировать существующие источники гидравлической энергии, выявить их достоинства и недостатки;
2. Разработать конструкцию установки;

3. Исследовать изменение характеристик элементов источника энергии, а также влияние одних элементов на другие.

Для решения поставленной задачи используются следующие методы:

- анализ (существующих источников гидроэнергии);
- сравнение и аналогия (с существующими источниками гидроэнергии)(разработанную конструкцию сравниваем с существующими аналогами);
- создание и анализ математической модели компонентов источника гидроэнергии и всего устройства в целом;
- конструирование и создание 3D модели на базе мат. модели.

Научная новизна магистерской работы состоит в исследовании динамических характеристик элементов установки, выявление закономерностей изменения этих характеристик под влиянием других элементов.

Практическая новизна:

1. Разработанная установка способна выпускать огромное количество гидравлической энергии за короткий промежуток времени, может использоваться в различных условиях (сгибание и разрезание труб при работе ЖКХ), в том числе и во время чрезвычайных ситуаций (выбивание гидромолотом дверей при пожарах; разрезание дверей/крыш транспортных средств для эвакуации людей, например, при обвалах в метро и т.д.).

Литературный обзор

В настоящее время во многих отраслях промышленности применяются гидравлические механизмы и установки. В качестве источников гидравлической энергии зачастую используют насосные станции. Эти машины используются в горнорудной, угольной и пищевой промышленности, энергетике, строительстве, машиностроении, транспортной индустрии, сельском хозяйстве, черной и цветной металлургии и т. д.

В зависимости от предназначения и условий эксплуатации, конструкции источников гидравлической энергии изменяются, однако существует ряд проблем, которыми обладают множество источников. Эти недостатки существенно снижают функциональные возможности систем, следовательно, и области применения данных агрегатов.

Одним из наиболее серьёзных недостатков является пониженная надёжность системы, которая как известно, является одним из основных свойств любой системы. Подобная проблема может являться следствием потери давления в системе и др.

Т.к. в выпускной квалификационной работе исследуются динамика насоса и редуктора, а также влияние наличие редуктора на насос, также следует рассматривать патенты с уклоном на системы двигатель-редуктор-насос.

Возможным решением недостатка надёжности системы может являться насос-редуктор, представленный в патенте US 7070402 B2. Схема модуля насоса с редуктором представлена на рисунке 1.

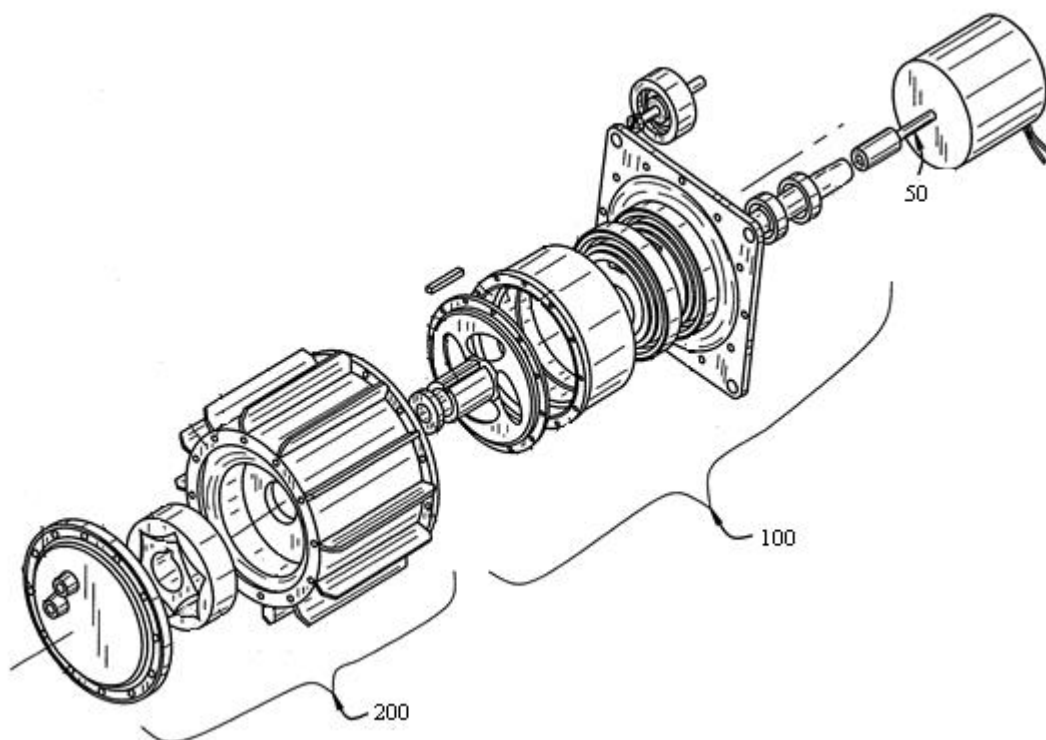


Рисунок 1. Интегрированные редуктор и насос: 50 – мотор; 100 – скоростной редуктор; 200 – героторный насос

Разработка включает в себя двигатель, редуктор и героторный насос, как показано на рисунке 1. Двигатель обеспечивает крутящий момент при высокой скорости вращения. Героторный насос использует крутящий момент на пониженной скорости, обеспечиваемой редуктором, для перекачки жидкостей.

Для обеспечения необходимого уровня мощности привода насоса, электродвигатель должен работать на повышенных скоростях, обеспечивая минимальный размер мотора. Поэтому, часто требуется наличие редуктора, соединяющий насос и электродвигатель, действующий как множитель крутящего момента. К сожалению, добавление редуктора требует дополнительного пространства. Для этого необходимо интегрировать редуктор скорости с масляным насосом.

В данном патенте насос и редуктор расположены в одном корпусе схема представлена на рисунке 2.

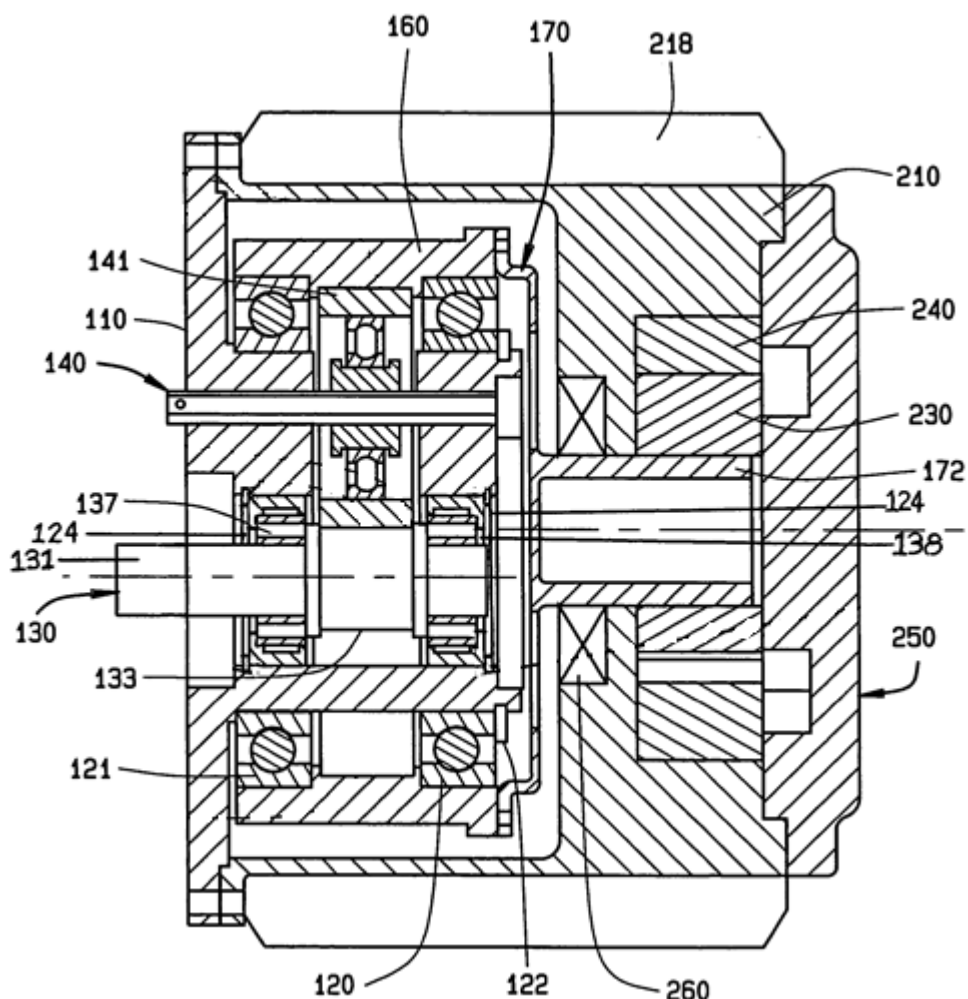


Рисунок 2. Интегрированный редуктор и насос: 110 – несущий элемент; 120,121 – шариковый подшипник; 122, 124 – стопорное кольцо; 130 –солнце; 131 – ролик солнца; 137,138 – роликовый подшипник; 140 –сателлит; 141 –ролик сателлита; 160 – внешнее кольцо; 170 –эпицикл; 172 – вал насоса; 210 – корпус; 218 – ребро; 230 – ротор; 240 –зубчатый кольцевой венец; 250 –крышка; 260 – уплотнение двунаправленного действия

Планетарный редуктор и героторный насос устанавливаются в корпус 210, обладающий рёбрами 218, для эффективного внешнего теплоотвода. Элементы редуктора устанавливаются в несущем элементе 110. Солнце редуктора 130 состоящее из ролика 131, подшипников 137 и 138, стопорных колец 122 и 124, передаёт вращение от двигателя на сателлит 140, ролик 141 которого приводит в движение внешнее кольцо 160, связанного с эпициклом 170, за счёт чего и происходит увеличение крутящего момента и снижение скорости вращения. Вал 172 на эпицикле приводит в движение ротор 230, установленный

в зубчатом кольцевом венце 240. Крышка 250 закрывает насос. Герметичность системы обеспечивается уплотнением 260[1].

Достоинствами данного изобретения является компактность, за счёт интегрирования редуктора и насоса, а также наличие электродвигателя, что способно обеспечивать контроль и управление работы системы. К тому же можно судить о надёжности установки.

Недостатками могут являться сложность конструкции, о чём свидетельствует наличие редуктора, а также сложность изготовления элементов.

Решением проблемы с поддержанием давления в системе представлено в патенте РФ № 2094657, который описывает изобретение, относящееся к электрогидравлическим системам регулирования и применяемое в системах, обеспечивающих регулирование потока перекачиваемой жидкости [2]. Схема данного изобретения представлена на рисунке 3.

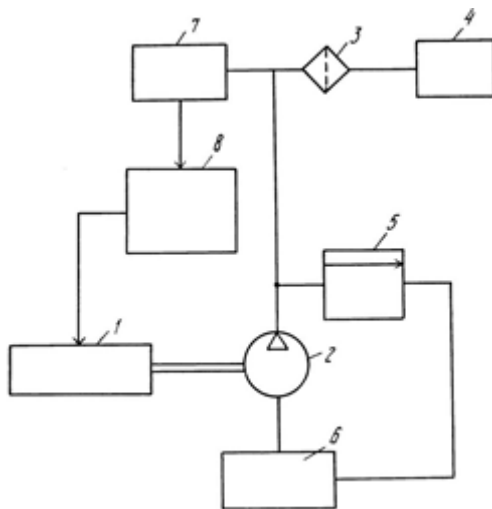


Рисунок 3. Схема гидростанции: 1 – электродвигатель; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – бак очищенной продукции; 5 – предохранительный клапан; 6 – бак с неочищенной продукцией; 7 – датчик давления; 8 – частотный преобразователь

Работа установки, схема которой представлена на рисунке 3 осуществляется следующим образом. После подключения электродвигателя 1 на преобразователе частоты 8 устанавливается необходимая скорость вращения насоса 2, перекачивающего из бака неочищенной продукции 6 жидкость через фильтр 3 в бак очищенной 4. При изменении давления на выходе насоса 2,

вследствие увеличения нагрузки на него или при загрязнении фильтра 4, электрический сигнал снимаемый датчиком 7, поступает на преобразователь частоты, который устанавливает требуемую частоту вращения двигателя, обеспечивающую стабильность расхода перекачиваемой жидкости.

В данном случае поставленная проблема решается через датчик давления и частотный преобразователь, обеспечивая, высокую стабильность расхода жидкости и повышает надёжность системы. И в целом, простота конструкции обеспечивает снижение потерь в системе.

Недостатками данной системы могут являться то, что не обеспечивается контроль других параметров помимо давления. Проблемой подобных систем является изменение структуры используемой жидкости, т.е. разжижение или загустевание, при изменении температуры. А как известно, функциональность гидросистемы зависят от параметров жидкости. Этот недостаток в значительной мере ограничивает области применения подобных систем.

Данная проблема решается в патенте РФ № 2207244. В нём представлена конструкция гидравлической насосной станции, которая относится общему машиностроению, в частности к автономным источникам энергии [3]. Схема установки представлена на рисунке 4.

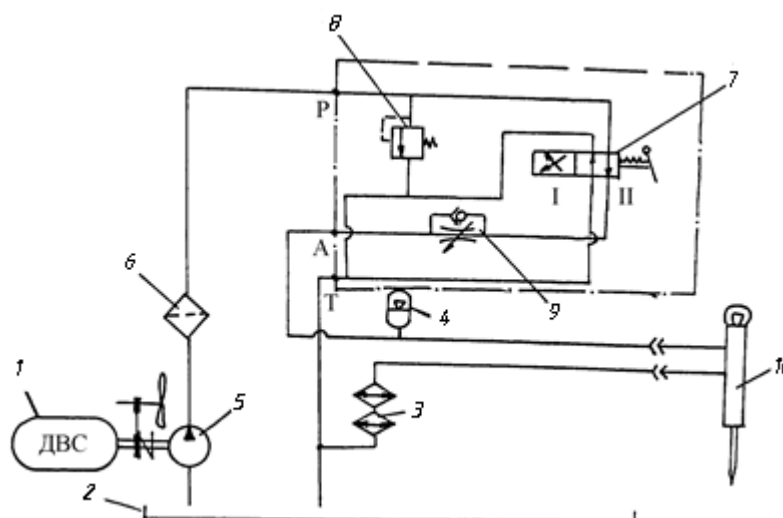


Рисунок 4. Схема гидравлической насосной станции: 1 – силовая установка; 2 – бак; 3 – блок воздушных теплообменников; 4 –

гидроаккумулятор; 5 – гидронасос; 6 – напорный фильтр; 7 – золотниковый распределитель; 8 – предохранительный клапан; 9 – дроссель; 10 – инструмент

Изобретение относится к общему машиностроению, в частности к автономным источникам энергии. Гидравлическая насосная станция содержит силовую установку, насосный узел и соединенные с ним бак для рабочей жидкости и гидравлическую аппаратуру.

Рабочая жидкость из бака 4, под давлением, создаваемым насосом 5, поступает в напорный фильтр 6, а затем в гидроблок с золотниковым распределителем 7, предохранительным клапаном 8 и дросселем 9.

При положении золотникового распределителя "I" он пропускает рабочую жидкость по малому контуру в гидравлический бак.

При положении золотникового распределителя "II" рабочая жидкость под давлением поступает для привода ручного гидрофицированного инструмента.

В напорной линии установлен гидравлический аккумулятор 4, который обеспечивает сглаживание пульсации рабочего давления и тем самым обеспечивает надежность станции.

Рабочая жидкость после прохождения инструмента 10 по сливной магистрали через блок теплообменников 3 поступает в бак 2 для гидравлической жидкости.

Решение поставленной проблемы достигается за счёт последовательного соединения теплообменников на сливной магистрали, а не на всасывающей.

Также положительными особенностями системы, помимо устойчивого теплового баланса, можно считать: повышенные надёжность и ресурс; и меньшие массово-габаритные показатели по сравнению с аналогами.

Данные достоинства обеспечиваются применением гидроаккумулятора, и расположением бака с рабочей жидкостью над насосом, что позволяет исключить кавитацию в насосе.

Недостатками данной системы можно считать: относительную сложность что приводит к дополнительным потерям, отсутствие системы контроля и регулирования.

Вывод

Используя решения, принятые в рассмотренных патентах, можно оптимизировать конструкцию автономного мехатронного источника гидравлической энергии, а также избежать недостатков, которые они исправляли. Благодаря усовершенствованиям рассмотренных установок, были выведены следующие элементы, позволяющие упростить конструкцию и улучшить параметры источника:

- Выполнение интегрированного редуктора с насосом повышает надёжность системы;
- Введение электронного преобразователя частоты в совокупности с автоматическим контуром регулирования позволит повысить надёжность и стабильность системы;
- Необходимо поддерживать оптимальный температурный режим, для обеспечения постоянства свойств жидкости при помощи термодатчиков;
- Использование аккумулятора приведёт к повышению надёжности системы.

Объект и методы исследования

Гидравлическая схема механизма представлена на рисунке 7. В состав механизма входит электродвигатель 1, который через редуктор 2 при помощи гидронасоса 3 перекачивает рабочую жидкость из бака 4 в гидроаккумулятор 5. Через распределитель 6, из аккумулятора жидкость подаётся в гидравлический инструмент 10. Оработанная жидкость через распределитель возвращается в бак. Контроль за параметрами систему осуществляется датчиками давления 7, температуры 8, и автоматической системой управления 9.

