

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: ИШПР

Направление подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Отделение школы (НОЦ) нефтегазового дела

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
«Разработка автоматического автобалансирующего устройства активного типа»
УДК 63-13-755:004.925.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ74	Изерский Александр Владимирович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Манабаев К.К.	к.ф-м.н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: ИШПР

Направление подготовки: «Нефтегазовое дело»

Профиль подготовки: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Отделение школы (НОЦ) нефтегазового дела

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.10.2017	<i>Введение</i>	5
18.10.2017	<i>Обзор литературы</i>	10
06.11.2017	<i>Объект и методы исследования</i>	20
18.02.2018	<i>Построение CAD модели</i>	10
23.03.2018	<i>Расчетная часть</i>	20
19.04.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
07.10.2018	<i>Социальная ответственность</i>	10
03.11.2018	<i>Заключение</i>	5
13.02.2019	<i>Оформление презентации</i>	10
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Манабаяев К.К.	к.ф.-м.н.		

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями		
Общие по направлению подготовки 21.04.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, для решения <i>прикладных междисциплинарных задач и инженерных проблем</i> , соответствующих профилю подготовки (в нефтегазовом секторе экономики), самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	УК-1, УК-2, УК-6, ОПК-1, ОПК-2, (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).
P2	Планировать и проводить аналитические и экспериментальные <i>исследования</i> с использованием новейших достижений науки и техники, уметь критически оценивать результаты и делать выводы, полученные в <i>сложных и неопределённых условиях</i> ; использовать <i>принципы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности</i>	УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, , ОПК-2, ОПК-6,
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Проявлять профессиональную <i>осведомленность о передовых знаниях и открытиях</i> в области нефтегазовых технологий с учетом <i>передового отечественного и зарубежного опыта</i> ; использовать <i>инновационный подход</i> при разработке новых идей и методов <i>проектирования</i> объектов нефтегазового комплекса для <i>решения инженерных задач развития</i> нефтегазовых технологий, <i>модернизации и усовершенствования</i> нефтегазового производства.	УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11
P4	<i>Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные машины и механизмы</i> для реализации технологических процессов нефтегазовой области, обеспечивать их <i>высокую эффективность</i> , соблюдать правила <i>охраны здоровья и безопасности труда</i> , выполнять требования по <i>защите окружающей среды</i>	ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P5	Быстро ориентироваться и выбирать <i>оптимальные решения в многофакторных ситуациях</i> , владеть методами и средствами <i>математического моделирования</i> технологических процессов и объектов	УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).
<i>в области проектной деятельности</i>		
P6	Эффективно использовать любой имеющийся арсенал технических средств для максимального приближения к поставленным производственным целям при <i>разработке и реализации проектов</i> , проводить <i>экономический анализ затрат, маркетинговые исследования, рассчитывать экономическую эффективность</i>	УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя команды, умение формировать задания и оперативные планы всех видов деятельности, распределять обязанности членов команды, готовность нести	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
	ответственность за результаты работы	26).
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности; активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию и защищать результаты инженерной деятельности	УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30, (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е).
Профиль «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»		
P9	Планировать и организовывать работу по проведению планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания технологического оборудования	ОПК-5, ОПК-6, ПК-3, ПК-7, ПК-9, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-21, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»
P10	Планировать внедрение новой техники и передовых технологий, разрабатывать и реализовывать программы модернизации и технического перевооружения предприятия с целью повышения надежности, долговечности и эффективности работы технологического оборудования	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-10, ПК-12, ПК-17, ПК-21, ПК-23, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»
P11	Организовывать проведение проверок технического состояния и экспертизы промышленной безопасности, проводить оценку эксплуатационной надежности технологического оборудования.	ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-10, ПК-17, ПК-30, требования профессионального стандарта 19.003 "Специалист по ремонту и обслуживанию нефтезаводского оборудования", 19.029 «Специалист по эксплуатации газораспределительных станций», 19.0015 «Специалист по эксплуатации оборудования подземных хранилищ газа»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: ИШПР

Направление подготовки (специальность) 21.04.01 «Нефтегазовое дело»

Отделение школы (НОЦ) нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ74	Изерскому Александру Владимировичу

Тема работы:

«Разработка автоматического автобалансирующего устройства активного типа»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	04.02.2019 г № 852/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	05.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p>В качестве объекта исследования принимается автоматическое автобалансирующее устройство активного типа. Данное устройство предназначено для снижения вибрации роторных машин в режиме реального времени.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<p>Разработка и 3-D моделирование экспериментальной установки АБУ активного типа. Разработка алгоритмов управления корректирующими массами для снижения вибрации роторных машин в режиме реального времени. Определение оптимального положения маятников автобалансирующего устройства.</p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
--	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Романюк Вера Борисовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Английский язык	Бекишева Татьяна Геннадьевна

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
--

<p>Обзор литературы</p>

<p>Объект и методы исследования</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г.Р.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ74	Изерский Александр Владимирович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 108 с., 42 рис., 15 табл., 50 формул, 40 источников, 1 прил.

Ключевые слова: Автоматическое автобалансирующее устройство, вибрация, неуравновешенность, дисбаланс.

Объектом исследования является: Автоматическое автобалансирующее устройство активного типа, которое предназначено для снижения вибрации роторных машин в режиме реального времени.

Цель работы – Разработка и 3-D моделирование экспериментальной установки АБУ активного типа. Разработка алгоритмов управления корректирующими массами для снижения вибрации роторных машин в режиме реального времени.

В процессе исследования проводился анализ выхода из строя вращающихся роторов.

В результате исследования предложено устройство уменьшающее вибрацию.

Степень внедрения: Данное устройство можно внедрять в любое современное производство, где используются роторные машины.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в увеличении срока службы узлов роторных машин, за счет уменьшения уровня вибрации.

В будущем планируется использование результатов исследования для внедрение разработанной технологии в производство.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения с соответствующей расшифровкой:

АБУ– автобалансирующее устройство;

КГ – корректирующий груз;

КМ – корректирующие массы;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ЧС – чрезвычайные ситуации.

Оглавление

Введение	12
1. Обзор литературы.....	14
1.1 Принудительное перемещением корректирующих масс в автобаланси- рующих устройствах.....	14
1.2 Автобалансирующие устройства активного типа	16
2. Объект и методы исследования.....	25
2.1 Проблематика	26
2.2 Задачи исследования	27
2.3 Предложенное решение	28
3. Построение САД модели	32
3.1 Выбор свойств материала	40
3.2 Задание типов конечных элементов	41
3.3 Задание граничных условий	42
3.4 Анализ результатов	43
4. Расчет емкости и параметров автоматического автобалансирующего устройства активного типа	46
4.1 Расчет параметров первого диска.....	47
4.2 Расчет параметров второго диска.....	52
4.3 Определение оптимального положения маятников автобалансирующего устройства.....	53
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .	58
5.1 Экономическое обоснование разработки конструкции автоматического автобалансирующего устройства активного типа.....	58
5.2 Расчет затрат на специальное оборудование и компоненты для проведе- ния научного исследования и экспериментальных работ.....	58

5.2.1 Расчет материальных затрат НТИ	59
5.2.2 Расчет расходов на транспорт.....	61
5.2.3 Фонд рабочего времени научно-технического персонала	61
5.2.4 Расчет заработной платы.....	63
5.2.5 Затраты на единоразовые выплаты.....	64
5.2.6 Страховые взносы во внебюджетные фонды.....	65
5.2.7 Расчет контрагентных расходов	66
5.2.8 Накладные расходы	66
5.3 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта.....	66
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	67
6. Социальная ответственность	72
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности в лабораторных условиях	72
6.2 Безопасность проектируемой рабочей среды	73
6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов в лабораторных условиях	75
6.2.2 Влияние на человека повышенного уровня шума.	75
6.2.3 Влияние на человека повышенного уровня вибрации	76
6.2.4 Влияние на человека микроклимата на рабочем месте	78
6.2.5 Влияние на человека недостаточной освещенности в лаборатории.	79
6.2.6 Влияние повышенного значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.....	79
6.2.7 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника лаборатории	80
6.3 Экологическая безопасность.....	83
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84

6.4.1 Действия сотрудников лаборатории при возникновении пожара	87
Заключение	90
Список использованных источников	91
Приложение А	95

Введение

Стремительный прогресс в развитии техники, приводит к увеличению угловых и линейных скоростей механизмов. Увеличение уровня вибрации, является результатом данного процесса. Любое машиностроительное производство использует инструменты с вращающимися частями. В процессе работы таких механизмов, всегда существует проблема, связанная с вибрацией. Она является следствием возникновения дисбаланса. Анализируя выходы из строя машин и механизмов, из-за подобного рода проблем, можно заметить, что самым надежным и эффективным способом улучшения вибрационного состояния вращающихся частей является балансировка.

Вибрации в процессе эксплуатации приводят к повышенному износу деталей и узлов, снижению долговечности подшипников, возникновению аварий, усталостному разрушению деталей, повышенному энергопотреблению, негативному воздействию на организм человека. Результатом этого является нарушение технологического процесса, с повышением вероятности выхода из строя машин и механизмов.

Проблема: При эксплуатации оборудования, часто проводится дополнительная балансировка ротора, с целью устранения его неуравновешенности. Для осуществления данной задачи, необходима остановка всех вращающихся частей и механизмов, что в большинстве случаев нежелательно, поскольку влияет на непрерывность технологических процессов. Устранять данного рода проблемы предлагается с использованием автоматического автобалансирующего устройства активного типа.

Цель работы: Разработка и 3-D моделирование экспериментальной установки АБУ активного типа. Разработка алгоритмов управления корректирующими массами для снижения вибрации роторных машин в режиме реального времени.

Задачи:

1. Провести анализ литературы выбранного устройства;

2. Разработать схему АБУ активного типа;
3. Построить 3-D модель автобалансирующего устройства и описать её;
4. Разработать алгоритм управления корректирующих масс;
5. Провести расчеты для определения параметров АБУ;

Научная новизна

Разработка оригинального алгоритма перемещения корректирующих масс, приводящего к последующему устранению неуравновешенности ротора.

Практическая значимость работы

Полученные данные, помогут решить проблемы, связанные с неуравновешенностью ротора в таких сферах как: энергетика, нефтяная, химическая, атомная и пищевая промышленности.

1. Обзор литературы

1.1 Принудительное перемещением корректирующих масс в автобалансирующих устройствах

Корректирующие массы в автобалансирующих устройствах со случайным методом поиска можно перемещать с помощью шаговых двигателей. С блока управления подают команды на данный механизм, который устанавливается на неподвижных частях машины или роторе. В случае установки на неподвижных частях машин, команды подаются через токосъемник. Блок управления содержит генератор случайных сигналов, вырабатывающий команды для исполнительного механизма равной вероятностью движения в каждом направлении [1]. При этом измеряют величины вибрации опор или напряжения изгиба ротора. Сигналы вибрации опор с датчиков через усилители подают в блок сравнения.

В случае, когда движения корректирующих масс и уровень вибрации остается неизменным, проводится поиск в случайном варианте перемещения, пока вибрационный уровень не будет соответствовать допустимым значениям. При достижении данного уровня вибрации, подачу сигналов прекращают и останавливают исполнительный механизм [2]. Если вибрации остаются неизменными, балансирующее устройство выдает другой случайный вариант движения и балансировка продолжается.

Случайность варианта движения корректирующих масс, осуществляет независимую работу устройства от частоты его вращения, с последующим устранением вибрации от трения соприкасающихся частей, нагрева этих элементов, эксплуатационных факторов и конечно дисбаланса. Данная система работает с аппаратурой показывающей, изменение вибрации, а также их наличие на опорах. Естественно, такие системы сложны и нуждаются в каналах, способных передавать информацию и энергию со статических частей на вращающиеся. Ввиду методов случайного поиска, существует сложность, связанная с тем, что временной промежуток балансировки не постоянен, потому гарантии ее обеспечения в приемлемое время, нет. При

этом дисбаланс может возрасть на величину, характеризуемую неопределенностью.

Автобалансирующее устройство с направленным перемещением по заданным траекториям корректирующих масс, управляемых с помощью следящих систем экспериментального регулирования, балансировка роторов в балансирующей машин на всех частотах более надежная и производительная [3]. В таких устройствах, система автоматического регулирования которая питается от внешнего источника энергии, является замкнутой.

Со следующими системами автобалансирующее устройство за счет реагирования на рассогласование между выходными векторами дисбалансов и входными векторами дисбалансов корректирующих масс или чувствительных элементов сигналами, что обеспечивает высокую точность балансировки системы и ее быстродействие [4]. Содержащийся распознающий элемент рассматриваемого устройства, учитывая свойства системы распознает положение дисбаланса. Для перемещения корректирующих масс используют шаговые электродвигатели. Также имеется усилитель с преобразователем для получения более точных и точных сигналов на регулятор, который учитывает изменение фазы между векторами прогиба и дисбаланса.

Используя механическую передачу, происходит перемещение АБУ, посредством исполнительного механизма оснащенного системой контактов электродвигателей [5]. Механизмами жидкостного типа управляют благодаря клапанам, предназначенных пропускать жидкость, под действием центробежной силы, приобретенной насосом. Переключать контакты или клапана можно используя такие элементы как, автобалансирующие устройства со свободным перемещением малых корректирующих масс [6].

Системой экстремального регулирования можно управлять исполнительными механизмами. Рассматриваемая система содержит автоматическое управляющее устройство и датчики вибрации. Управляющее

устройство сравнивает сигналы датчиков с допустимыми и вырабатывает программу, которая направленно перемещает наши корректирующие массы для снижения уровня дисбаланса. Системы регулирования по методу градиента или наискорейшего спуска осуществляют одновременное перемещение корректирующих масс в направлении уменьшения дисбаланса до допустимого значения, но при этом конструкция автобалансирующего устройства получается достаточно сложной [7]. В системе управления по методу Гаусса-Зайделя минимум колебаний ротора достигают последовательным перемещением корректирующих масс с достижением минимума вибраций при каждом движении, что приводит к относительно небольшому увеличению продолжительности балансировки.