Схема установки, представлена на рисунке 5

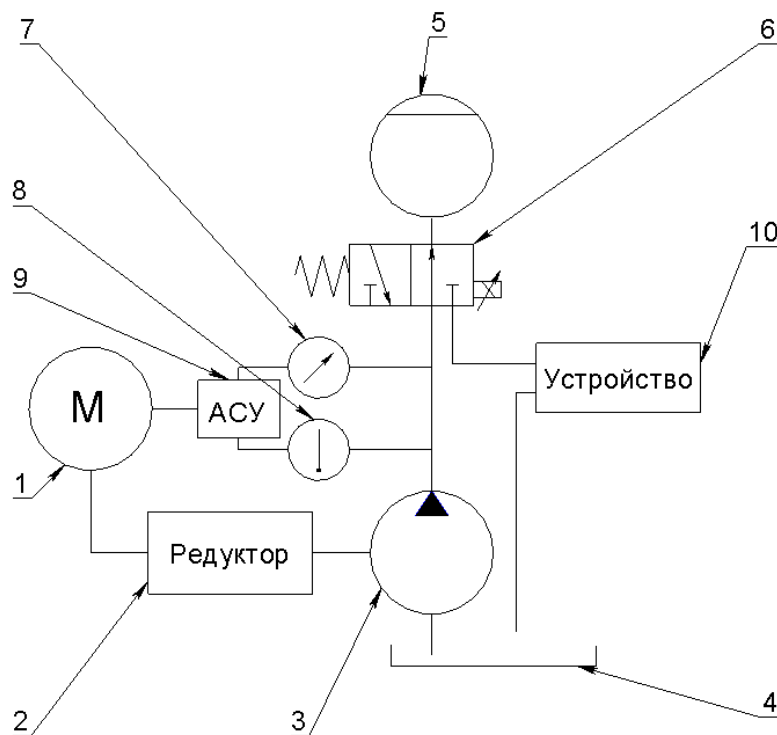


Рисунок 5. Гидравлическая схема разрабатываемой установки: 1- двигатель, 2 – волновой редуктор с промежуточными звеньями, 3 – гидронасос шарового типа, 4 – бак, 5 – гидроаккумулятор, 6 – гидрораспределитель, 7 – датчик давления, 8 – датчик температуры, 9 – автоматизированная система управления, 10 – инструмент, использующий энергию установки

На основе гидравлической схемы разработана модель для исследования динамики насоса и редуктора, рисунок 6.

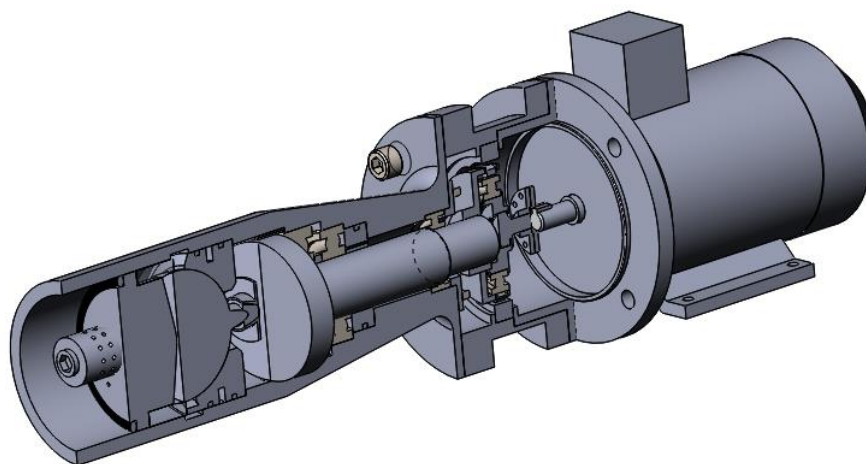


Рисунок 6. Модель исследуемого механизма

Механизм включает в себя электродвигатель, соединённый с редуктором при помощи жёсткой муфты, и гидронасоса шарового типа.

Метод исследования узла – математическое моделирование, которое заключается в исследовании объекта, при котором непосредственно изучается не интересующий объект, а вспомогательная система (модель), находящаяся в объективном соответствии с объектом, способная замещать его в определенных отношениях и дающая при её исследовании, в конечном счете, информацию о самом моделируемом объекте.

Также была разработана непосредственно сама установка, представленная на рисунке 7.

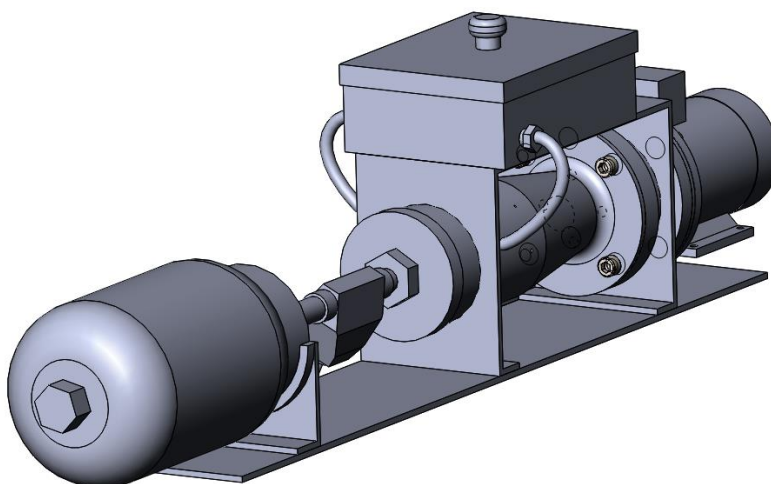


Рисунок 7. Модель исследуемого устройства

1. Расчёты и аналитика

1.1. Расчётная часть

Определим частоту вращения вала гидронасоса. Её можно найти из формулы передаточного отношения редуктора.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_2}{M_1} \quad (1)$$

Где,

n_1 – частота вращения ведущего звена;

n_2 – частота вращения ведомого звена;

M_1 – момент вращения ведущего звена;

M_2 – момент вращения ведомого звена.

В качестве редуктора был выбран одноступенчатый волновой редуктор компании Simaso, в которых передаточное число равно числу роликов, передаточное число таких редукторов равно $i = 9.60$. Предварительно выберем $i = 9$.

Исходя из требований по массе и габаритам, был предварительно выбран электродвигатель АИР 56, других требований к электродвигателю установлено не было.

Частота вращения данного электродвигателя $n = 3000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$. Момент ведущего вала найдём по формуле

$$M_{\text{ведущ.вал}} = 9,55 \cdot \frac{P}{n} \quad (2)$$

Где,

P – мощность двигателя, Вт.

P АИР56 равен $P = 0,18$ (кВт).

$$M_{\text{ведущ.вал}} = 9,55 \cdot \frac{0,18 \cdot 1000}{3000} = 0,573 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Исходя из чего можно определить частоту вращения вала.

$$n_{\text{вал. нас.}} = n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{3000}{9} = 125 \left(\frac{\text{об}}{\text{мин}} \right)$$

$$M_{\text{вал. нас.}} = M_2 = i \cdot M_1 = 9 \cdot 0,573 = 5,157 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

По ТЗ, подача жидкости в насосе должна быть не менее $Q = 1(\frac{\text{л}}{\text{мин}})$, т.к. в гидронасосе имеется 2 штока, а следовательно, каждый шток должен качать не менее $Q_{\text{пол}} = 0,5(\frac{\text{л}}{\text{мин}})$.

По полученным данным рассчитаем минимальный объём рабочей полости гидронасоса.

$$W_{\text{раб.пол.}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{n_{\text{вал. нас.}}} = \frac{0,5(\frac{\text{л}}{\text{мин}})}{125(\frac{\text{об}}{\text{мин}})} = 0,004(\text{л}) = 4000(\text{мм}^3)$$

Рабочий объём для данного типа насосов рассчитывается по формуле

$$W_0 = \frac{\alpha}{360} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \quad (3)$$

Где, α – угол сектора рабочей зоны;

R – радиус поршня.

Для построенной модели:

$$W_0 = \frac{24}{360} \cdot \frac{4}{3} \cdot 3,14 \cdot 35^3 = 11966,889(\text{мм}^3)$$

Исходя из полученного значения, видно, что оно почти в 3 раза больше минимального объёма. Исходя из требуемого времени работы $t = 5$ мин, можно судить о том, что полость заполниться в 3 раза быстрее $t = 1,66$ мин.

Шток совершает полный подъём за пол оборота поршня, т.е. за 0,24 с, максимальное перемещение штока должно быть 2мм, соответственно, линейная скорость штока равна $v = 8,3(\frac{\text{мм}}{\text{с}})$.

Изменение давления найдём через изменение объёма, который равен рабочему объёму. Давление без усилия учитывается 1 атм.

Объём внутренней полости штока $W_{\text{шт}} = 3484,64(\text{мм}^3)$, общий объём $W_{\text{общ}} = 15451,53$.

Следовательно, можно судить о сжатии в 4,4 раза.

Рассчитаем расход жидкости при прохождении в штоке:

$$Q = \frac{W_0}{t} = \frac{11966,889}{0,24} = 49862,0375(\frac{\text{мм}^3}{\text{с}})$$

Полученное значение округлим до целых, т.к. доли несоизмеримо малы с целым числом.

По ТЗ создаваемое давление должно быть не менее 6 Мпа, для того чтобы шток мог двигаться. Выразим изменение давления из формулы:

$$Q = \mu \cdot f_{шт} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} \quad (4)$$

Где, n – количество отверстий в штоке;

μ – коэффициент расхода жидкости;

$f_{шт}$ – площадь отверстия в штоке.

$$p = \frac{\rho}{2} \cdot \left(\frac{Q}{\mu \cdot f_{шт}} \right)^2 \quad (5)$$

Площадь в штоке найден из модели $f_{шт} = 50,24(\text{мм}^2)$;

Плотность рабочей жидкости примем равным $\rho = 865(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3})$;

Коэффициент расхода жидкости найдём из рисунка 8

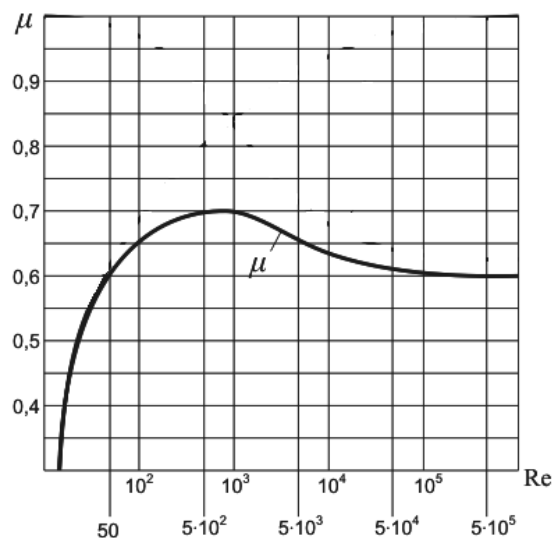


Рисунок 8. Зависимость коэффициента расхода от числа Рейнольдса.

Т.к. полость имеет круглое сечение, число Рейнольдса найдём по формуле:

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad (6)$$

Где,

D – Диаметр полости;

ν – кинематический коэффициент вязкости, который равен $\nu = 11,3$ (сст) $= 11,3 \cdot 10^{-6} \left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}}\right)$.

$$Re = \frac{8,3 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{11,3 \cdot 10^{-6}} = 5876,1$$

Исходя из полученного значения выберем $\mu = 0.64$.

Подставим полученные значения и получим:

$$p = \frac{865 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)}{2} \cdot \left(\frac{49862,0375 \cdot 10^{-9} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{с}}\right)}{0,64 \cdot 50 \cdot 10^{-6} (\text{м}^2)} \right)^2 = 1030,08 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2}\right) = 1,03 (\text{Па})$$

Полученное число удовлетворяет ТЗ.

Выбор муфты

В конструкции необходимо предусмотреть установку муфты, соединяющую вал асинхронного электродвигателя с валом редуктора.

В ходе проектирования была выбрана жёсткая втулочная муфта.

Параметры втулки [4]:

D – Внешний диаметр; $D = 1,5 \dots 1,6 d$

Где, d – диаметр вала.

$$D = 1,6 \cdot 11 = 17,6 \approx 18 (\text{мм})$$

L – длина муфты;

$$L = 2,5 \dots 4 d = 2,5 \cdot 11 = 27,5 \approx 30 (\text{мм})$$

Выберем муфту согласно ГОСТ 24246-96, исполнение 3.

$d=11$ мм; $D = 18$, $L=40$; Номинальный крутящий момент $M = 22,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Расчётный момент приходящийся на муфту

$$M_{\text{расч}} = k \cdot M_{\text{н}} \quad (7)$$

Где, k – коэффициент динамичности, для машин равный с небольшими разгоняемыми массами и небольшой переменной нагрузкой $1,0 - 1,5$;

$M_{\text{н}}$ – номинальный момент, равный $M_{\text{ведущ.вал}} = 0,573 (\text{н} \cdot \text{м})$

$$M_{\text{расч}} = 1,5 \cdot 0,573 = 0,8595 \text{ (н} \cdot \text{м)}$$

Полученное значение гораздо меньше установленного ГОСТ, следовательно, подобранная муфта выдержит передаваемые нагрузки.

1.2. Обоснование выбора комплектующих

В соответствии с предложенной гидравлической схемой, с учётом выбранных и рассчитанных двигателя, насоса и редуктора, требуется подобрать датчики давления и температуры, частотный преобразователь, гидрораспределитель и аккумулятор.

Т.к. максимальное рабочее давление, предполагаемое в гидросети равно 150 атм, был выбран датчик давления АИР-20/М2-Н представленный на рисунке 9



Рисунок 9. Датчик давления АИР-20/М2

Таблица 1

Технические характеристики датчика давления АИР-20/М2

Верхние пределы измерений	абсолютное давление	1,0 кПа...16 МПа
	избыточное давление	0,16 кПа...100 МПа
	давление-разрежение	0,4 кПа...100 кПа
	избыточное давление-разрежение	±0,3 кПа...(-0,1...+2,4) МПа
	дифференциальное давление	0,063 кПа...16 МПа
	гидростатическое давление	1,6 кПа...250 кПа

	гидростатическое давление	1 кПа...250 кПа
Глубина перенастройки диапазонов		60:1
Выходной сигнал		4...20 мА/HART; 0...5/4...20 мА одновременно
Конфигурирование		3-кнопочная клавиатура, HART- протокол
Погрешность		$\pm 0,075\%$; $\pm 0,1\%$; $\pm 0,2\%$, $\pm 0,5\%$
Климатические исполнения		C2 ($-40...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-55...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$), C3 ($-10...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-10...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-25...+60\text{ }^{\circ}\text{C}$)
Пылевлагозащита		IP65, IP54

Предполагаемый рабочий объем системы 2литра, как было указано ранее рабочее давление 150 атм, с учётом данных требований предложен вариант TGL 10843 2.5/160 представленный на рисунке 10



Рисунок 10. Внешний вид гидроаккумулятора Orsta TGL 10843 2.5/160

Выбранный аккумулятор имеет малые габаритные размеры, и технические характеристики, соответствующие требованиям, давление 160 атм,

объем 2.5 литра. Габариты 152*152*260 и масса 6 кг.

Т.к. особых требований к датчику температуры не было составлено, был выбран датчик MBT 3270 084Z2012, внешний вид которого представлен на рисунке 11



Рисунок 11. Датчик температуры MBT 3270 084Z2012

Данный датчик имеет диапазон измеряемой температуры от -50 до 150 °C и имеет малые массово габаритные характеристики.

Частотный преобразователь выбран DELTA VFD002EL21A показан на рисунке 12



Рисунок 12. Внешний вид DELTA VFD002EL21A

*Технические характеристики частотного преобразователя DELTA
VFD002EL21A*

Мощность	0.2 КВт
Номинальное напряжение	1x200/220V
Режим управления	V/f (скалярное, вольт-частотное)
Перегрузка	150% 60сек
Аналоговые входы	1
Дискретные входы	6
Аналоговые выходы	1
Дискретные выходы	1
ПИД-регулятор	Да
Импульсный вход (задание частотой)	Нет
Тормозной модуль	Нет
Встроенный контроллер (PLC)	Нет
Интерфейс	RS-485
Степень защиты IP	20
Рабочая температура, С	-10 — 50

К выбранным и спроектированным комплектующим , выбирается соответствующее компоненты, распределитель, трубы, фиттинги и т.д. А также производится бак для рабочей жидкости.

2. Исследовательская часть

2.1. Исследование динамики насоса шарового типа

Исследована математическая модель шарового гидронасоса, выявлены закономерности изменения динамических параметров модели и предложены рекомендации для применения данного типа гидронасоса и контроля исследованных параметров.

Главным отличием шарового гидравлического насоса, является исполнение поршня в виде полусферы, в связи с чем, он имеет в два раза больший рабочий объём, чем другие типы гидронасосов тех же массово-габаритных характеристик.

Несмотря на данное преимущество, этот тип гидронасоса, в настоящее время, слабо изучен, поэтому необходимо выявить различные закономерностей процессов для определения функционального применения данного типа насосов и определении оптимальных режимов работы.

Главным отличием шарового гидравлического насоса, является исполнение поршня в виде полусферы, в связи с чем, он имеет в два раза больший рабочий объём, чем другие типы гидронасосов тех же массово-габаритных характеристик.

Рабочая зона гидронасоса представлена на рисунке 13.