В качестве главных конструктивных признаков, характеризующих исполнительный механизм, и выполняемый с его помощью процесс балансировки, принимают реализованную в исполнительном схеме компенсации дисбаланса ротора и алгоритм перемещения корректирующих масс [8]. При рассмотрении вариантов схем компенсации дисбаланса решают задачу, каким числом корректирующих массы по каким алгоритмам их перемещения можно обеспечить изменение величины и фазы суммарного дисбаланса с учетом того, что при отсутствии дисбаланса ротора суммарный дисбаланс от корректирующих масс должен равняться нулю.

1.2 Автобалансирующие устройства активного типа

Зачастую, балансировка автоматических автобалансирующих устройств активного типа обладает слабой зависимостью от частоты вращения ротора. Траектория движения и скорость перемещения корректирующих масс обусловлена неуравновешенностью [9]. Она зависит от настройки чувствительности измерительной системы, типа используемого привода для перемещения корректирующих масс и типа схемы рассматриваемого устройства. Можно сделать вывод, что автобалансирующие устройства активного типа полезны и осуществляют

точность установки балансировочных элементов на высоком уровне. Это обеспечивает сбалансированность ротора, которая максимально возможна при данной сборке системы.

Принципиальным отличием АБУ активного типа от всех остальных является его принцип построения, который заключается в замкнутости системы [10]. Она состоит из значительного количества отдельных блоков, отвечающих за разные функциональные аспекты. Из-за этого данные системы являются сложными, массивными в конструктивном плане и весомой стоимости. Авторами основополагающих трудов, в которых были рассмотрены всевозможные вопросы касающиеся балансировки ротора с применением автоматического автобалансирующего устройства активного типа являются Сусанин В.И., Гусев В.Г., Соколов А.П., Сутормин В.И и многие другие [11]. Важным для данной работы оказался труд Расстригина Л.А. в котором было разработано устройство со случайным методом поиска положений для корректирующих масс Также важный вклад в работу внесли труды Народицкой Ю.И., Колосова Ю.А. и Куинджи А.А., описавшие конструкции и принципы работы устройств автоматической балансировки на всех режимах с принудительным центрированием [12].

Горбунов Б.И. провел анализ автоматических автобалансирующих устройств активного типа, встречающихся в мировой практике, и выяснил, что разные страны подходят к разработке неодинаково, нет единой системы построения подобного вида устройств. Чтобы охватить всё разнообразие конструктивных вариантов АБУ была разработана матрица. Она включает в себя различия по перемещению корректирующих масс, элементам системы управления устройством и типу привода [13]. Если более конкретизировано, то было выявлено тридцать видов систем управления в автоматическом режиме, около семи видов сочетаний траекторий перемещения корректирующих масс в режиме реального времени и семь приводов автоматических автобалансирующих устройств.

Говоря о дальнейшем развитии АБУ активного типа можно выделить несколько направлений. Первое, развить технологию машиностроения, которая откроет использование автоматизированных гибких производств. Это поспособствует открытию новых возможностей в сфере применения автобалансирующих устройств. В перспективе создание самонастраивающихся систем управления [14].

Следующим будет усовершенствование измерительных систем АБУ активного типа, элементов базы приводов, повышении надежности и улучшении систем управления процессами. Улучшив механическую часть, сразу же будет виден результат в более высоких показателях свойств автобалансирующего устройства.

Стоит рассмотреть в соответствии с задачами балансировки вышеуказанные устройства с точки зрения конструкции. Метод выбора оптимального положения корректирующих масс направленного действия является отличительным в автобалансирующих устройствах активного типа. Подобного рода устройства спроектированы таким образом, что их метод поиска независим от работы и частоты вращения ротора. Рост дисбаланса на неопределенную величину является главным недостатком, поскольку метод случайного поиска требует определенных временных затрат. Надежность процесса балансировки можно увеличить, обустроив некоторую закономерность метода поиска [15]. Примером тому может послужить применение закона управления, характеризующегося минимизацией временного перехода балансировки, исходя из количества балансировочной жидкости резервуара, в который она с учетом сдвига фаз впрыскивается. Такой закон можно реализовать только в том случае, когда есть непрерывная компенсация дисбаланса ротора. Компенсирующая жидкость вводится исходя из начального дисбаланса, который фиксируется специальными измерительными датчиками, высокого класса точности.

Рассматривая случай вращения ротора, стоит заметить, что балансировка его будет осуществляться циклами. Чтобы осуществить один

из циклов выравнивания, необходимо ввести в компенсирующую камеру такое количество жидкости, которое в массовом эквиваленте гораздо меньше чем требуется, для осуществления балансировки. Далее из полученных данных измерительного датчика, а именно, определения фазового сдвига между замеренным и фактическим углом дисбаланса производим расчеты [16]. Определяется погрешность передаваемой информации, она зависит от отклонения дисбаланса, измеренного датчиком от фактического по амплитуде. Чтобы компенсировать остаточный дисбаланс, учитывая его фазовый сдвиг вводим количество, жидкости удовлетворяющее данным, в одну или несколько связующих камер. Используя современные микропроцессоры, становится очевидным факт достижения степени быстродействия высокой степени, это необходимо для расчета количества компенсирующей жидкости и коэффициентов градации.

Автобалансирующие устройства активного типа не нуждаются в регистрации измерения фаз дисбаланса и показывают только вибрации опор с изменением их амплитуды, благодаря измерительной системе [17]. Это перспективное направление в простоте и надежности, благодаря уменьшению количества вращающихся элементов и свойственно выполняемых функций. Конструкцию автобалансирующих устройств можно упростить, используя жидкостные элементы свободного перемещения масс, вместо чувствительного элемента.

Активное механическое устройство является примером вышеуказанной системы. Такой тип устройств содержит расположенную центрально относительно оси вращения камеру, заполненную выбранной жидкостью (рисунок 1). Внутри камеры перемещается поплавков, масса которого много меньше веса вытесняемой им жидкости. Когда проявляется смена положения элемента в камере, значит возникла неуравновешенность. В рассматриваемой камере элемент находится в свободноплавающем состоянии, как только происходит изменение положения, механизм приводится в действие. Недостатком данного чувствительного элемента, является затруднение

определения угла вектора дисбаланса, образованного вследствие трения скольжения или качения. Жидкостные чувствительные элементы не могут позволить организовать высокую точность.

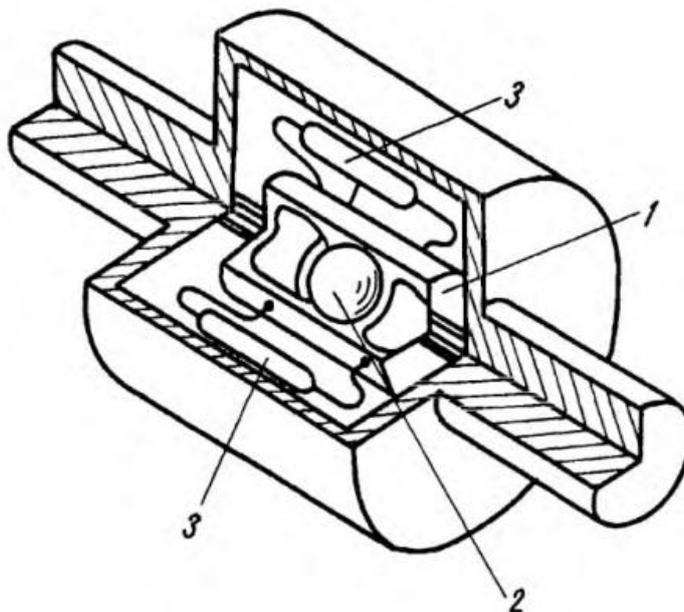


Рисунок 1 – Устройство балансировки вращающихся деталей:

1 – камерная жидкость; 2 - чувствительный элемент;

3 - балансировочные грузы.

Состояние неуравновешенности ротора более высокой точности можно получить с помощью датчиков используемых для балансировки тел вращения в автоматическом режиме. На (рисунок 2) схема устройства служащего для балансировки вращающихся тел, а более конкретно центрифуг. Состоит оно из кольцевой камеры заполненной неуравновешенной массой, расположенной на роторе. Силовые сенсоры на рассматриваемом объекте центрифуги, располагаются симметрично [18].

Повысить качество балансировки можно оптимизируя механическую часть автоматического автобалансирующего устройства, которая также важна, как и система перемещения корректирующих масс, наряду с измерительной составляющей. Устройство, разработанное Уфимским институтом, состоит из опоры для ротора с установленной на ней датчиком,

планетарного редуктора и зубчатых колес. В данном типе устройств, для повышения точности, есть вторая пара зубчатых колес, обеспечивающих балансировку. Неуравновешенные зубчатые пары колес, располагаются диаметрально противоположно относительно оси вращения ротора (рисунок 3).

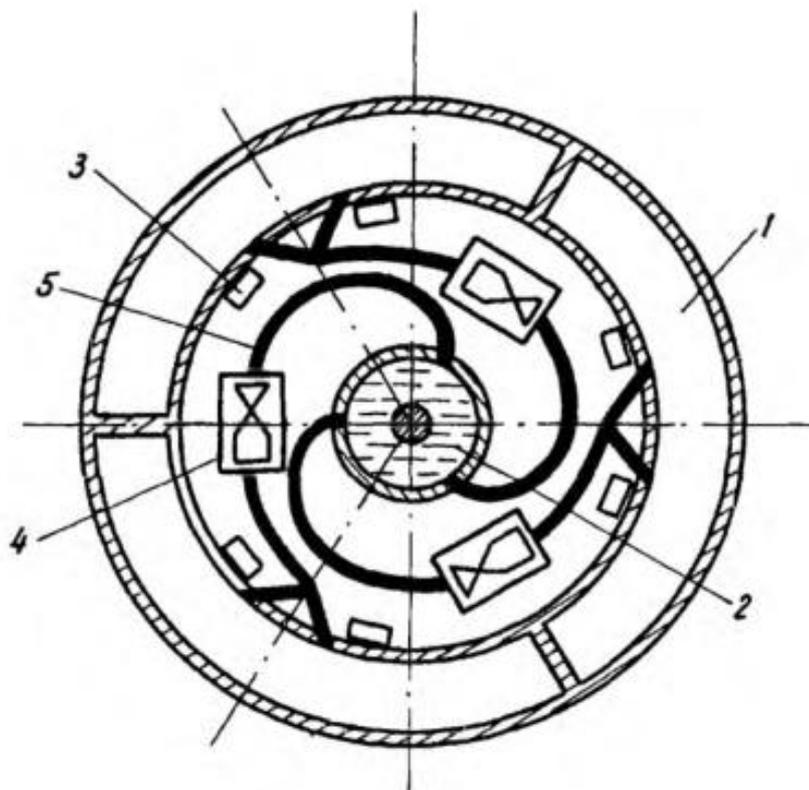


Рисунок 2 – Устройство автоматической балансировки тел:
1 - уравнивающая полость; 2 - центральный резервуар;
3 – силовой датчик; 4 - сервопривод; 5 – трубопровод.

Уникальным трудом, раскрывающим принципиально новый тип устройств, предназначенных для балансировки вращающихся роторов, является работа Ивина С.М., Виноградова Л.В. и Сидорова В.Е. Система автоматической балансировки ротора обусловлена принудительным перемещением корректирующих масс [19]. Как правило, используется пара корректирующих масс, для обеспечения полного уравнивания ротора. Простота конструкции и значительно увеличивает скорость балансировки, а усовершенствуя систему измерения, появляется возможность на еще более

высоком уровне повысить качество установления вибрации и впоследствии устранения вибрации.

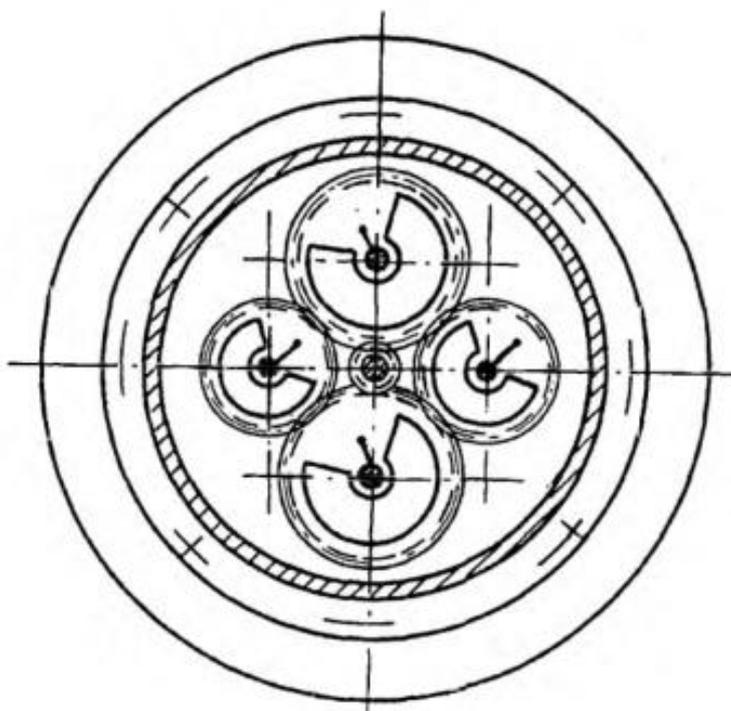


Рисунок 3 – Устройство предложенное:
Ивиным С.М.; Виноградовым Л.В.; и Сидоровым В.Е.

Ключевой проблемой не менее важной чем точность балансировки, является повышение производительности, которая зависит от показателя емкости устройства. Это представлено в работе Добровольского Г.Г., Крячекова Б.С., Белоусова В.П. и Крикуненко В.Л, где балансировочные резервуары выполнены в своей уникальной форме, для балансировки тел вращающихся устройств [20].

Устройство балансировки ротора, при его непосредственном вращении, было предложено такими выдающимися людьми как Григорян А.Х. и Саркисян А.Е. Их идея заключается в следующем, активное жидкостное устройство содержащее корпус, который установлен соосно ротору, несколько резервуаров с корректирующей массой установленные равномерно вокруг оси корпуса, с блоком управления клапанов, снижают энергоемкость устройства, за счет исключения давления необходимого для перемещения

жидкости. Данное оборудование отличается тем, что свои клапаны имеют как основные, так и дополнительные резервуары [21].