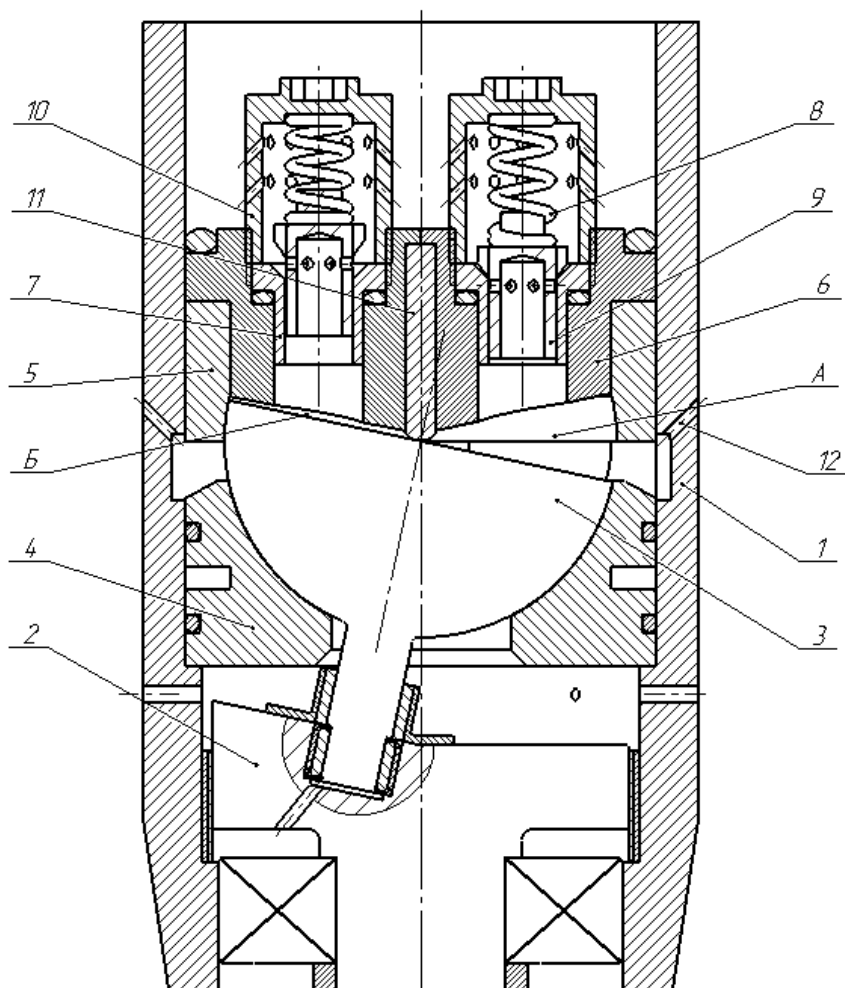


Рисунок 13. Рабочая зона шарового гидронасоса: 1 – корпус, 2 – вал, 3 – поршень, 4 – нижняя опора, 5 – верхняя опора, 6 – полуконус, 7 – втулка, 8 – пружина, 9 – шток, 10 – фильтр, 11 – разделительная пластина, 12 – всасывающие каналы, А – рабочая полость при открытом положении вала, Б – рабочая полость при закрытом положении вала.

Как показано на рисунке 13, гидронасос состоит из корпуса 1, установленного в нём вала 2, в котором жёстко закреплён поршень шарового типа 3, нижней опоры 4 и верхней 5, в верхней опоре располагаются два полуконуса 6, в каждом полуконусе установлена втулка 7, в которую помещаются пружина 8 и шток обратного клапана 9, и устанавливается фильтр 10, между полуконусами устанавливается сегментная разделительная пластина 11.

Насос работает следующим образом. Рабочая жидкость подаётся через правый боковой всасывающие каналы 12, корпуса 1, в рабочую полость штока А, образованную сегментной разделительной пластиной 11, полуконусом 6, поршнем шарового типа 3, нижней опорой 4 и верхней 5. Под действием привода вращается вал 2, при этом, установленный в нём жёстко поршень 3 в виде полусферы начинает обкатывать нижнюю опору 4, верхнюю опору 5 и разделительную пластину 9, которая имеет линейный контакт с поршнем и разделяет рабочую зону на две части. Движение поршня нагнетает давление в рабочей полости А, и под давлением начинает двигаться шток обратного клапана 9, установленного во втулку 7, также во втулке установлена пружина 8, которая возвращает шток в исходное состояние после выпуска жидкости. Через отверстия в штоке, рабочая жидкость попадает в фильтр, проходя через который движется в гидросеть. Во время нагнетания давления в полости А, открывается вторая рабочая полость Б и, как и полость А. Далее по движению поршня давление создаётся в полости Б и рабочий цикл повторяется. Таким образом осуществляется непрерывная подача рабочей жидкости.

На шток действует давление системы, мешающий ему подниматься, с другой стороны идёт воздействие жидкости при изменении объёма рабочей полости, шток начинает движение только при условии, что воздействие рабочей жидкости больше давления в гидросистеме. При движении открываются каналы в штоке, через которые рабочая жидкость попадает в фильтр, это обуславливает изменение усилия в штоке за счёт расхода жидкости, также появляются силы противодействия, такие как сила трения и сила упругости пружины. К тому же, т.к. предполагается не идеальная жидкость, в математической модели следует учитывать наличие примесных газов в рабочей жидкости, т.е. сила сжатия газа, действующая при поднятии штока [5].

Движение штока гидронасоса описывается уравнением:

$$\Delta \bar{F} = \bar{F}_Q + \bar{F}_l + \bar{F}_f + \bar{F}_c + \bar{F}_r \quad (8)$$

Где,

ΔF – разница усилий, создаваемых рабочей жидкостью в штоке и давлением в системе;

F_Q – изменение усилия в штоке, вызываемое расходом жидкости;

F_i – сила инерции;

F_f – сила трения, между стенками штока и втулки;

F_c – сила сжатия газа в рабочей жидкости, которая действует только при открытии штока;

F_r – сила упругости пружины.

Структурная схема математической модели выглядит как показано на рисунке 14.

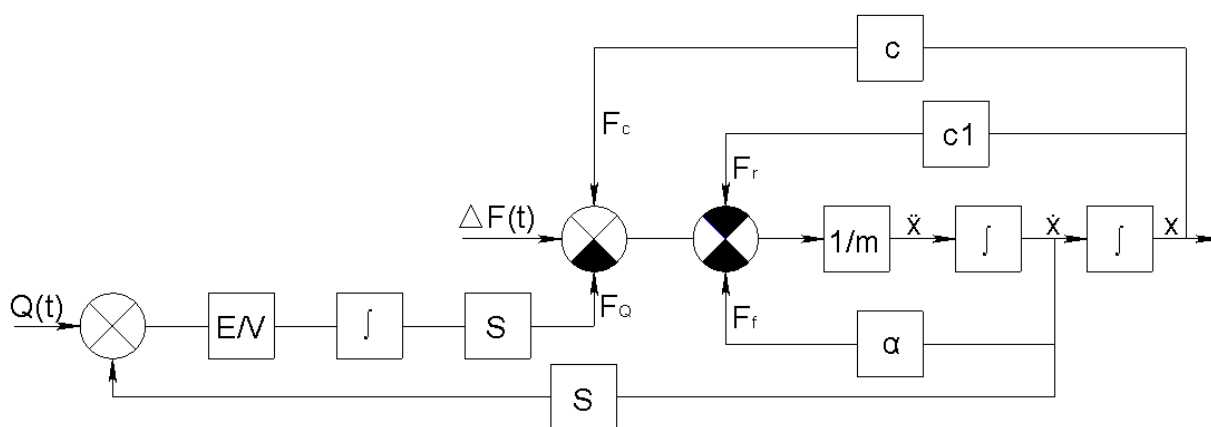


Рисунок 14. Структурная схема математической модели движения штока гидронасоса шарового типа.

При условии, что усилие в штоке больше усилия со стороны гидросистемы, шток начинает открываться, и возбуждающим воздействием будет разница этих двух сил, как показано на рисунке 2, $\Delta F(t)$. При движении открывается канал в штоке, через который рабочая жидкость попадает в фильтр, т.е. появляется расход жидкости, который уменьшает усилие рабочей жидкости для выталкивания штока F_Q . Учитывая наличие примесных газов в рабочей жидкости, вводится усилие сжатия газа F_c , данная сила увеличивает усилие в штоке [6]. Препятствует движению штока сила трения со стенками втулки F_f и сила сжатия пружины F_r . На рисунке 2, E – приведённый объёмный модуль упругости рабочей жидкости; V – объём сжимаемой рабочей жидкости; S –

площадь поперечного сечения штока; m – масса штока; α – коэффициент трения штока о стенки втулки; c – коэффициент сжатия примесного газа в рабочей жидкости; c_1 – коэффициент жёсткости пружины.

Известно, что изменения усилия в штоке за счёт расхода определяется по формуле [7, стр. 9]:

$$F_Q = S_s \int \frac{E}{V} (Q + v \cdot S_s) \quad (9)$$

Где,

S_s – площадь штока;

E – приведённый объёмный модуль упругости рабочей жидкости;

V – объём сжимаемой рабочей жидкости;

Q – расход жидкости;

v – скорость рабочей жидкости.

Для шарового насоса, V рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{\alpha}{360} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 \quad (10)$$

Где, α – угол сектора рабочей зоны;

R – радиус поршня.

Расход жидкости находится по формуле [8, стр. 8]:

$$Q = n \cdot \mu \cdot f_{др} \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} \quad (11)$$

Где, n – количество отверстий в штоке;

μ – коэффициент расхода жидкости;

$f_{др}$ – площадь отверстия в штоке;

Δp – разница давлений, в штоке и в системе.

Зная, что из-за постоянного движения, площадь поперечного сечения отверстия в штоке равна:

$$f_{др} = \frac{\pi d^2}{4} \sin(wt) \quad (12)$$

Где, d – диаметр отверстия .

Сила трения рассчитывается по формуле:

$$F_f = \alpha_1 \cdot v \quad (13)$$

Где, α_1 – коэффициент трения, между штоком и втулкой.

С учётом того, что между втулкой и штоком предполагается небольшой зазор, порядка 0,02 (мм), коэффициент трения будет рассчитываться как при трении между слоями жидкости. Тогда, коэффициент трения будет рассчитываться:

$$\alpha_1 = \rho \cdot v \cdot \frac{S_{\text{конт}}}{\delta} \quad (14)$$

Где, ρ – коэффициент упругости газа в рабочей жидкости;

v – коэффициент упругости пружины;

$S_{\text{конт}}$ – площадь контакта поверхности штока и втулки;

δ – величина зазора между трущимися поверхностями.

Подставляя значения и определив направление сил, получим

$$\Delta F = S_s \int \frac{E}{V} (n \cdot \mu \cdot \frac{\pi d^2}{4} \sin(wt) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho}} \cdot \sqrt{\Delta p} + v \cdot S_s) dt + m \cdot a + \rho \cdot v \cdot \frac{S_{\text{конт}}}{\delta} \cdot v + c \cdot x - c_1 \cdot x \quad (15)$$

Где, c – коэффициент упругости газа в рабочей жидкости;

c_1 – коэффициент упругости пружины.

Реализация математической модели представлено в графическом виде, показана на рисунке 15.

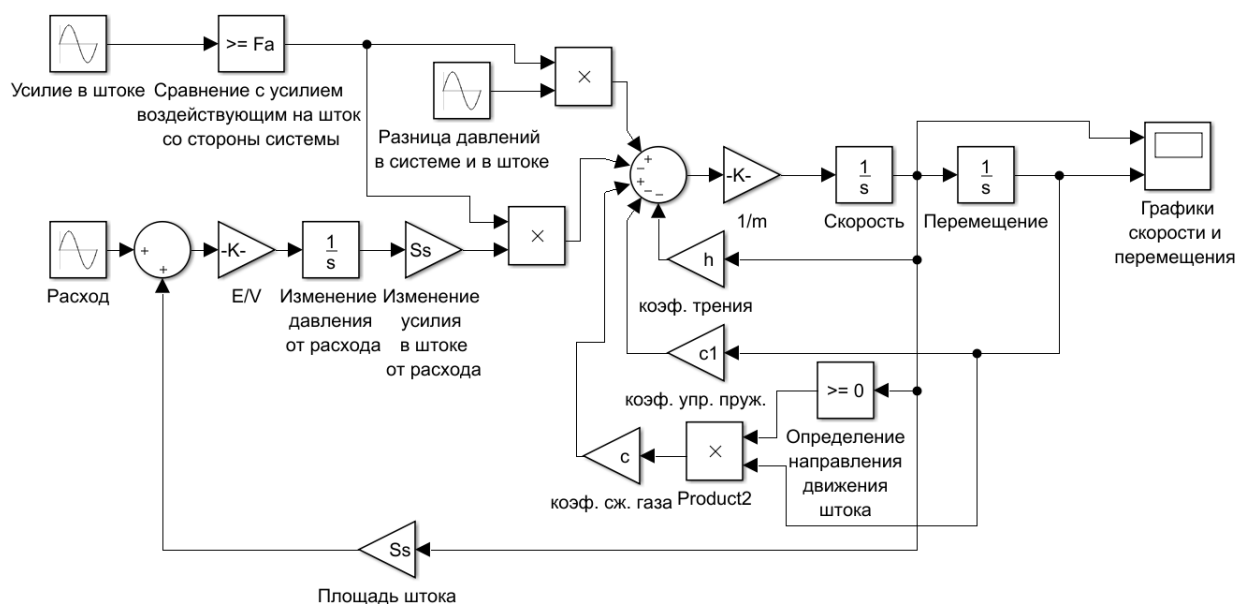


Рисунок 15. Реализация математической модели движения штока гидронасоса шарового типа в Matlab Simulink

Из рисунка 9 видно, усилие штока задаётся синусоидальным воздействием, что обусловлено формой поршня, данное усилие сравнивается с усилием на шток со стороны системы, при неудовлетворении условия, шток остаётся закрытым, в случае удовлетворения, воздействие рассчитывается разницей усилия рабочей жидкости и системы, в то же время появляется и увеличивается расход жидкости, который также имеет синусоидальное воздействие, обуславливаемое формулой 6. Также особенностью можно выделить воздействие сжатия газа в рабочей жидкости, условием при котором оно учитывается считается сравнение скорости с нулём, это обуславливается принципом работы данной силы только на открытии, за счёт сжатия рабочей жидкости, при закрытии считается что вся рабочая жидкости вышла, соответственно данная сила перестает действовать.

Результаты заданной в программе математической модели представлены на рисунке 16.

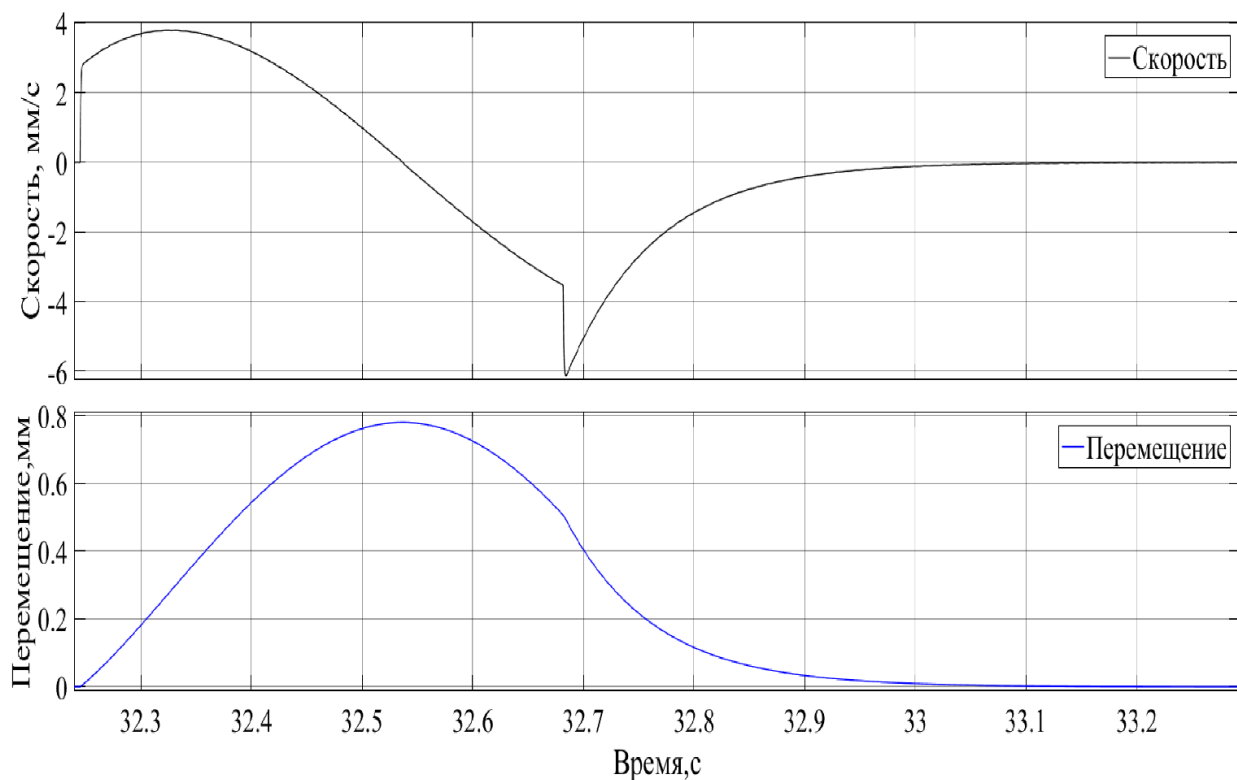


Рисунок 16. Перемещение и скорость штока за один период

По полученным данным можно сделать выводы: как показано на рисунке 10, шток совершает возврат в исходное положение, что говорит о достаточной жёсткости пружины для подставляемой амплитуды воздействия, а также об относительно низкой частоте движения, при чрезмерной, шток будет не успевать возвращаться. Наблюдается перегиб, в промежутке 32.6 и 32.7, что свидетельствует об изменении закона перемещения штока. Также можно судить о достаточно простой форме графика, и плавности как поднятия, так и опускания штока, без каких-либо скачков и ударов.