Соединение основных резервуаров осуществляется через каналы, выполненные в корпусе. Причем один канал установлен при выходе в дополнительный резервуар, а другой на входе в основной резервуар. Само перемещение балансирующей жидкости проходит по каналам, представляющим из себя часть витка спирали при вращении системы под действием центробежных сил (рисунок 4).

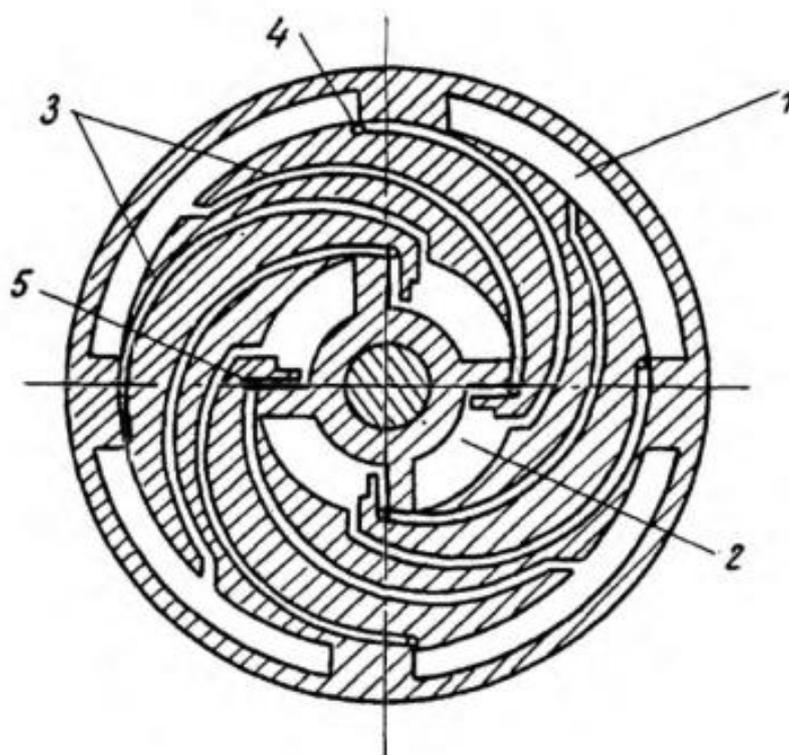


Рисунок 4 – Устройство Григоряна А.Х. и Саркисяна А.Е.

1 - основные балансирующие резервуары; 2 - дополнительные резервуары;
3 - каналы; 4 – клапаны.

По результатам проведенного анализа современных средств балансировки и их методов, стоит выделить несколько моментов. Заметно улучшается развитие автобалансирующих устройств активного типа. Если более конкретизировано, совершенствуется система автоматического

перемещения корректирующих масс, измерительная система и механические части рассматриваемых устройств [22].

Улучшение к примеру кинематической схемы, и конструкции, которые зависят от типа используемого привода, приводит к более высокой надежности и эффективности оборудования. Все известные АБУ активного типа на любых частях вращения обеспечивают быструю и точную балансировку ротора. Ввиду сложной конструкции, увеличивается и точность устройства, однако наличие такой системы массивно и является дорогостоящим. Такое оборудование применяется в областях, где необходима высокая точность балансировки, учитывая экономическую целесообразность определения высокого уровня измерительных средств.

2. Объект и методы исследования

В качестве объекта исследования выступает АБУ активного типа. Основным его достоинством является работа на всех режимах, что же касается недостатков, то здесь весомую роль играет сложность конструкции (рисунок 5).

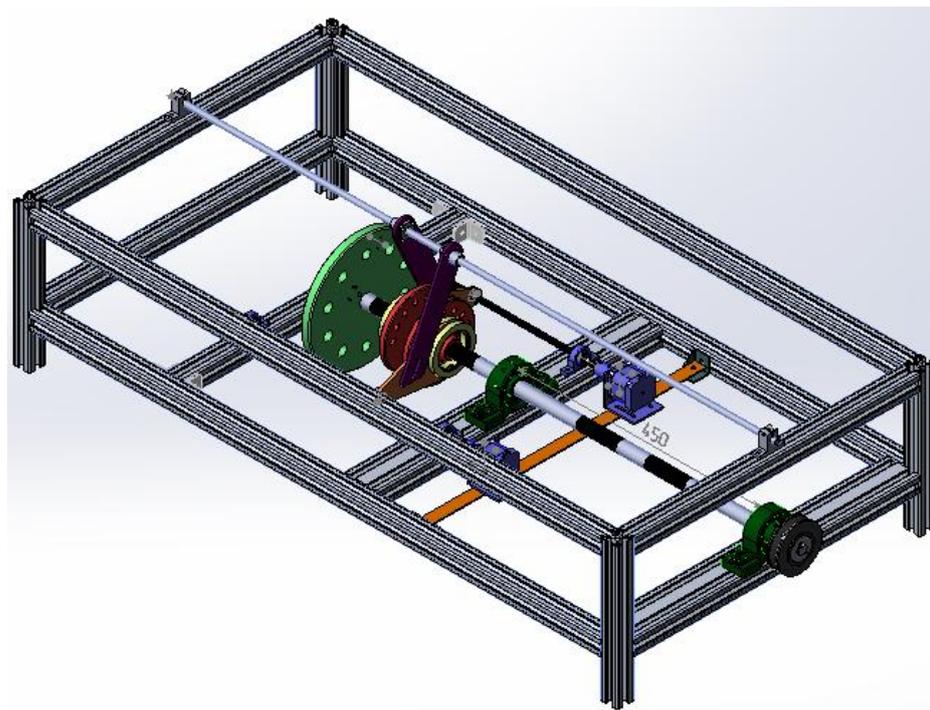


Рисунок 5 – Автоматическое автобалансирующее устройство активного типа.

Благодаря достоинствам недостатки играют не совсем значительную роль, поскольку есть возможность проводить балансировку, не останавливая устройство. Это позволяет сократить значительные расходы, где остановка оборудования приводит к большим временным и финансовым затратам. Использование автоматизированной системы обнаружения вибрации, ведет к улучшению точности балансировки и снижению неуравновешенности до минимума.

В пассивных АБУ находятся рабочие элементы (корректирующие массы), которые перемещаются за счет внутренних сил, работа активных АБУ на прямую зависит от источника внешней энергии [23].

Принципиальная схема данного устройства выглядит следующим образом (рисунок 6).

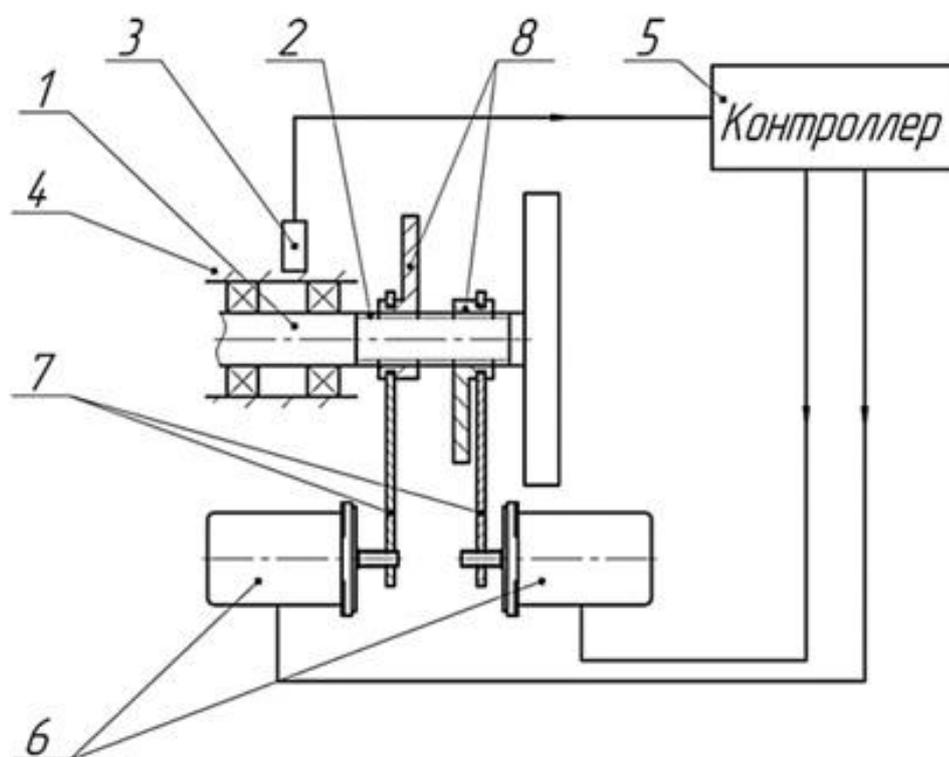


Рисунок 6 – Схема работы АБУ с двумя корректирующими массами:
1 – ротор, 2- резьба, 3 – датчик вибрации, 4 – опоры с подшипниками,
5 – блок управления, 6 – шаговые двигатели, 7- вилки, 8 –массы.

2.1 Проблематика

Стремительное развитие техники ведет к увеличению линейных и угловых скоростей механизмов, следствием этого является увеличение уровня вибраций.

Известно, что вибрации приводят к: повышенному износу деталей и узлов, снижению долговечности подшипников, возникновению аварий, усталостному разрушению в деталях, повышенному энергопотреблению, снижению качества продукции, негативному влиянию на людей (вибрационной болезни) [24].

Причинами же возникновения вибраций (рисунок 7) являются:

- Неуравновешенность;
- Износ узлов;
- Неоднородность материала ротора;
- Погрешность изготовления и сборки;
- Оседание на роторе загрязняющих частиц.

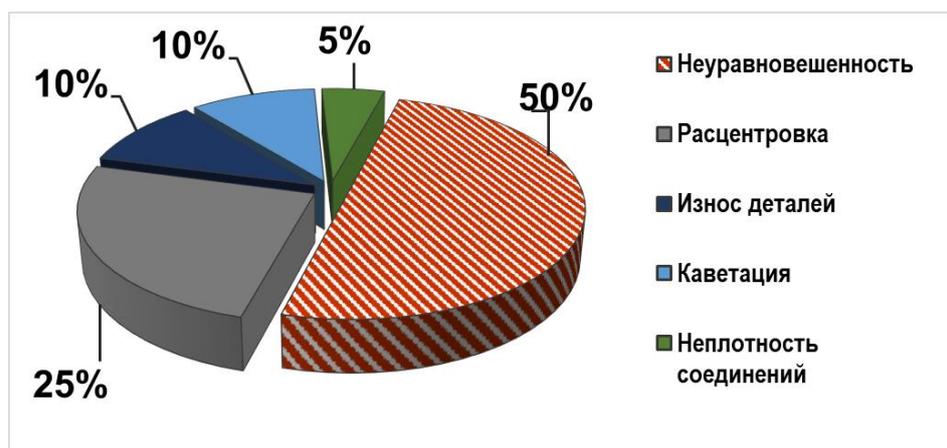


Рисунок 7 – Основные причины повышенной вибрации.

Анализ выхода из строя центробежных насосов, предназначенных для перекачивания легковоспламеняющихся, горючих жидкостей показывает, что основной причиной возникновения вибрации является неуравновешенность, которая составляет 55% [25].

Улучшить точность балансировки механизмов необходимо, поскольку это на 10% повышает полезную мощность, а также увеличивает срок службы оборудования более чем на 25%, нормализует условия труда.

2.2 Задачи исследования

Задачей текущего исследования, является построение 3D модели автоматического автобалансирующего устройства, с последующим определением допустимых вибраций и проявлением в процессе работы недостатков конструкции, для немедленного их устранения [26].

Необходимо будет разработать устройство для уравновешивания вращающихся роторов. Далее будет проведение испытаний, по выбранному

алгоритму поиска и устранения неуравновешенности, а также проведение аналитической работы по полученным результатам. Схематически исходная модель выглядит следующим образом (рисунок 8).

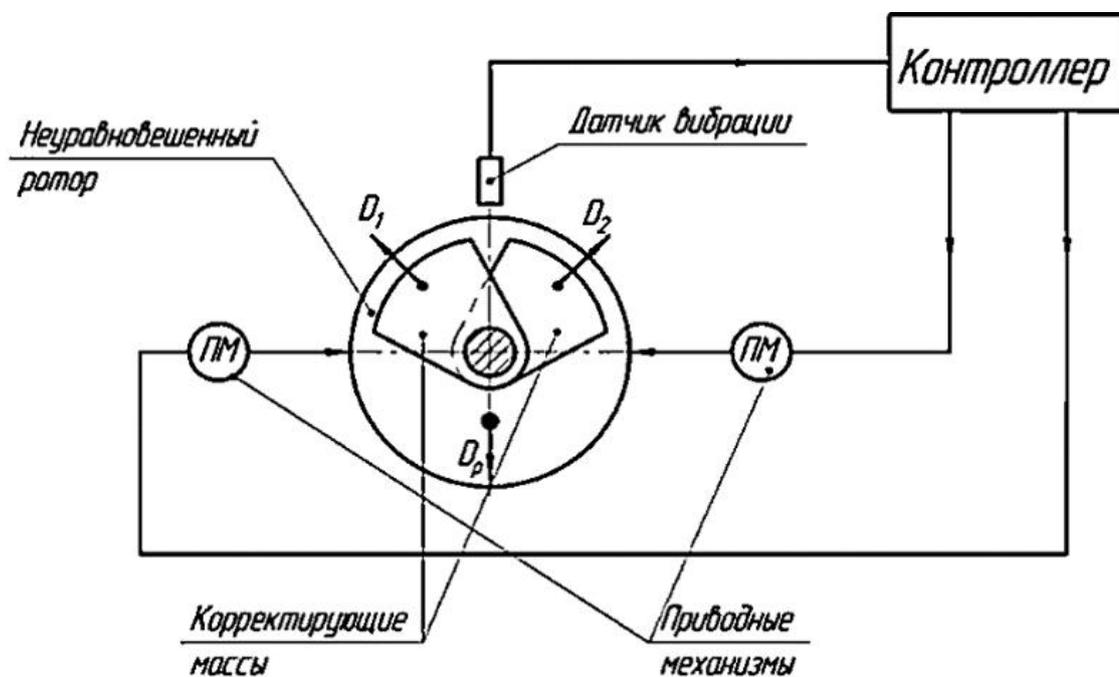


Рисунок 8 – Схематическая модель АБУ активного типа.