Можно отметить что на рисунке 16, видно, что график скорости имеет более сложную форму, также наблюдается резкий скачок скорости, в промежутке 32.6 и 32.7, также изменяя закон изменения скорости.

Подводя итог, следует отметить, что конструкция насоса шарового типа, обеспечивает плавность работы механизма, наличие двух рабочих полостей, увеличивает его производительность в два раза, а пружина обеспечивает возврат штока в исходное положение. Увеличение жёсткости пружины, позволяет увеличить частоту колебаний. Также конструкция обеспечивает стабильность

работы в сложных условиях, таких как, работа на глубине, что позволяет использовать его в нефтедобывающей промышленности.

По полученной модели видно, короткий промежуток времени шток неподвижен, это говорит о том, что подобранные параметры не оптимальны и остаётся небольшой запас времени, чтобы оптимизировать работу привода рекомендуется увеличить частоту сигнала, т.е. увеличить частоту вращения вала, а соответственно и привода.

2.2. Исследование динамики волнового редуктора с промежуточными звеньями

В разработке используется волновой редуктор с промежуточными звеньями роликового типа. Подобный редуктор обладает высокими ресурсными и силовыми характеристиками

Высокоэффективные силовые передаточные механизмы на базе волновой передачи с промежуточными звеньями обладают качественно новыми ресурсными и силовыми характеристиками, превосходящими известные аналоги.

Преимуществами волнового редуктора с промежуточными звеньями являются:

- Малые габариты (в 1,5 – 4 раза меньше зубчатых аналогов);
- Высокое передаточное отношение ступени (от 9 до 60);
- Высокий ресурс работы;
- Плавность и бесшумность работы;
- Большие перегрузочные резервы, высокая жёсткость и стойкость к ударным нагрузкам.

Также важным фактором является то, что валы входного и выходного звена находятся на одной оси, что уменьшает габариты проектируемой установки.

Схема редуктора представлена на рисунках 11 и 12:

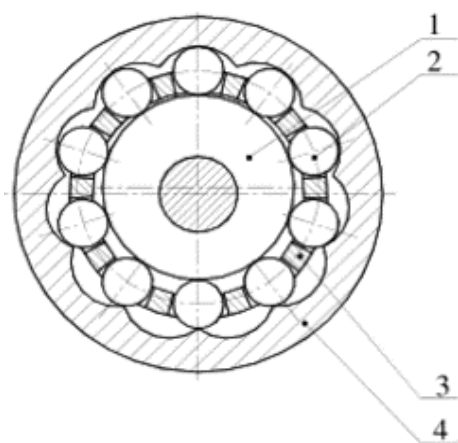


Рисунок 17. Упрощенное поперечное сечение волновой передачи с промежуточными телами качения: 1 – эксцентриковый генератор волн, 2 – промежуточные тела качения, 3 – сепаратор, 4- венец

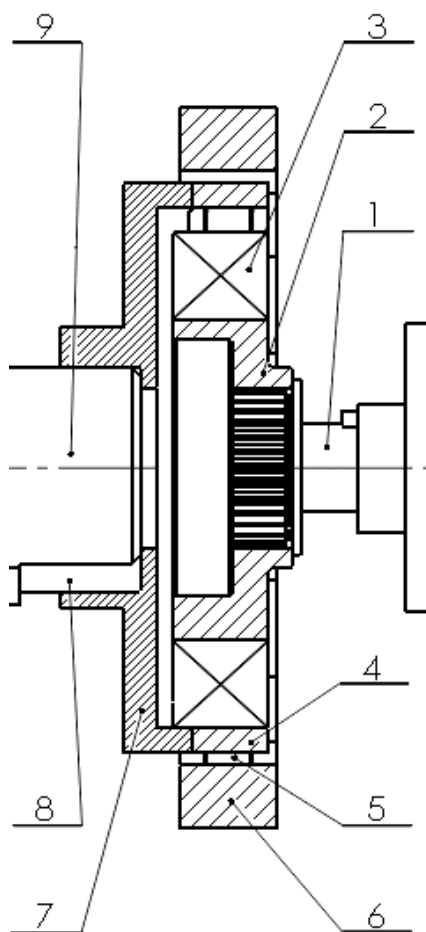


Рисунок 18. Продольное сечение волновой передачи с промежуточными телами качения: 1 – ведущий вал, 2 – эксцентриковый генератор волн, 3 – подшипник

качения, 4 – сепаратор, 5- ролик, 6 – венец, 7 – подшипник, 8 – шпонка, 9 – ведомый вал

Как показано на рисунке 18, основными элементами волнового передачи с промежуточными телами качения являются, ведущий вал 1, на котором установлен эксцентриковый генератор волн 2. На генераторе волн находится подшипник качения 3, фиксируемый стопорным кольцом 4. В венце первого модуля 9, помещены сепаратор 4 и ролики 5,двигающиеся по подшипнику. В венце второго модуля 8 устанавливается шпонка 8, ведомого вала 9.

Ведущий вал 1, передаёт вращение генератору волн 2 через шлицевое соединение. На генераторе волн установлен подшипник качения 3, который приводит в движение ролики 5. По подшипнику обкатываются ролики, приводя в движение сепаратор 6. Также ролики обкатывают внутренний контур венца первого модуля 8. Сепаратор вращает венец второго модуля 7, который через шпонку 8, вращает ведомый вал 7.

Расчётная схема редуктора представлена на рисунке 19.

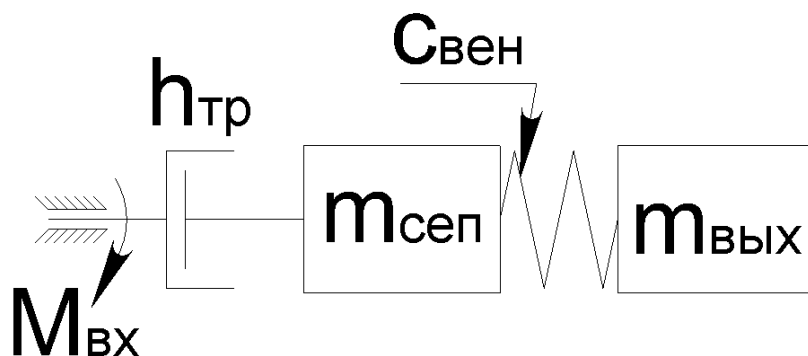


Рисунок 19. Расчётная схема

На рисунке 19, $M_{дв}$ – номинальный момент вращения входного вала, $h_{тр}$ – коэффициент трения шариков в подшипнике и роликов в сепараторе, $m_{сеп}$ – масса сепаратора, $c_{вен}$ – коэффициент упругости венца второго модуля, $m_{вых}$ – масса выходного вала.

Движение выходного вала описывается уравнением:

$$\overline{M_{\text{вх}}} = \overline{M_{\text{ин.экс.}}} + \overline{M_{\text{тр.под}}} + \overline{M_{\text{тр.рол}}} + \overline{M_{\text{сеп}}} + \overline{M_{\text{сопр.вен}}} + \overline{M_{\text{вал}}} \quad (16)$$

Где,

$M_{\text{вх}}$ – момент вращения входного вала;

$M_{\text{ин.экс.}}$ – момент эксцентрика;

$M_{\text{тр.под}}$ – момент трения в подшипнике;

$M_{\text{тр.рол}}$ – момент трения роликов;

$M_{\text{сопр.вен}}$ – момент сопротивления венца второго модуля, при вращении сепаратора;

$M_{\text{ин.вал}}$ – крутящий момент на выходном валу.

Структурная схема математической модели выглядит как показано на рисунке 20.

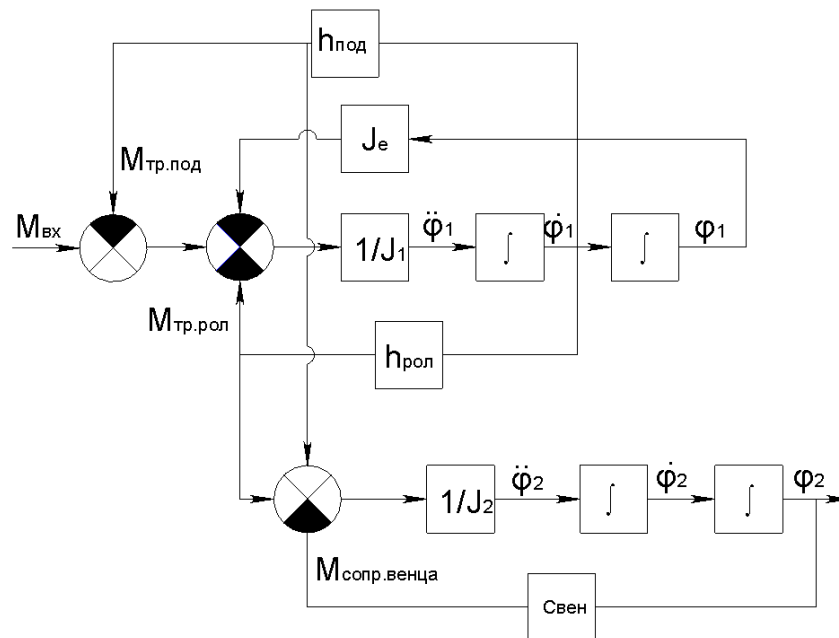


Рисунок 20. Структурная схема математической модели движения штока гидронасоса шарового типа.

Момент инерции эксцентрика рассчитывается по формуле:

$$M_{\text{ин.экс.}} = m \cdot r \cdot \varepsilon \cdot \sin(\varphi) \quad (17)$$

Где,

m – масса эксцентрика;

r – эксцентриситет;

ε – угловое ускорение;

φ – угол поворота эксцентрика.

Момент трения подшипника найдём по формуле[9]:

$$M_{\text{тр.под}} = f_{\text{тр}} \cdot F \cdot \frac{d_{\text{под}}}{2} \quad (18)$$

Где,

$f_{\text{тр}}$ – коэффициент трения;

F – усилие на подшипник;

$d_{\text{под}}$ – диаметр отверстия подшипника.

Для радиального шарикового подшипника $f_{\text{тр}} = 0,002$. Для математической модели выбран $d_{\text{под}} = 40$ мм. Усилие на подшипник равно силе упругости ролика при сжатии между венцом первого модуля и подшипником.

Момент сопротивления венца можно вывести из формулы:

$$M_{\text{сопр.вен}} = GJ_p \frac{d\varphi}{dx} \quad (19)$$

Где,

φ – угол поворота;

l – длина участка венца;

G – модуль сдвига;

J_p – момент инерции.

Для выбранного материала $G = 79,3$ ГПа.

Для формы венца примем:

$$J_p = \frac{1}{2} \cdot m \cdot (r_1^2 + r_2^2) \quad (20)$$

Где,

r_1 – внутренний радиус венца;

r_2 – внешний радиус венца.

Момент трения ролика рассчитывается по той же формуле:

$$M_{\text{тр.рол}} = f_{\text{тр}} \cdot F \cdot \frac{d_{\text{обк}}}{2} \quad (21)$$

Где,

$d_{\text{обк}}$ – диаметр обкатываемой поверхности.

В данном случае $f_{\text{тр}} = 0,0002 \div 0,0004$, примем $f_{\text{тр}} = 0,0003$. Примем усилие $F = \text{const}$.

Момент всех действующих си вала найдём

$$M_{\text{вал}} = J \cdot \varepsilon \quad (22)$$

Где,

J – момент инерции вала.

Известно, что момент инерции вала находится по формуле:

$$J = \frac{1}{2} \cdot m_{\text{вал}} \cdot r_{\text{вал}}^2 \quad (23)$$

Где,

$m_{\text{вал}}$ – масса вала;

$r_{\text{вал}}$ – радиус вала.

Подставив формулы 9,10,11, 12 и 13 в уравнение 8 получим:

$$\begin{aligned} M_{\text{вх}} = & m \cdot r \cdot \varepsilon_1 \cdot \sin(\varphi_1) + f_{\text{тр.под}} \cdot F \cdot \frac{d_{\text{под}}}{2} \cdot w_1 + f_{\text{тр.рол}} \cdot F \cdot \frac{d_{\text{обк}}}{2} \\ & \cdot w_1 + \frac{1}{2} \cdot m_{\text{сеп}} \cdot (r_{\text{сеп1}}^2 + r_{\text{сеп2}}^2) \cdot \varepsilon_1 + G \cdot \frac{1}{2} \cdot m_{\text{вен}} \\ & \cdot (r_{\text{вен1}}^2 + r_{\text{вен2}}^2) \cdot \sin(\varphi_2) + \frac{1}{2} \cdot m_{\text{вал}} \cdot r_{\text{вал}}^2 \cdot \varepsilon_2 \end{aligned} \quad (24)$$

Реализация математической модели представлено в графическом виде, показана на рисунке 21.

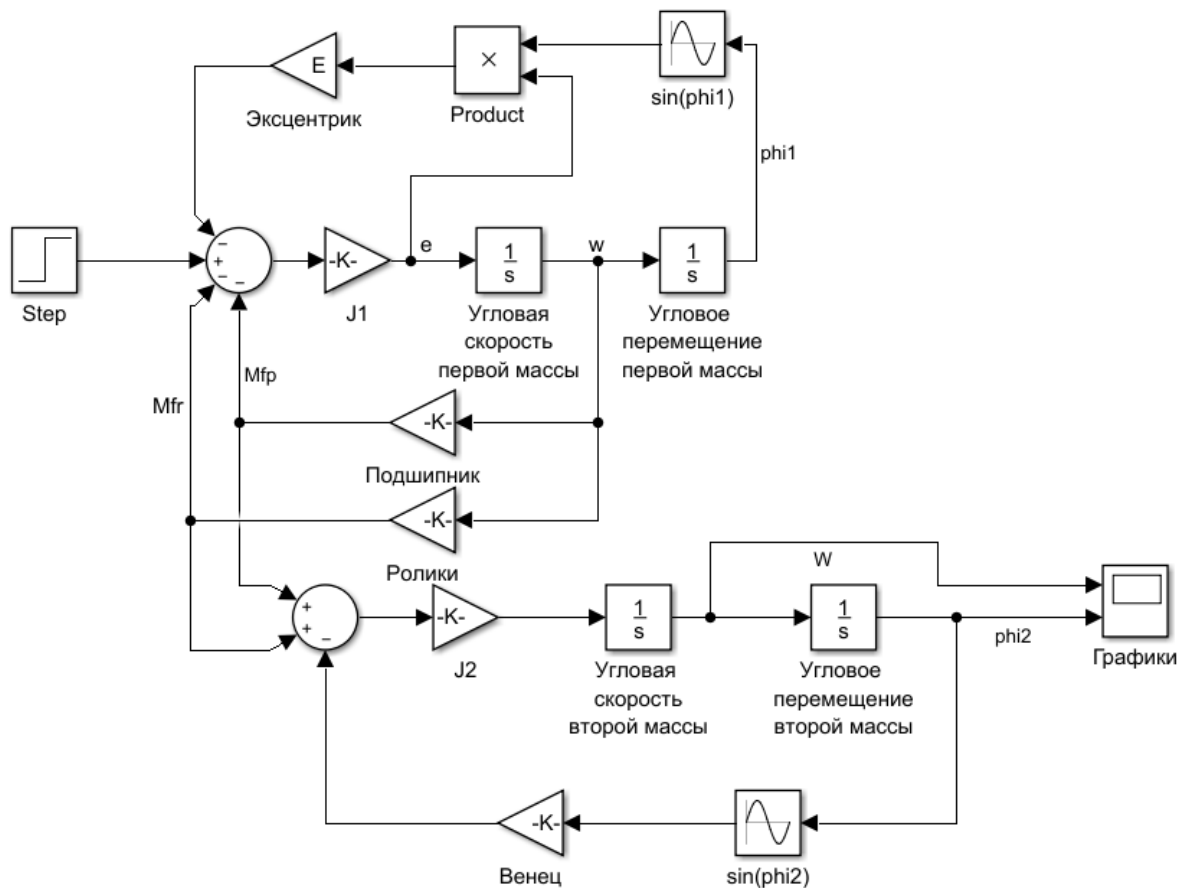


Рисунок 21. Реализация математической модели движения выходного вала в редукторе с промежуточными звеньями в Matlab Simulink

Из рисунка 21 видно, усилие момента вращения входного вала задаётся шаговый(Step) воздействием, это обусловлено тем, что после подключения двигателя, крутящий момент остаётся постоянным. Воздействие рассчитывается на первую массу(сепаратор) с учётом эксцентрика, и сил трения подшипника и роликов. Сепаратор через венец вращает вал.

Результаты заданной в программе математической модели представлены на рисунках 22 и 23.