Необходимо провести испытания с выявлением допустимых вибрационных показателей, а также удостовериться в работе корректирующих масс, представляющих собой металлические диски маятникового типа. Определить показатели неуравновешенности, которые могут возникнуть в реальных условиях при рабочей ситуации на производстве.

2.3 Предложенное решение

В данной работе ключевая роль принадлежит неуравновешенности. Она трактуется следующим образом, это состояние ротора при вращении которого возникают переменные нагрузки на его опорах, что вызывает последующий изгиб (рисунок 9) [27].

Неуравновешенность бывает трех видов:

- Статическая – где центральная ось инерции, так называемая главная и ось вала параллельны.

- Моментная – где оси пересекаются именно в центре масс вращающегося ротора S ;

- Динамическая – где пересечение происходит вне центра масс, либо с переkreщиванием в пространстве.

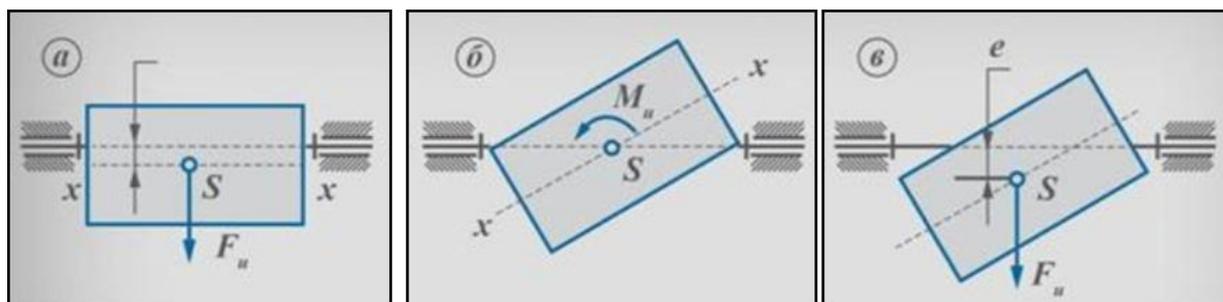


Рисунок 9 – Виды неуравновешенностей: а) статическая; б) моментная; в) динамическая;

Чтобы избежать вышеперечисленные виды неуравновешенностей, было предложено использовать автоматического автобалансирующего устройства маятникового типа, которое выглядит следующим образом (рисунок 10).



Рисунок 10 – Предложенная модель автоматического автобалансирующего устройства активного типа.

Корректирующие массы приводятся в движение при помощи шаговых двигателей. Шаговые двигатели приводят в движение ходовой винт с гайкой, на которой установлена вилка, которая перемещает корректирующие массы по резьбе [28].

Чтобы эффективно устранять неуравновешенность, был выбран алгоритм работы АБУ со случайным методом поиска, схематически он выглядит так (рисунок 11).

Всё начинается с того, что блок управления получает числовые значения вибрации ротора, откуда получает и её уровень. Когда уровень вибрации превышает допустимые нормы, блок обрабатывает информацию и подает команду на изменение текущего положения корректирующих масс. Такие манипуляции идущие от блока управления, передают информацию о вибрации ротора [29]. Информация, идущая от ротора к блоку управления, является ответом на движение регулятор. Такая команда несет в себе положительный либо отрицательный ответ. В случае неизменности вибрации, считается что она увеличивается.



Рисунок 11 – Алгоритм работы АБУ с использованием случайного метода поиска.

Также при увеличении вибрации блок управления в случайном порядке перемещает корректирующие массы. Данный процесс будет протекать до тех пор, пока не найдется направление, которое будет приводить к снижению сложившегося уровня вибрации [30].

Отсюда следует вывод, что условие балансировки ротора должна следовать следующему правилу. Математическая настройка ротора должна превышать его расстройку [31]. Устройство оснащено функцией запоминать предыдущие действия, а на основании полученного опыта более быстро и эффективно устранять вибрации.

3. Построение CAD модели

Solidworks — программный комплекс САПР предназначенный для автоматизации этапов подготовки производства. Основной задачей Solidworks является работа с 3D моделями, именно о них и будет идти речь .

Начнем создание простейшей 3D модели с построения ее эскиза, для этого выполним следующие действия:

- В открывшемся окне программы выбрать пункт создать новый документ;
- Выбрать тип документа, на первых этапах нам будет достаточно деталь (рисунок 12).

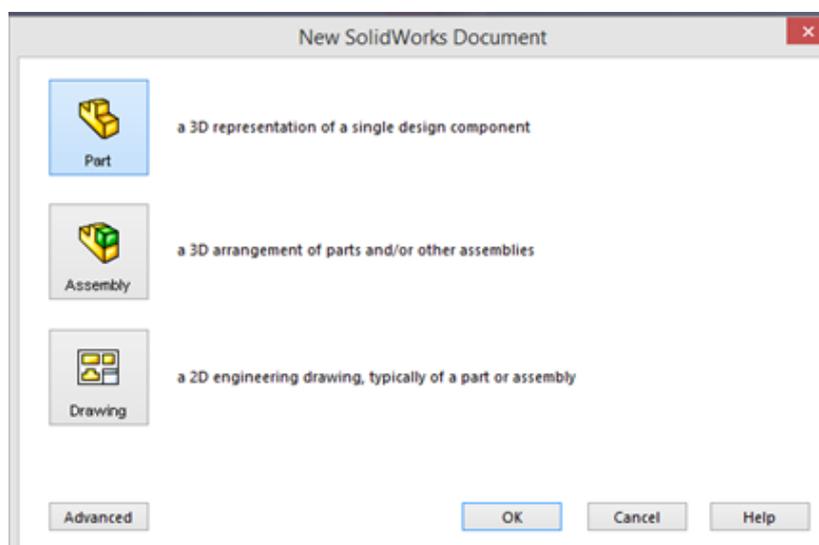


Рисунок 12 – Схема вариантов типов документов.

После чего появится рабочая область, которая будет выглядеть примерно так (рисунок 13):

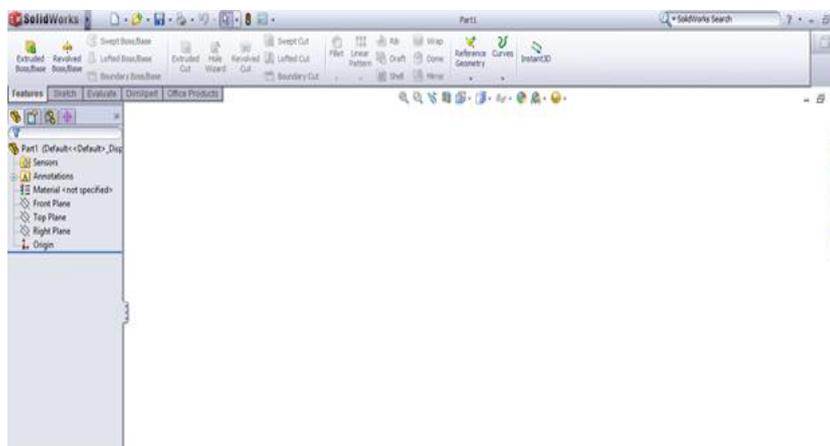


Рисунок 13 – Рабочая область выбранного раздела

Далее следует выбрать плоскость, с которой начнется постройка эскиза, для нашего случая выберем вид спереди (Front Plane) (рисунок 14). После чего можно сразу приступить к постройке эскиза.