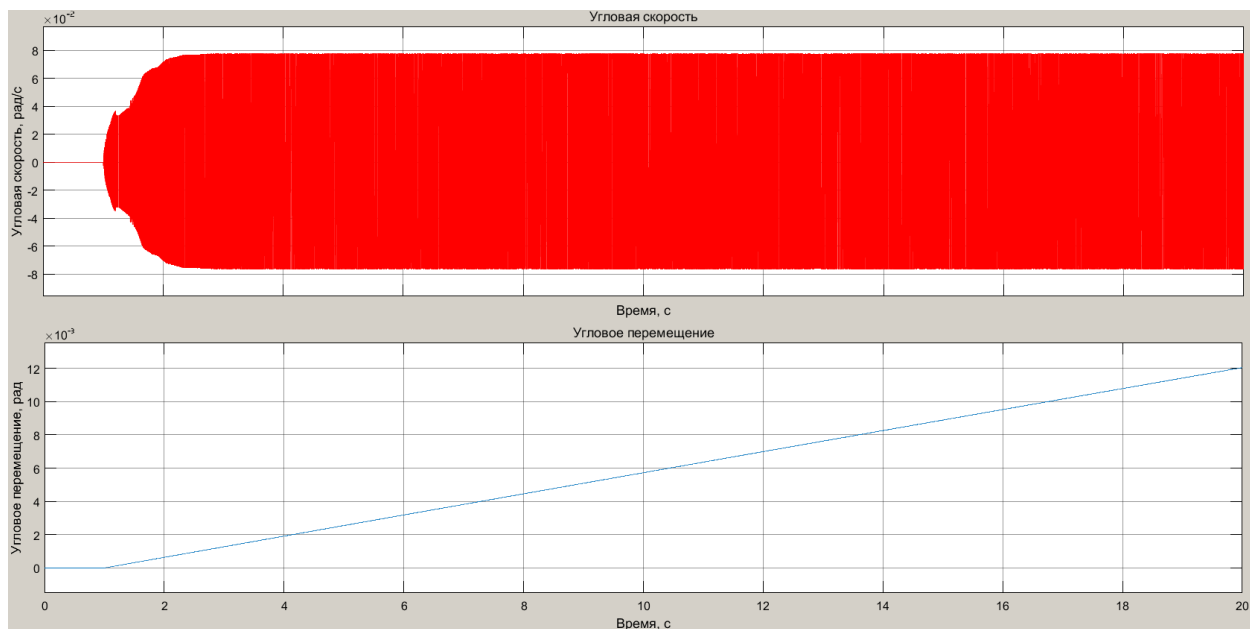


Рисунок 22. Угловые перемещение и скорость выходного вала

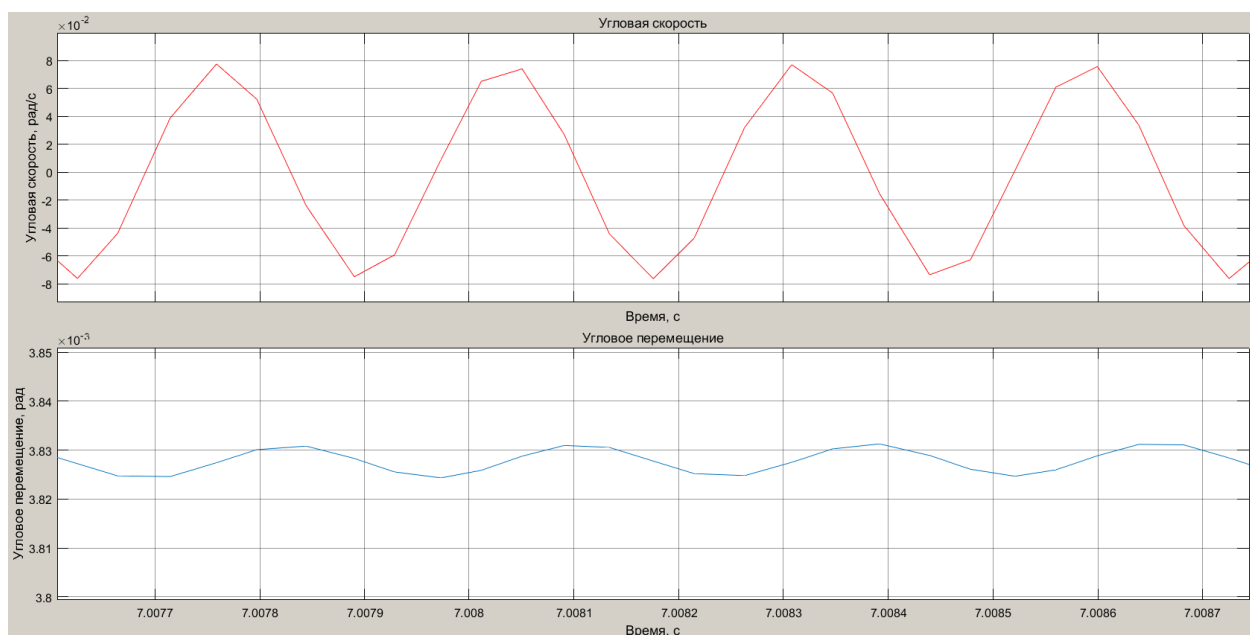


Рисунок 23. Угловые перемещение и скорость выходного вала за 4 периода

По результатам, представленным на рисунке 21, видно, что механизм переходит в установившийся режим за 3 секунды. Угловое перемещение при этом имеет равномерный вид. По рисунку 22, понятно, что колебания, что скорости, что перемещения имеют вид синусоид.

2.3. Исследование влияния волнового редуктора с промежуточными звеньями на динамику насоса шарового типа

Исходя из проведённых ранее исследований требуется построить математическую модель совокупности редуктора и насоса, и сравнить полученный результат с результатами пункта а.

Схема насос-редуктора представлена на рисунке 24.

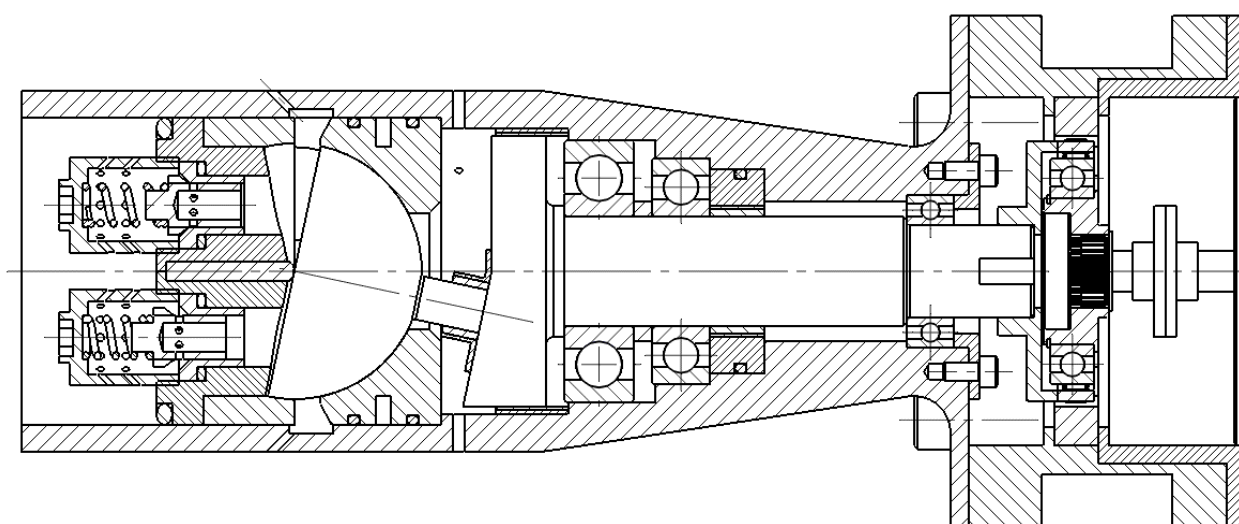


Рисунок 24. Схема волнового редуктора с промежуточными звеньями и гидронасоса шарового типа.

Учитывая рисунки 13 и 18, можно отметить не рассматриваемые ранее элементы системы. При построении модели следует учитывать наличие дополнительных подшипниковых опор и смещённый центр тяжести вала гидронасоса. Однако, т.к. подшипники в гидронасосе воспринимают незначительную нагрузку, ими можно пренебречь. Также в валу предусмотрено отверстие под поршень, что смещает центр тяжести к оси вала, поэтому моментом инерции также можно пренебречь.

В ходе работы механизма идёт преобразование вращательного движения в возвратно-поступательно

Математическая модель установки выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \overline{M_{\text{вх}}} = & \overline{M_{\text{ин.экс.}}} + \overline{M_{\text{тр.под}}} + \overline{M_{\text{тр.рол}}} + \overline{M_{\text{сеп}}} + \overline{M_{\text{сопр.вен}}} + \overline{M_{\text{вал}}} + \overline{F_Q} \\ & + \overline{F_l} + \overline{F_f} + \overline{F_c} + \overline{F_r} \end{aligned} \quad (25)$$

Структурная схема представлена на рисунке 25.

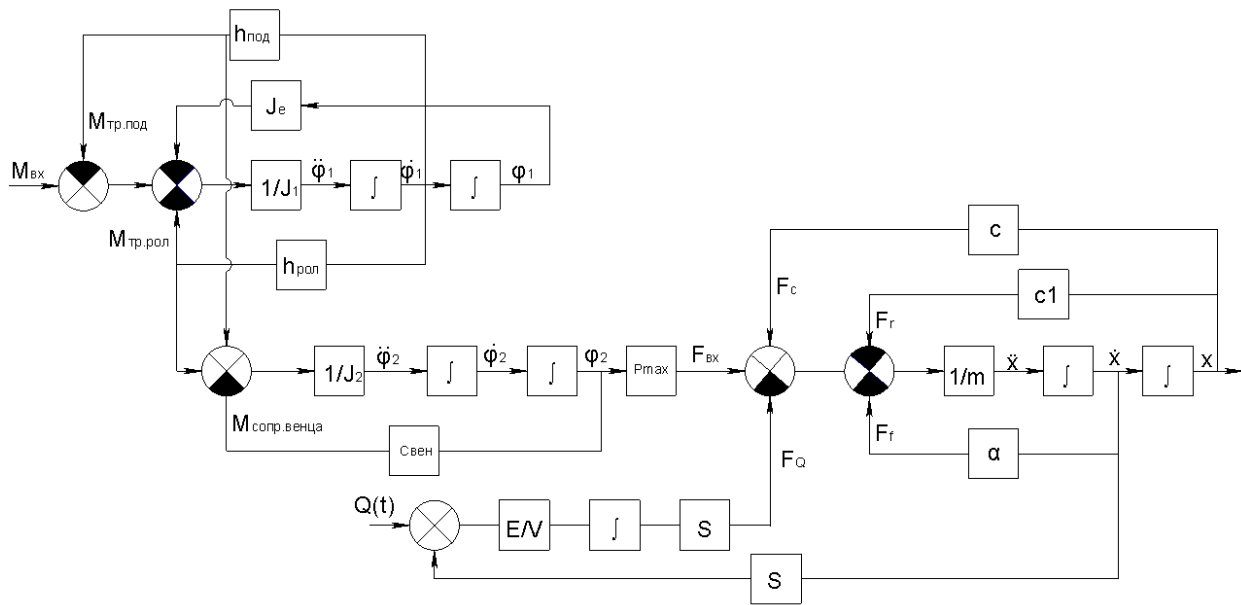


Рисунок 25. Структурная схема математической модели динамики волнового редуктора и насоса

Как показано на рисунке 25, вращательное движение вала преобразуется в поступательное движение штока. Угловое перемещение связано с рабочим давлением в штоке по закону синуса.

Реализация математической модели представлена на рисунке 26.

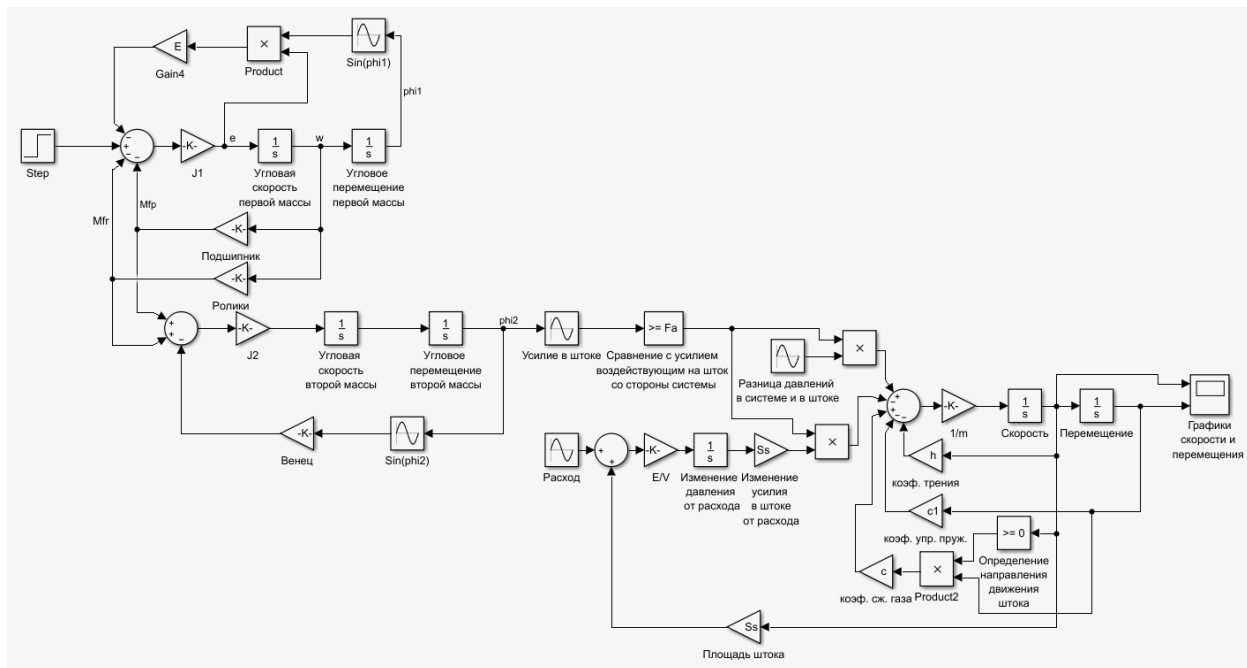


Рисунок 26. Реализация математической модели движения штока гидронасоса при наличии редуктора с промежуточными звеньями в Matlab Simulink

Графики скорости и перемещения штока представлены на рисунке 27.

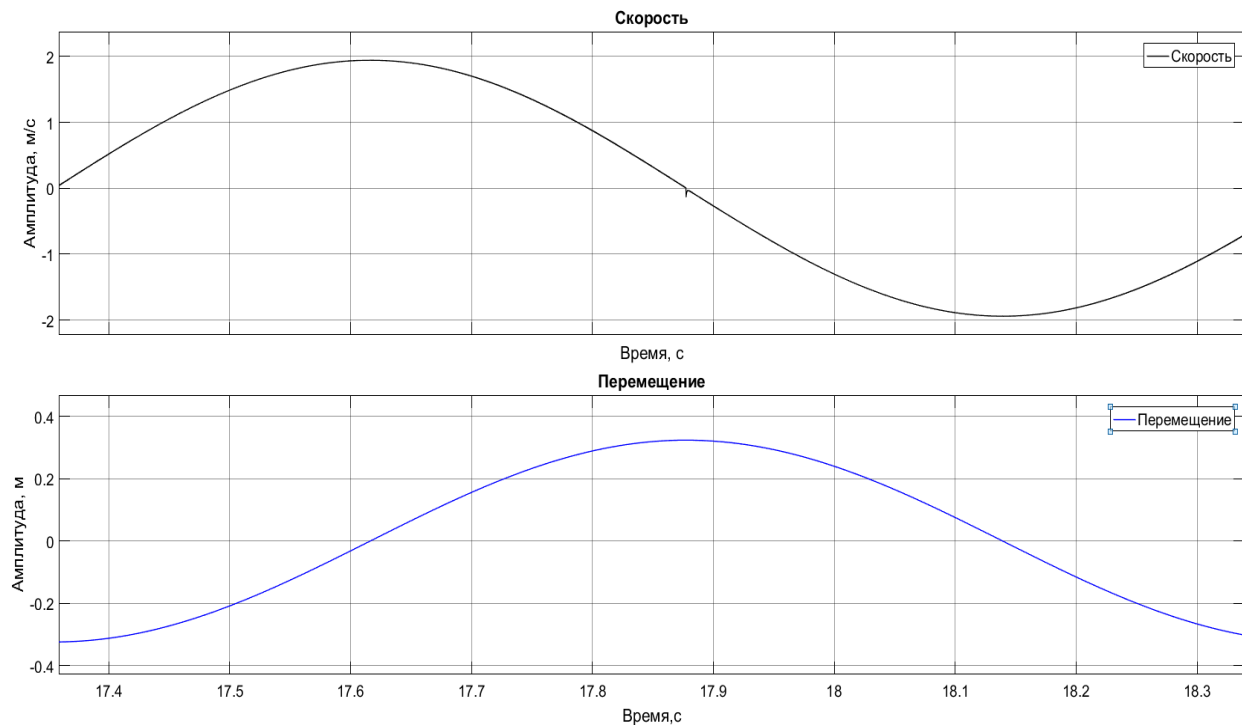


Рисунок 27. Перемещение и скорость штока за один период

По полученным графикам, видно, что как перемещение, так и скорость имеют вид синусоиды, без резких перепадов и скачков. Это говорит о том, что наличие редуктора не только необходимо для увеличения момента электродвигателя, но смягчает процессы в насосе. Разница между пиками скорости и перемещения $\frac{\pi}{2}$.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Тема – автономный мехатронный источник гидравлической энергии

3.1. Общие сведения о научном исследовании

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- разработка общей экономической идеи проекта, формирование концепции проекта;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Цель работы – исследование динамики насоса шарового типа, а также влияние волнового редуктора с промежуточными звеньями на неё, на основе разработки автономного мехатронного источника гидравлической энергии

В роли оборудования выступает автономный мехатронный источник гидравлической энергии. Устройство может пригодиться частным лицам, для использования гидроинструментов в походных/дорожных условиях, например, использование домкрата для починки машины во время путешествия. Однако главной целевой аудиторией объекта исследования считаются государственные службы, такие как, службы спасения или службы ЖКХ, т.к. позволяют использовать гидрооборудование по типу гидромолотов и гидравлических ножниц, в различных условиях, в т.ч. и в условиях ЧС.

Преимущества:

- малые габариты параметры установки;
- высокая скорость зарядки (100 с);
- высокие параметры сопротивления (жесткость, огнестойкость) для работы в условиях ЧС.

Недостатки:

- низкое рабочее давление;
- большая масса установки.

3.2.Предпроектный анализ

3.2.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок: рынок гидравлики высокого давления.

Таблица 3

*Карта сегментирования рынка по использованию
Гидравлических станций*

		Гидравлическое оборудование					
		Грузоподъемное оборудование и системы		Насосы и клапаны		Гидравлические прессы	
Размер компании	Крупные						
	Средние						
	Мелкие						



EnerPac



Unitraum



Восток-Агро

Разработка относится к насосам и клапанам, в сегменте имеются конкуренты, как отечественные, так и зарубежные производители.

Главный представленный конкурент EnerPac. На рисунке 2. представлен насос электрогидравлический PUJ 1400 E. Стоимость насоса – 3852 евро = 243639 руб. (курс на 22.05.2017)

Преимущества:

- высокое создаваемое давление (700 бар);
- высокая скорость перекачивания рабочей жидкости 0,328 (л/мин), при рабочем объёме жидкости 2(л).

Недостатки:

- Повышенные габариты, по сравнению с разрабатываемым устройством;
- Недостаточная прочность конструкции при работе в условиях ЧС.



Рисунок 28. Насос электрогидравлический PUJ 1400 E

3.2.2. Анализ конкурентных технических решений

Проводится анализ предлагаемого устройства с уже используемым устройством.

Таблица 4

*Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
(разработок)*

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{лк}	К _ф	К _{лк}
1	2	3	5	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Скорость загрузки	8	6	1	48	8
2. Удобство в эксплуатации (соответствует потребителям)	8	8	8	64	64

3. Надежность	10	5	5	50	50
4. Выходное давление	6	3	8	18	48
5. Безопасность	8	8	4	64	32
6. Простота эксплуатации	8	6	6	48	48
7. Габариты	5	8	6	40	30
8. Масса	6	4	8	24	48
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	10	10	10	100	100
2. Уровень проникновения на рынок	7	3	7	21	49
3. Цена	8	7	5	56	40
4. Предполагаемый срок эксплуатации	8	6	5	48	40
5. Послепродажное обслуживание	4	4	3	16	12
6. Срок выхода на рынок	4	1	4	4	16
Итого	100	79	80	601	585

По оценочной карте видно, что исследуемое устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателям превосходит своего конкурента. Главным достоинством данного устройства является его повышенная скорость загрузки, безопасность и меньшие габариты.

3.2.3. 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.

Таблица 5

Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Более низкая себестоимость С2. Быстрая скорость зарядки. С3. Меньшие габариты. С4. Простота эксплуатации. С5. Надежность, простота обслуживания, благодаря	Сл1. Большая масса. Сл2. Сложность конструкции. Сл3. Низкое выходное давление.

	универсальным элементам.	
Возможности: В1. Быстрое продвижение на рынок. В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Усовершенствование устройства	В1С1С2С3С4С5 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами данного устройства. В2С1С2С5- дополнительный спрос может появиться за счёт универсальности устройства. В3С2 – усовершенствование устройства за счёт его переналадки и возможности адаптации к различным станкам.	В1Сл3 – может не быть быстрого продвижения на рынок так как ранее продукт не продавался в РФ, и потребители не знают о нем. В2Сл1Сл2Сл3 – появление дополнительного спроса может быть мало из-за несовершенства устройства.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Кризис У3. Незаинтересованность потребителей в разработке	У2С1С3С4 – возможность конкурировать в связи с хорошими показателями основных характеристик.	У1Сл1 – из-за более высокой массы устройства.

Таблица 6

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	+	+
	В2	+	+	-	-	+
	В3	-	+	-	-	-

Таблица 7

Интерактивная матрица проекта

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

Таблица 8

Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	0	-
	У2	+	-	+	+	-
	У3	0	0	0	0	0

Таблица 9

Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	+
	У2	+	0	+
	У3	+	0	0

3.3.Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

При изготовлении данного устройства возможны два варианта исполнения. Эти варианты представлены в таблице 7.

Таблица 10

Морфологическая матрица для насос-редуктора установки

	1	2
А. Вариант 1	Шаровый гидронасос	Волновой редуктор с промежуточными звеньями
Б. Вариант 2	Шаровый гидронасос	Волновой редуктор без промежуточных звеньев
В. Вариант 3	Шаровый гидронасос	Планетарный редуктор

A1A2 – Исполнение 1

B1B2 – Исполнение 2

B1B2 – Исполнение 3

3.4. Планирование научно-исследовательских работ

3.4.1. Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 11

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб		Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение патентного обзора	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление кинематической схемы	Студент
	5	Выполнение расчетов	Студент
	6	Построение математических моделей	Студент
	7	Динамический расчет	Студент
Проведение ОКР			
Разработка технологической документации	8	Разработка чертежей деталей	Студент
	9	Разработка сборочных чертежей	Студент
	10	Заполнение технологической документации	Студент
Оформление отчета	11	Заполнение пояснительной записки	Студент

3.4.2. Определение трудоемкости выполнения работ

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:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (26)$$

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

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

$t_{\text{max}i}$ – 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (27)$$

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

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

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

Таблица 12

Ожидаемое время выполнения работы

Основные этапы	№ ра б		$t_{ож}$, чел.-дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	2,8
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	5,4
	3	Проведение патентного обзора	4,8
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление принципиальной схемы	2,4
	5	Построение расчётной схемы и математической модели	3,4
	6	Выполнение расчётов	3,4
	7	Исследование математической модели	8,8
	8	Оформление статьи	7
Оформление отчета	9	Заполнение пояснительной записки	7,6
Итого:			45,6

Расчет продолжительности одной работы не является необходимым, т.к. на каждой работе задействован один исполнитель, то есть $T_p = t_{ож}$.

3.4.3. Разработка графика проведения научного исследования

Строится график проведения научного исследования в форме диаграммы Гранта.

Для удобства построения, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (28)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (29)$$

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

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

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

Результаты расчетов приведены в табл. 10

Таблица 13

Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_p	Длительность работ в календарных днях T_k
	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\text{ож}}$			
Составление и утверждение ТЗ	2	5	3,2	Руководитель	2,8	5
Изучение материала по теме	5	7	9,4	Студент	5,4	8
Проведение патентного обзора	3	6	4,8	Студент	4,8	8
Составление принципиальной схемы	1	3	2,4	Студент	2,4	4
Построение расчётной схемы и математической модели	5	14	5,4	Студент	3,4	5
Выполнение расчётов	3	4	3,4	Студент	3,4	5
Исследование математической модели	8	14	9,8	Студент	8,8	14
Оформление статьи	5	10	7	Студент	7	11

Заполнение пояснительной записки	6	10	7,6	Студент	7,6	12
--	---	----	-----	---------	-----	----

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 106 - 14} = 1,49$$

Таблица 14

Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнитель и	T_k	Продолжительность выполнения работ						
				Март	Апрель			Май		
				3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	5							
2	Изучение материалов по теме	Студент	8							
3	Проведение патентного обзора	Студент	8							
4	Составление кинематической схемы	Студент	4							
5	Выполнение расчетов	Студент	8							
6	Построение модели устройства	Студент	5							
7	Оформление патента	Студент	14							
8	Разработка чертежей деталей	Студент	11							
9	Разработка сборочных чертежей	Студент	12							

10	Заполнение технологической документации	Студент	16							
11	Заполнение пояснительной записки	Студент	12							

3.4.4. Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{м} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расxi}, \tag{30}$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 15

Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.	Затраты на материалы	
		Исп. 1	Исп. 2		Исп. 1	Исп. 2
Асинхронный двигатель	шт.	1	1	2100	2100	2100
Жёсткая муфта	шт.	1	1	50	50	50
Волновой редуктор с промежуточными звеньями	шт.	1	1	10000	10000	10000
Шаровый гидронасос	шт.	1	1	15000	15000	15000
Бак	шт.	1	1	2000	2000	2000
Фиттинг	шт.	10	5	150	1500	750
Труба (10 мм) 1 м.	шт.	5	10	200	1000	2000
Распределитель	шт.	2	2	500	1000	1000
Гидроаккумулятор	шт.	1	1	3000	3000	3000
Корпус	шт.	1	1	5000	5000	5000
Итого расходы на материалы:					40650	40900

3.4.5. Основная заработная плата исполнителей

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных

ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 13.

Таблица 16

Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-дн	Заработная плата на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	2,8	1580,61	4425,7
2	Изучение материалов по теме	Студент	5,4	287,7	1553,6
3	Проведение патентного обзора	Студент	4,8	287,7	1381
4	Составление принципиальной схемы	Студент	2,4	287,7	690,5
5	Построение расчётной схемы и математической модели	Студент	3,4	287,7	978,2
6	Выполнение расчётов	Студент	3,4	287,7	978,2
7	Исследование математической модели	Студент	8,8	287,7	2531,8
8	Оформление статьи	Студент	7	287,7	2013,9
9	Заполнение пояснительной записки	Студент	7,6	287,7	2186,5

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (31)$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (32)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d}, \quad (33)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл. 14).

Таблица 17

Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	106	106
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезням	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	198

$$З_{дн1} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{30000 \cdot 10,4}{198} = 1576 \text{ руб.}$$

– заработная плата руководителя за 1 день.

$$З_{дн2} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{5200 \cdot 11,2}{198} = 294 \text{ руб.}$$

– заработная плата студента за 1 день.

$$З_{очн1} = 1576 \cdot 3 = 4728 \text{ руб. – руководитель}$$

$$З_{очн2} = 294 \cdot 51 = 15000 \text{ руб. - студент}$$

$$З_{зп1} = 4728 + 4728 \cdot 0,2 = 5674 \text{ руб. – руководитель}$$

$$З_{зп2} = 15000 + 15000 \cdot 0,2 = 18000 \text{ руб. - студент}$$

3.4.6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} \quad (34)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,2).

$$З_{зп1} = 4728 \cdot 0,12 = 567 \text{ руб. – руководитель}$$

$$З_{зп2} = 15000 \cdot 0,12 = 1800 \text{ руб. - студент}$$

3.4.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (35)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%*.

* Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (табл. 15).

Таблица 18

Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	4728	567
Студент-дипломник	15000	1800
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1%	27,1%
Итого	5346+641=5988 р.	

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 27,1\% \cdot (4728 + 567) = 1435 \text{ руб.}$$

руководитель

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 27,1\% \cdot (15000 + 1800) = 4553 \text{ руб.}$$

студент

3.4.8. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

Данные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

1) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;
- контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;
- ремонт основных производственных средств;
- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее.

- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

2) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно-технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

В таблице 16 представлены исполнители операций по слесарным операциям.

Таблица 19

Исполнители операций

№ п/п	Профессия	Количество деталей	Количество работников	Разряд рабочего
2	Инженер	40	1	2

Таблица 20

Оплата труда сторонних исполнителей

Исполнитель	заработная плата, руб.
Инженер	892,81
Отчисления во внебюджетные фонды	267,84
Итого	1160,65

$$З_{\text{дн}} = \frac{7936 \cdot 11,2}{223} = 398,6 \text{ (руб)}$$

$$З_{\text{дн}} = 398,6 \cdot 10 = 3986 \text{ (руб)} - \text{основная зарплата инженера}$$

$$З_{\text{зп}} = 3986 + 3986 \cdot 0,12 = 4464 \text{ (руб)} - \text{зарплата инженера}$$

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 4464 = 1339 \text{ (руб)} - \text{внебюджетные отчисления инженера}$$

3.4.9. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (36)$$

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.4.10. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 18.

Таблица 21

Расчёт бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исп.1	Исп.2	
1. Материальные затраты НТИ	40650	40900	Пункт 1.4.4
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	23674	23674	Пункт 1.4.5
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	2367	2367	Пункт 1.4.6
4. Отчисления во внебюджетные фонды	5988	5988	Пункт 1.4.7
5. Контрагентские расходы	5803	5803	Пункт 1.4.8
6. Накладные расходы	12557,1	12597,1	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	91039,1	91329,1	Сумма ст. 1- 6

Исследование проводится на базе НИ ТПУ. Финансирование на реализацию проекта можно ожидать от отечественных производителей гидравлического оборудования, однако т.к. оборудование направленно на

государственные службы и имеет важное общественное значение, главным финансовым источником можно считать государственные гранты.

3.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (37)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{91039,1}{91329,1} = 0,996 - \text{интегральный финансовый показатель разработки}$$

первого исполнения

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{91329,1}{91329,1} = 1 \text{ - интегральный финансовый показатель разработки}$$

второго исполнения

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (38)$$

где I_{pi} – 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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 19).

Таблица 22

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5	5
2. Долговечность в использовании	0,3	4	5
3. Регулировка	0,1	5	4
4. Переналадка	0,15	4	4
5. Надежность	0,15	4	4
ИТОГО	1		

$$I_{p-\text{исп1}} = 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 4,4;$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 4,6;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \quad \text{и т.д.} \quad (39)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,4}{0,996} = 4,417;$$

$$I_{исп.2} = \frac{4,6}{1} = 4,6;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности, вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. табл.20) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (40)$$

Таблица 23

Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,996	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,417	4,6
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Исп1/Исп2=0,96	Исп2/Исп1=1,04

Из таблицы 20 видно, что наиболее эффективный вариант решения поставленной в магистерской работе технической задачи по многим показателям является исполнение 2.

3.6.Вывод

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был определен целевой рынок, гидравлики высокого давления. Выявлен основной конкурент и проведен анализ из которого следует, что проектируемое устройство конкурентоспособное. Рассчитаны материальные затраты на изготовление данного устройства, затраты на основной и дополнительной зарплате, отчисления во небюджетные фонды, контрагентные расходы, накладные расходы, на основании которых составлен бюджет затрат на НИИ. Произведена сравнительная характеристика эффективности разработки на основании интегрального показателя эффективности. По результатам таблицы 20 можно сделать вывод о наибольшей эффективности первого исполнения устройства.

4. Социальная ответственность

Введение

В ходе магистерской работы исследуются математические модели гидронасоса шарового типа и волнового редуктора с промежуточными звеньями в виде роликов, на основе разработки автономного мехатронного источника гидравлической энергии.

Данный раздел ВКР предназначен для определения условий труда, выявления основных техносферных опасностей и вредностей объекта исследования, оценка степени воздействия их на человека, общество и природную среду, а также предложение методов минимизации их воздействий и защиты от них, т.о. раздел социальной ответственности направлен на обеспечение безопасности рабочего и охраны окружающей среды. Производственная среда должна соответствовать требованиям законодательных и правовых актов, технических регламентов в области безопасности производства, охраны труда и защиты окружающей среды.

В данном разделе рассматриваются:

- профессиональная социальная безопасность;
- экологическая безопасность;
- безопасность в чрезвычайных ситуациях;
- правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

4.1.Профессиональная социальная безопасность

Объект исследования: Автономный мехатронный источник гидравлической энергии.

Объект исследования представляет собой мобильную гидравлическую станцию, которая позволяет использовать гидравлический инструмент, такие как гидромолоты, гидроножницы и т.д., в различных условиях, в т.ч. и в условиях ЧС, службой спасения.

Таблица 24

Опасные и вредные факторы при выполнении работ с использованием объекта исследования при эксплуатации в условиях ЧС и при исследовании

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Полевые работы: Применение объекта исследования при питании гидравлического домкрата на открытом воздухе Исследовательские работы: Построение математической модели на ПЭВМ.	1. Уровень вибрации; 2. шум; 3. микроклимат 4. повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание; 5. уровень статического электричества; 6. уровень электромагнитных излучений; 7. освещённость рабочей зоны 8. монотонность трудового процесса; 9. нервно-эмоциональные перегрузки.	1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования.	ГОСТ 12.1.012–90 ГОСТ 12.1.003–83 ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.007–76 СанПиН 2.2.4.1294-03 ГОСТ 12.1.038–82 ГОСТ Р 12.1.019-2009 ГОСТ 12.1.045–84 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 ГОСТ Р 51337-99 СанПиН 2.2.2.542-96

При эксплуатации объекта исследования можно выделить следующие факторы производственной среды:

- Уровень вибрации. Источником является сам объект исследования. Природа действия фактора - физическая. Допустимые нормы работы с вибрацией регламентируются ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ. Регламентируемый ГОСТ уровень вибрации от 1 Дб до 12 Дб, при показателе превышения более 12 дБ запрещается проводить работы и применять машины, генерирующие такую

вибрацию. При работе в диапазоне 1÷12 Дб, согласно ГОСТ, смена должна составлять 8 часов, содержать 2 перерыва длительность 20 минут после 1÷2 часов от начала смены и 30 минут через 1÷2 часа после обеденного перерыва, а также обеденный перерыв 40 минут – примерно в середине смены. Для минимизации воздействия фактора, рекомендуется использовать специальную виброзащитную одежду, в т.ч. специальную обувь. Рекомендуется система организации труда и профилактических мероприятий на предприятиях, ослабляющих неблагоприятное воздействие вибрации на человека.

- Шум. Источником является объект исследования. Природа действия фактора - физическая. Допустимые нормы работы с вибрацией регламентируются ГОСТ 12.1.003-83. При эксплуатации объекта исследования, а также при организации рабочего места следует принимать все необходимые меры по снижению шума, действующего на человека на рабочем месте, до значений, не превышающих 60 дБА: применением средств и методов коллективной защиты по ГОСТ 12.1.029-80; применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87. Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026-76. Работающих в этих зонах администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-87.

- Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования. Источник – подключаемый к объекту гидравлический инструмент. Физическая природа воздействия. Защита предусматривается техникой безопасности эксплуатации инструмента. Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам коллективной безопасности относят устройства: оградительные; автоматического контроля и сигнализации; предохранительные; дистанционного управления; тормозные; знаки безопасности.

Исследования, проводимые над объектом, сводятся к построению математических моделей его компонентов и реализации данных моделей в том или ином программном обеспечении, т.о. вредные и опасные факторы связаны с рабочим местом оборудованном ПК. При исследовании характеристик объекта

выделяются следующие факторы:

- Микроклимат. Источник – рабочее место. Физическая природа воздействия. Благоприятные микроклиматические условия на производстве являются важным фактором в обеспечении высокой производительности труда и в профилактике заболеваний. При несоблюдении гигиенических норм микроклимата снижается работоспособность человека, возрастает опасность возникновения травм и ряда заболеваний, в том числе профессиональных. Требования к микроклимату производственных помещений регламентируется СанПиН 2.2.4.548–96.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.). Перечень других рабочих мест и видов работ, при которых должны обеспечиваться оптимальные величины микроклимата определяются Санитарными правилами по отдельным отраслям промышленности и другими документами, согласованными с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора в установленном порядке.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в таблице 2, применительно к выполнению работы в холодный и теплый периоды года.

*Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах
производственных помещений*

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Іб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Тёплый	Іб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°С и выходить за пределы величин, указанных в таблице 2 для отдельных категорий работ.

Средства коллективной защиты предусмотрены ГОСТ 12.4.011-89. К ним относятся средства нормализации воздушной среды производственных помещений и рабочих мест, т.е. устройства для: поддержания нормируемой величины барометрического давления; вентиляции и очистки воздуха; кондиционирования воздуха; локализации вредных факторов; отопления; автоматического контроля и сигнализации; дезодорации воздуха.

- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание. Источник – электропитание и электропровода ПЭВМ. Природа воздействия – физическая, биологическая. Требования к электробезопасности производственных помещений регламентируется ГОСТ Р 12.1.019-2009. Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие способы и средства: защитные оболочки; защитные ограждения (временные или стационарные); защитные барьеры; безопасное расположение токоведущих частей; изоляция токоведущих частей (основная, дополнительная, усиленная, двойная); изоляция рабочего места; малое напряжение; защитное отключение; электрическое разделение; предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности. Для

обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы: защитное заземление; зануление; выравнивание потенциалов; защитное экранирование; систему защитных проводов; защитное отключение; изоляцию нетоковедущих частей; электрическое разделение сети; простое и защитное разделения цепей; малое напряжение; контроль изоляции; компенсацию токов замыкания на землю; электроизоляционные средства; средства индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты, относятся инструменты с изолирующим покрытием, а также разного рода перчатки, трапы, кронштейн-площадки и т.д.

- Уровень статического электричества. Источник – экран ПЭВМ. Природа воздействия – физическая. Следуя СанПин 2.2.2/2.4.1340-03, поверхностный электростатический потенциал экрана видеомонитора должен быть не более 500В. Согласно ГОСТ 12.4.011-89 к средствам защиты от повышенного уровня статического электричества относятся: заземляющие устройства, нейтрализаторы, увлажняющие устройства, антиэлектростатические вещества, экранирующие устройства.

- Уровень электромагнитных излучений. Источник – ПЭВМ. Природа воздействия – физическая. Максимальное значение плотности потока энергии не должно превышать 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2). К средствам защиты от повышенного уровня электромагнитных излучений относятся: оградительные устройства, защитные покрытия, герметизирующие устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, устройства дистанционного управления, знаки безопасности.

- Напряженность электрического поля. Источник – ПЭВМ. Природа воздействия – физическая. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 ч.

Предусматриваемые средства коллективной защиты: оградительные устройства, защитные заземления, изолирующие устройства и покрытия, знаки безопасности.

- Освещённость рабочей зоны. Источник – освещение рабочего места.

Природа воздействия – физический. Нормируемые параметры приведены в таблице 23.

Таблица 26

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения основных помещений общественного здания, а также сопутствующих им производственных помещений

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
		КЕО е_н, %	КЕО е_н, %	КЕО е_н, %	КЕО е_н, %	Освещённость				
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении		При общем освещении	Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещённости, К_п, %, не более
						всего	от общего			
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г – 0,8; Экран монитора В-1.2	3,5 -	1,2 -	2,1 -	0,7 -	500 -	300 -	400 200	15 -	10 -

К средствам нормализации освещения производственных помещений и рабочих мест относятся: источники света; осветительные приборы; световые проемы; светозащитные устройства; светофильтры.

- Монотонность трудового процесса. Источник – исследовательский процесс. Природа воздействия – психофизиологическая.
- Нервно-эмоциональные перегрузки. Источник – исследовательский процесс. Природа воздействия – психофизиологическая.

Для предотвращения психофизиологического воздействия при работе с ПЭВМ соблюдаются нормы СанПиН 2.2.2.542-96.

Для видов трудовой деятельности устанавливается 3 категории тяжести и напряженности работы с ВДТ и ПЭВМ, которые определяются: для группы А - по суммарному числу считываемых знаков за рабочую смену, но не более 60 000 знаков за смену; для группы Б - по суммарному числу считываемых или вводимых знаков за рабочую смену, но не более 40 000 знаков за смену; для группы В - по суммарному времени непосредственной работы с ВДТ и ПЭВМ за рабочую смену, но не более 6 часов за смену.

При работе с ВДТ и ПЭВМ в ночную смену (с 22 до 6 часов), независимо от категории и вида трудовой деятельности, продолжительность регламентированных перерывов должна увеличиваться на 60 минут.

При 8-ми часовой рабочей смене и работе на ВДТ и ПЭВМ регламентированные перерывы следует устанавливать:

- для I категории работ через 2 часа от начала рабочей смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый;
- для II категории работ через 2 часа от начала рабочей смены и через 1.5 - 2.0 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый или продолжительностью 10 минут через каждый час работы;
- для III категории работ через 1.5 - 2.0 часа от начала рабочей смены и через 1.5 - 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 20 минут каждый или продолжительностью 15 минут через каждый час работы.

При 12-ти часовой рабочей смене регламентированные перерывы должны устанавливаться в первые 8 часов работы аналогично перерывам при 8-ми

часовой рабочей смене, а в течение последних 4 часов работы, независимо от категории и вида работ, каждый час продолжительностью 15 минут.

Соблюдение мероприятий по защиты исследователя и испытателя от вредных и опасных факторов обусловлены необходимостью снижения воздействия вредного воздействия и снижение последствий этого воздействия, а также в полной мере предотвращение любых опасных ситуаций, которые могут навредить жизни и здоровью человека.

4.2. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность имеет огромное влияние на процесс производства и эксплуатации оборудования. Отходами объекта исследования, являются загрязнённое машинное масло, а также сам объект, после прихода установки в негодность. Следовательно, можно говорить только о влиянии на гидросферу и литосферу.

Защита гидросферы.

Источником загрязнения являются места хранения и транспортирования промышленной продукции и отходов производства. Основные загрязнители – масло и примесные элементы. Согласно ГН 2.1.5.1315-03 ПДК 0,3 мг/л. Отработанное масло нельзя слить на простую свалку, масло через грунт попадает в подземные воды и загрязняет их. Существуют специальные компании и полигоны, которые специализированно занимаются процессом утилизации, термическим, химическим или другими путями. Также существуют способы очистки масла от примесных элементов и его повторное использование. Очистка вод осуществляется при помощи специальных фильтров, либо через процесс перекачивания с помощью насосов способствует дополнительному диспергированию частиц масла и образованию более тонкой и устойчивой эмульсии.

Защита литосферы.

Промышленные отходы 5-го класса. Основные загрязнители – компоненты объекта исследования. Сбор отходов предусматривается в специальных местах по приёму металлических объектов. Отходы рекомендуются перерабатывать. Допускается хранение отходов в отведенных для этого местах.

На машиностроительных и металлургических предприятиях при обработке и прокатке металла применяются смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), которые являются эмульсиями масла в воде. Масляные эмульсии — это

коллоидные двухфазные системы, в которых одна жидкость (масло) диспергирована в виде капелек в другой жидкости (воде). Разрушению эмульсий, т. е. расслоению системы, препятствует упругая оболочка эмульгатора (органической кислоты), молекулы которого ориентированы углеводородным радикалом в сторону частицы масла, а карбоксильной группой — в сторону воды.

Для разрушения эмульсий применяют следующие методы:

- центрифугирование;
- реагентную коагуляцию;
- термический метод;
- а также их комбинацию.

Т.к. при производстве отдельных элементов будет использоваться СОЖ, которая может причинить ущерб гидросфере, следует применять переработку или утилизацию СОЖ на предприятии.

Твёрдые отходы производства имеют строго однородный характер, в виде металлической стружки, поэтому следует подобные отходы отправлять переплавку и повторное использование. Переработка стружки - трудоемкий процесс, подразумевающий под собой брикетирование или прессование стружки в компактный брикет (пакет) для наименьшего угара стружки при переплавке в сталеплавильных печах. В зависимости от стружки и ее засора используют центрифугу для отжима масла, дробилку для дробления стружки на мелкие фракции, а также брикетировочные или пакетировочные прессы для придания дробленой стружке компактного пакета (брикета) в целях удобства перевозки и плавки в печах. Помимо этого, переработанная и подготовленная для переплавки стружка на порядок дороже, чем вьюнообразная или замасленная. При образовании производства следует обеспечить безотходность производства.

Мероприятия по защите окружающей среды обусловлены необходимостью полной утилизацией и переработки отходов производства и

использования объекта исследования, для снижения воздействия человека на окружающую среду.

4.3.Безопасность в чрезвычайных ситуациях

С развитием техносферы возникли техногенные бедствия, источниками которых являются аварии и техногенные катастрофы. Причиной большинства техногенных аварий и катастроф является человеческий фактор.

При работе с объектом исследования, наиболее вероятны ЧС, не связанные с ним, например – применение источника энергии для питания гидромолота в здании при пожаре. В таком случае возможно обрушение здания.

Полное или частичное внезапное обрушение здания – это чрезвычайная ситуация, возникающая по причине ошибок, допущенных при проектировании здания, отступлении от проекта при ведении строительных работ, нарушении правил монтажа, при вводе в эксплуатацию здания или отдельных его частей с крупными недоделками, при нарушении правил эксплуатации здания, а также вследствие природной или техногенной чрезвычайной ситуации.

При обнаружении, что здание теряет устойчивость необходимо незамедлительно покинуть здание. Спускаться по зданию необходимо по лестнице, а не на лифте. Оказавшись на улице следует отойти на безопасное расстояние от здания, желательно перейти на открытое пространство. При отсутствии возможности покинуть здание, следует занять наиболее безопасное место – дверные проёмы, балки каркаса, углы. Необходимо обезопасить себя от падения обломков, накрывшись крепкими вещами, такими как чугунные ванны или столы с прочными ножками. Рекомендуется отключить воду, электричество и газ. Заранее обеспечить пути ухода, открыв двери и окна, после открытия окон от них следует отойти, чтобы если они разобьются не зацепило осколками. Двигаться в полуразрушенном здании крайне опасно, поэтому следует ожидать помощи и привлекать к себе внимание криками.

Во время исследования, человек работает с ПЭВМ. Наиболее вероятная ЧС, которая может возникнуть при работе с ПЭВМ – пожар, так как в современных ЭВМ очень высокая плотность размещения элементов электронных схем, в непосредственной близости друг от друга располагаются соединительные провода и кабели, при протекании по ним электрического тока выделяется значительное количество теплоты, при этом возможно оплавление изоляции и возникновение возгорания. Возникновение других видов ЧС – маловероятно.

При пожаре весь персонал необходимо эвакуировать в самый краткий срок. В помещении должен располагаться план эвакуации. Для тушения в здании должны находиться углекислотные и порошковые огнетушители, воду можно использовать только во вспомогательных обесточенных помещениях. Помещение должно быть оборудовано пожарными извещателями, которые позволят оповестить дежурный персонал о пожаре, а также оповестят службу пожарной охраны.

Необходимость обеспечения мер безопасности обусловлено необходимостью обеспечения безопасности рабочего персонала.

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Процесс и условия работы с ПЭВМ регламентируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.

Согласно комментариям, к статье 251 трудового кодекса РФ, специальные правовые нормы ТК бывают 3-х видов: нормы-льготы; нормы – изъятия; нормы – приспособления.

Федеральных документов, регламентирующих различные льготы и компенсации при работе на ПЭВМ не существует. Действующее законодательство не предусматривает обязанности работодателя производить какие-либо доплаты работникам за работу на компьютере. Однако такие доплаты и льготы могут быть закреплены коллективным договором и иными локальными нормативными актами организации. Размеры компенсаций, их периодичность и иные условия выплаты устанавливаются коллективным договором, локальным нормативным актом работодателя или трудовым договором с работником (ч. 1 ст. 219 ТК РФ).

В действующих нормативных документах вредность напрямую не связана с работой на ПЭВМ. Предполагается, что администрация должна обеспечить при работе на ПЭВМ безопасные условия и при этом, естественно, в распорядке дня должны быть и гимнастические упражнения, и регламентированные в работе по СанПиН 2.2.2542-96. Если на рабочем месте с ПЭВМ обнаружено превышение каких-либо опасных и вредных факторов производственной среды, то работать на таком месте просто запрещается без всяких льгот и компенсаций.

Согласно пункту 41 раздела XLII и пункту 182 раздела XLIII ТК, предусматривается дополнительный отпуск 6 рабочих дней сотрудникам, постоянно работающим с ПЭВМ. Постоянной работа за ПЭВМ может считаться

только тогда, когда она является единственной работой персонала, определенной его должностной инструкцией и выполняется непрерывно в соответствии с регламентом осуществляемого технологического процесса. Следует учитывать, что постоянный характер работы с ПЭВМ (и никакой иной) должен быть установлен должностной инструкцией работника и регламентом технологического процесса. В случае если сотрудник имеет иные или дополнительные должностные инструкции, то постоянный характер работы считается необязательным, а, следовательно, и дополнительных дней отпуска не предусматривается.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке.

Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

Не допускается размещение мест пользователей ПЭВМ во всех образовательных и культурно-развлекательных учреждениях для детей и подростков в цокольных и подвальных помещениях.

Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электроннолучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м², в

помещениях культурно-развлекательных учреждений и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м².

При использовании ПВЭМ с ВДТ на базе ЭЛТ (без вспомогательных устройств - принтер, сканер и др.), отвечающих требованиям международных стандартов безопасности компьютеров, с продолжительностью работы менее 4-х часов в день допускается минимальная площадь 4,5 м² на одно рабочее место пользователя (взрослого и учащегося высшего профессионального образования).

Для внутренней отделки интерьера помещений, где расположены ПЭВМ, должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка - 0,7 - 0,8; для стен - 0,5 - 0,6; для пола - 0,3 - 0,5.

Полимерные материалы используются для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ при наличии санитарно-эпидемиологического заключения.

Помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ.

4.5.Вывод

В ходе разработки, проектирования и исследования особое внимание уделяется экологическим аспектам процессов производства и эксплуатации разрабатываемому объекту, чтобы определить их степень влияния на природу и человека, а также уменьшить их насколько это возможно. Следует учитывать государственные стандарты эксплуатации тех или иных устройств и механизмов.

Разработка должна быть безопасной в использовании, надёжной и не должна быть источником ЧС.

В разделе социальной ответственности были рассмотрены основные вредные и опасные факторы при эксплуатации и исследовании автономного мехатронного источника гидравлической энергии, представлены необходимые предельные значения этих факторов, а также средства защиты от них. Определены элементы загрязнения окружающей среды и предложены пути снижения степени загрязнения отходами или вовсе их избегания. Представлены рекомендации по действию в вероятных ЧС при применении и изучении объекта исследования, а также описаны правовые нормы исследователям объекта и рекомендации по компоновке рабочей зоны.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен патентный обзор контролируемых гидравлических систем, в частности насоса с интегрированным насосом.

На основе результатов полученных при анализе патентов было спроектировано мехатронное устройство «Автономный источник гидравлической энергии». Проведен анализ динамики использованных в установке насоса и редуктора, а также выявлено влияние редуктора на работу насоса. Был проведён анализ рынка гидравлического оборудования и рассчитана стоимость научно технологического исследования для двух исполнений механизма, на основе которой выбрано наиболее экономически выгодное решение. Описаны меры безопасности при эксплуатации и исследовании установки, предложены меры по пожарной безопасности.

Список литературы

1. Патент US 7070402 B2 [Электронный ресурс]// google.com. URL: <https://www.google.com/patents/US7070402> (Дата обращения: 06.06.2017);
2. Патент РФ № 2094657 [Электронный ресурс]// freepatent.ru. URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2094657> (Дата обращения: 06.06.2017);
3. Патент РФ № 2207244 [Электронный ресурс]// findpatent.ru. URL: <http://www.findpatent.ru/patent/220/2207244.html> (Дата обращения: 06.06.2017);
4. Муфты приводов [Электронный ресурс]// <http://hoster.bmstu.ru/>. URL: http://hoster.bmstu.ru/~rk3/okdm/lect/lect_19.htm (Дата обращения: 26.11.2016)
5. Андреев М.А. Математическое моделирование гидропривода: учеб. пособие, 2017. — 61 с. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: https://vk.com/doc2869_441829149 (дата обращения 25.03.2017)
6. Дерюшева В. Н., Крауиньш П. Я. Модель золотника для управления пневмогидравлическим ударным узлом // Проблемы механики современных машин: материалы VI Международной конференции, 2015. — Т. 2. — [62-67 с.]. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.immm.su/documents/doc/TOM2%20сайт.pdf> (дата обращения 01.04.2017)
7. Жданов А.В. Математическая модель позиционного гидропривода // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии, 2016. — №3. — [87-93 с.]. [электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://www.sibadi.org/upload/PIO/vestnik/vestnik_3_49_2016.pdf (дата обращения 02.04.2017)
8. Остренко С.А., Пермьяков В.В. Гидравлика, гидравлический привод и газовая динамика: учеб. пособие, 2005. — 30 с. [электронный ресурс] — Режим

доступа. — URL: https://abc.vvsu.ru/books/gidrav1_up/default.asp (дата обращения 05.04.2017)

9. Трение в подшипниках[Электронный ресурс]// <http://sprav-constr.ru>.
URL: <http://sprav-constr.ru/html/tom2/pages/chapter2/ckm215.html> (Дата обращения: 26.11.2016)

Приложение А

Раздел Английская часть

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ51	Мухин Дмитрий Сергеевич		

Консультант кафедры ТМСПР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Куркан Н.В.			

Literature review

Currently, hydraulic mechanisms and installations are used in many branches of industry. Pumping stations are often used as sources of hydraulic energy. These machines are used in the mining, coal and food industries, power engineering, construction, machine building, transport industry, agriculture, ferrous and non-ferrous metallurgy, etc.

Depending on the purpose and operating conditions, the design of hydraulic power sources is changing, but there are a number of problems that many sources have. These shortcomings significantly reduce the functionality of the systems; consequently, narrow the scope of application of these units.

One of the most serious drawbacks is the reduced reliability of the system, which is known to be one of the main properties of any system. Such a problem can be a consequence of pressure loss in the system, etc.

Because In the final qualifying work, the dynamics of the pump and gearbox are investigated, as well as the effect of the presence of a reducer on the pump, and patents with a bias on the motor-reducer-pump systems should be considered.

A possible solution to the lack of reliability of the system can be the gear pump, presented in US Pat. No. 7,070,402 B2. The scheme of the pump module with the reducer is shown in Fig. 1.

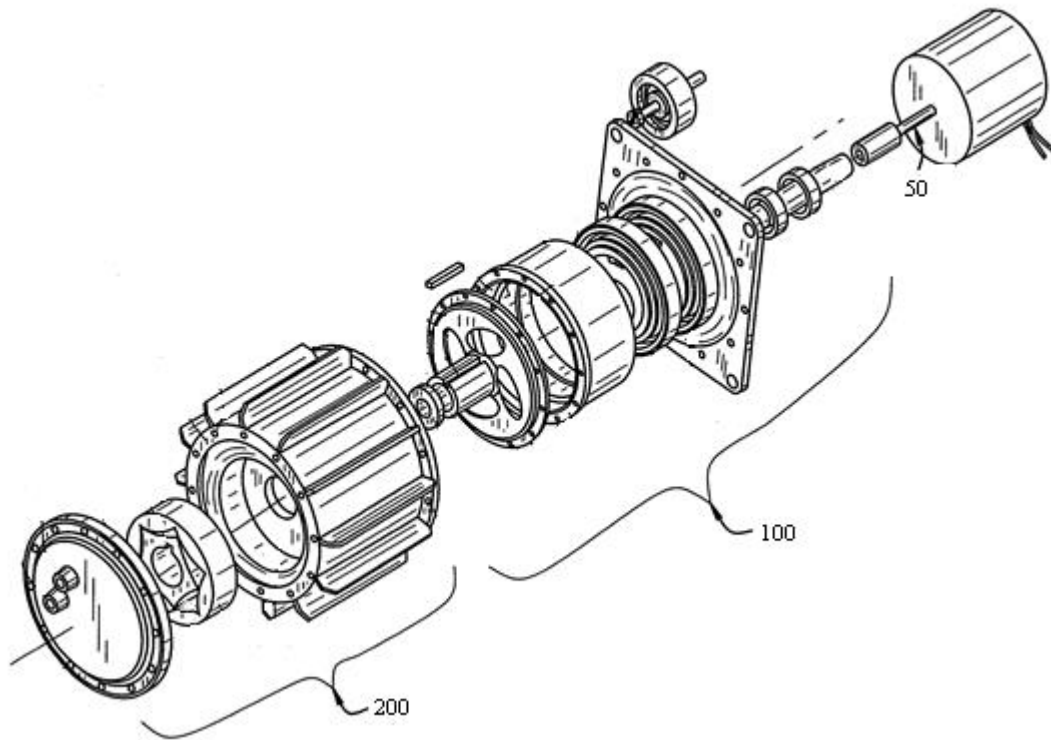


Figure 1. Integrated gear and pump: 50 – motor; 100 - speed reducer; 200 - gerotor pump

The development includes an engine, speed reducer and a gerotor pump, as shown in Figure 1. The motor provides torque at an elevated speed. The gerotor pump uses torque at the reduced speed provided by the reducer for transmission of liquids.

To ensure the required power level of the pump drive, the motor must operate at higher speeds, ensuring a minimum motor size. Therefore, a reducer is often required, connecting the pump and the motor, acting as a torque multiplier. Unfortunately, adding a reducer requires additional space. To do this, it is necessary to integrate the speed reducer with the oil pump.

In patent, the pump and reducer are located in the same housing. The circuit is shown in Figure 2.

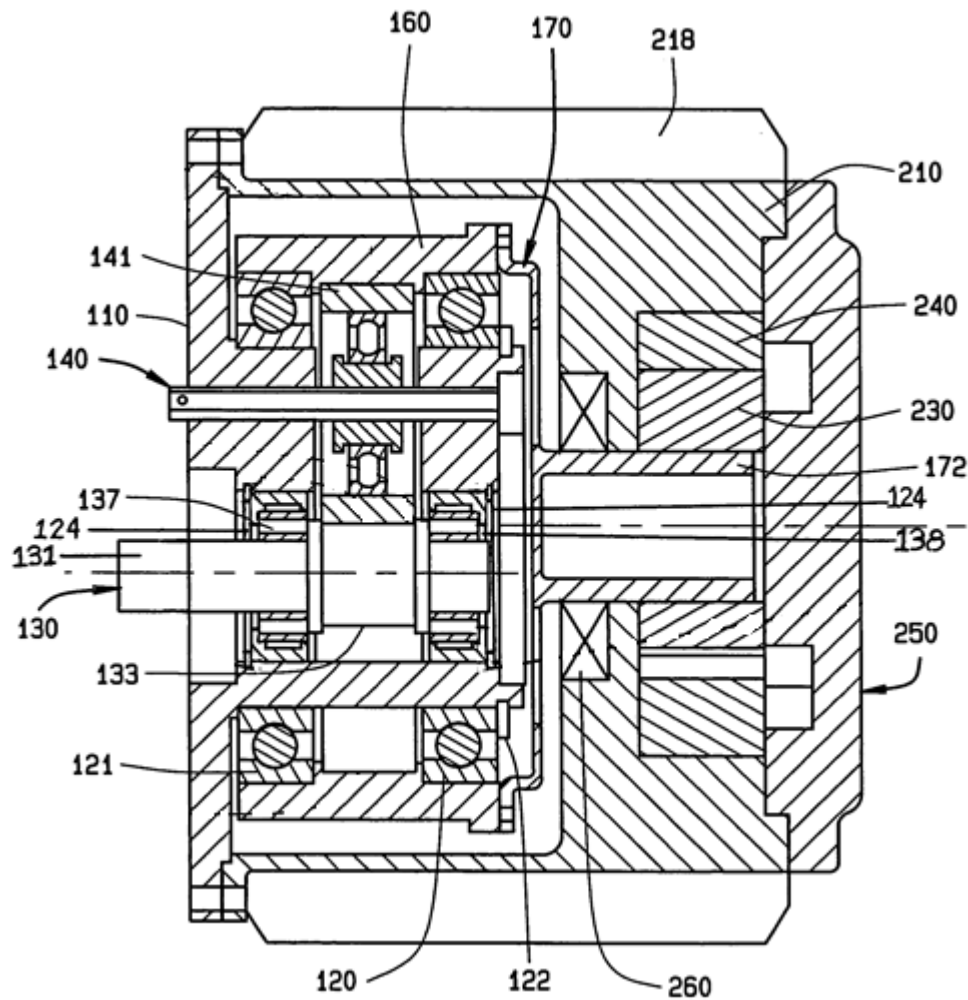


Figure 2. Integrated gear and pump: 110 - carrier ; 120,121 - bearing; 122, 124 - a snap ring; 130 - sun roller assembly; 131 - a sun roller ; 137,138 - bearing; 140- a planet assembly; 141- a planetary roller; 160 - outer ring; 170- output plate shaft; 172 - driving shaft; 210 - housing; 218 - fins; 230 - rotor; 240- ring gear; 250- end cover; 260-bidirectional seal

The speed reducer and the gerotor pump are installed in the housing 210, which has fins 218, for an effective external heat sink. The gear unit elements are installed in the carrier 110. The gearbox sun 130, consisting of a sun roller 131, bearings 137 and 138, snap rings 122 and 124, transmits the rotation from the engine to a satellite 140 whose roller 141 drives the outer ring 160 associated with the output plate shaft 170, thereby increasing the torque and decrease in the speed of rotation. The end cover 250 closes the pump. A seal 260 ensures impermeability of the system.

Advantages of this invention are compactness, by integrating the gear and pump, as well as the presence of an electric motor, which is capable of monitoring and controlling the operation of the system. In addition, one can judge the reliability of the installation.

The disadvantages may be the complexity of the design, as evidenced by the presence of a reducer, as well as the complexity of manufacturing elements.

A possible solution of the maintaining pressure problem in the system is presented in the Russian Federation patent No. 2094657, which describes an invention relating to electrohydraulic control systems and used in systems that regulate the flow of pumped liquid [2]. The scheme of the present invention is shown in Fig. 3.

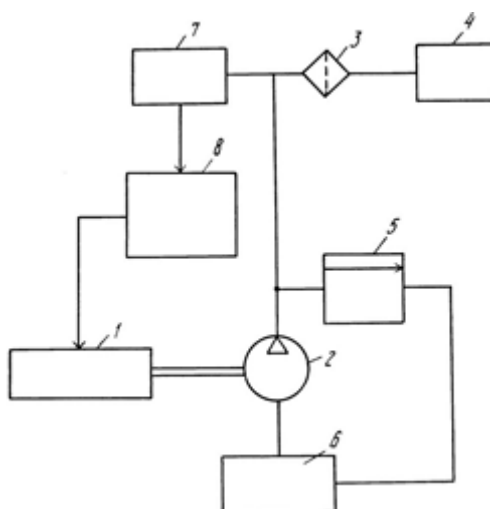


Figure 3. Hydraulic station scheme: 1 – motor; 2 – pump; 3 – filter; 4 – refined products tank; 5 – relief valve ; 6 – crude product tank; 7 – pressure meter; 8 – frequency converter

The installation operation, the scheme of which is shown in Fig. 3, is carried out as follows. After activation the motor 1, on the frequency converter 8 the necessary speed of rotation of the pump 2 is set, which pumps the crude product from the tank 6 through the filter 3 to the refined products tank 4. If the pressure at the output of the pump 2 changes, due to an increase in the load on it or if the filter 4 becomes dirty, the electrical signal picked up by the sensor 7 is fed to the frequency converter, which sets the required engine speed to ensure the flow rate of the pumped liquid.

In this case, the problem is solved through a pressure sensor and a frequency converter, ensuring a high stability of liquid flow and increasing the reliability of the system. In general, the simplicity of the design provides a reduction in losses in the system.

The disadvantages of this system can be that control of other parameters besides pressure is not ensured. The problem of such systems is the change in the structure of the liquid used, i. e. liquefaction or thickening of the liquid, with a change in temperature. As known, the functionality of the hydraulic system depends on the parameters of the liquid. This drawback greatly limits the scope of application of such systems.

This problem is solved in the Russian Federation patent No. 2207244. It presents the design of a hydraulic pump station, which belongs to general engineering, in particular to autonomous energy sources [3]. The installation scheme is shown in Figure 4.

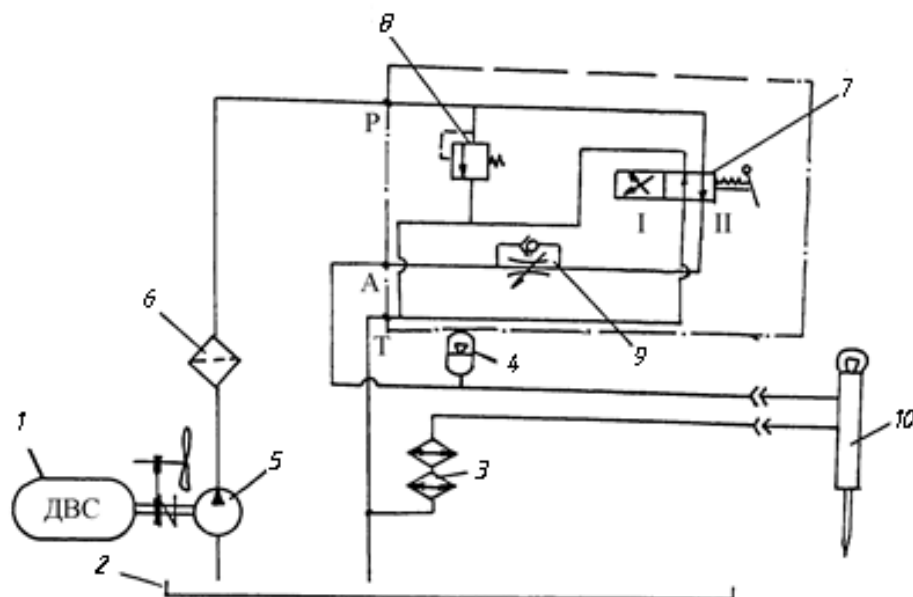


Figure 4. Hydraulic pumping station scheme: 1 - power unit; 2 - tank; 3 - block of air heat exchangers; 4 - accumulator; 5 - pump; 6 - filter; 7 - spool valve; 8 - safety valve; 9 - the throttle; 10 – tool

The invention relates to general mechanical engineering, in particular to autonomous power sources. The hydraulic pump station contains a power unit, a pump unit and a working liquid tank connected to it and hydraulic equipment.

The working liquid from the tank 4, under the pressure created by the pump 5, enters the pressure filter 6 and then into the hydroblock with the spool valve 7, the safety valve 8 and throttle 9.

In the position of the spool valve "I", it passes the working liquid through a small circuit into the hydraulic tank.

In the position of the spool valve "II", the pressurized working liquid is supplied to drive a manual hydraulic fluid tool.

A hydraulic accumulator 4 is installed in the pressure line, which ensures smoothing of the operating pressure pulsation and thus ensures the reliability of the station.

The working liquid, after passing the tool 10 through the drain line through the heat exchanger unit 3, flows into the hydraulic liquid tank 2.

The solution of the problem is achieved through the consecutive connection of heat exchangers on the drain line, and not on the suction line.

These advantages are provided by the use of the accumulator, and the location of the tank with the working fluid above the pump, which avoids cavitation in the pump.

The disadvantages of this system can be considered: the relative complexity that leads to additional losses, the lack of a system of control and regulation.

Conclusions

Using the solutions adopted in the reviewed patents, it is possible to optimize the design of an autonomous mechatronic source of hydraulic energy, also to avoid the deficiencies that they corrected. With improvements discussed setting, the following elements were derived, allowing to simplify the design and improve the source parameters:

- The implementation of an integrated gearbox with a pump increases the reliability of the system;
- Addition of an electronic frequency converter in combination with an automatic control loop will increase the reliability and stability of the system;
- It is necessary to maintain the optimum temperature regime, to ensure the permanence of the properties of the liquid by means of temperature sensors;
- Using the accumulator will increase the reliability of the system.