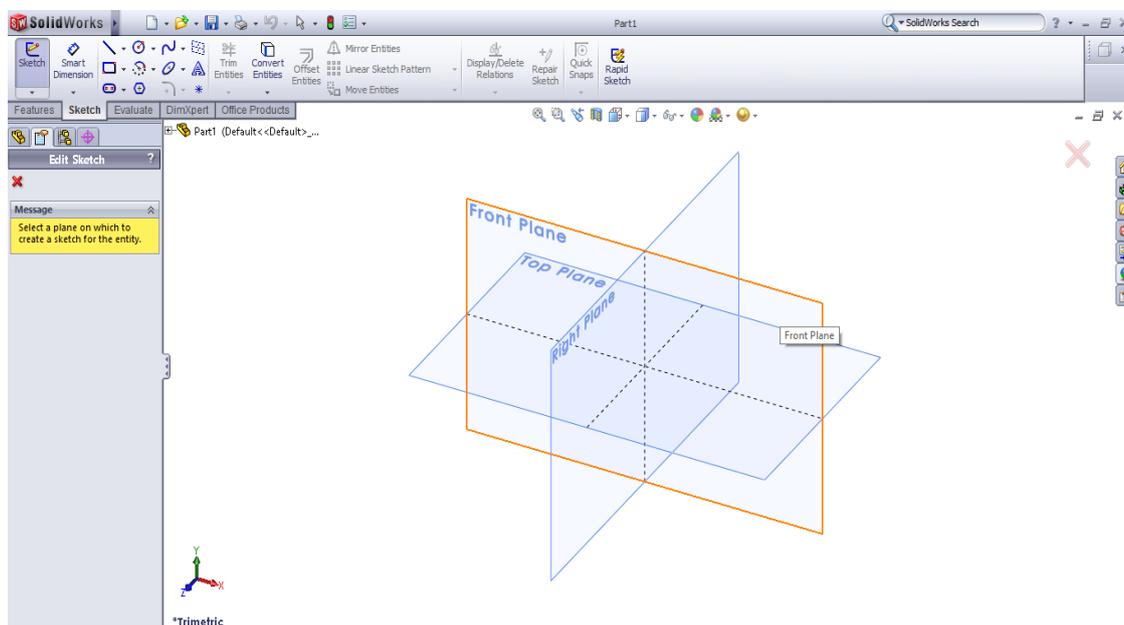


Рисунок 14 – Схема выбора рабочей плоскости.

В SolidWorks эскиз следует начинать с оси, которая проводится через центр координат. Для построения оси следует выбрать команду Линия, кликнуть по ней и выбрать Пунктир, после чего провести осевую линию. Далее построим «черновую» модель нашего эскиза [23]. Для этого используя команду линия, построим произвольный прямоугольник (рисунок 15).

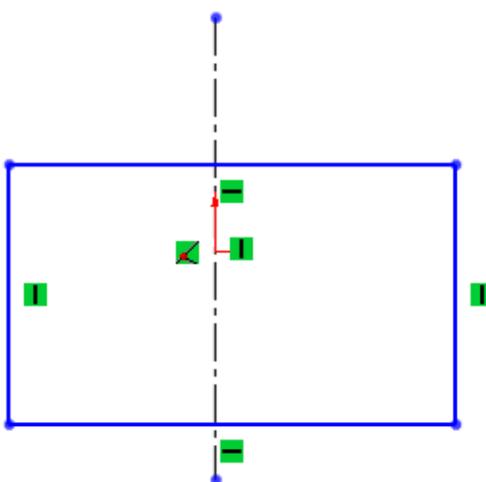


Рисунок 15 – Схема построения прямоугольника.

Далее с помощью команды круг, начертим круг в верхней части эскиза, так чтобы центр круга размещался на пересечении осевой и верхней линии эскиза.

Далее начинаем проставлять взаимосвязи и размеры. Для нанесения размеров используем команду Авторазмер или SmartDimension. Для нанесения размера с помощью этой команды нужно выбрать линию, размер которой нужно установить, или две линии.

В окне Modify вписываем нужное значение размера, для нашего случая это 70. Все размеры идут в миллиметрах. Для облегчения работы, можно и нужно использовать взаимосвязи. Чаще всего взаимосвязь применяется к двум или более линиям. Некоторые взаимосвязи присваиваются автоматически. Для начала установим, что середина основания фигуры связана с началом координат, для этого необходимо выбрать линию, и точку начала координат.

После этого, можно приступать к удалению лишних элементов круга. Удаление выполняется с помощью команды обрезать. Для использования нужно кликнуть на пентаграмму, после чего с помощью кликов убрать ненужные линии. Конечный результат выглядит следующим образом (рисунок 16).

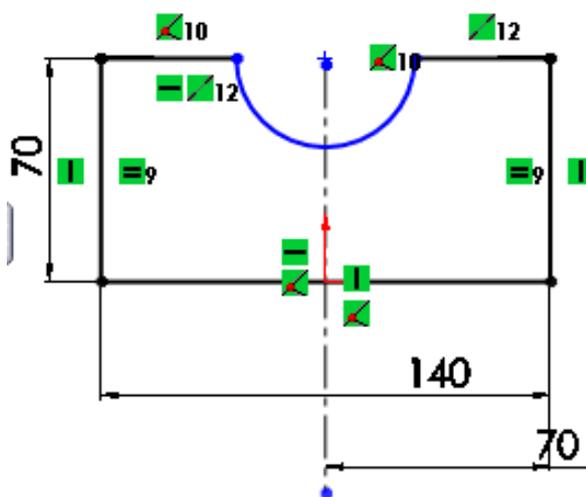


Рисунок 16 – Конечная схема проектируемой части.

Осталось только выставить радиус полукруга, и добавить к эскизу две окружности. С помощью привязки делаем окружности равными между собой, а их радиус принимаем за 15 мм. Завершаем работу над эскизом, расставляя размеры по готовому эскизу.

Теперь дело осталось за малым, а именно с помощью инструмента «вытянутая бобышка» превратить наш эскиз в полноценную 3D модель. Для этого нужно утвердить эскиз, кликнув на пентаграмму эскиза, после чего перейти на вкладку Features , выбрать инструмент Вытянутая бобышка, и в окне слева выбрать длину вытягивания. Для использования этого инструмента вам достаточно кликнуть на его пентаграмму, выбрать область вытягивания, выбрать длину вытягивания, подтвердить. Для нашей модели мы вытянем эскиз на 25 мм (рисунок 17).

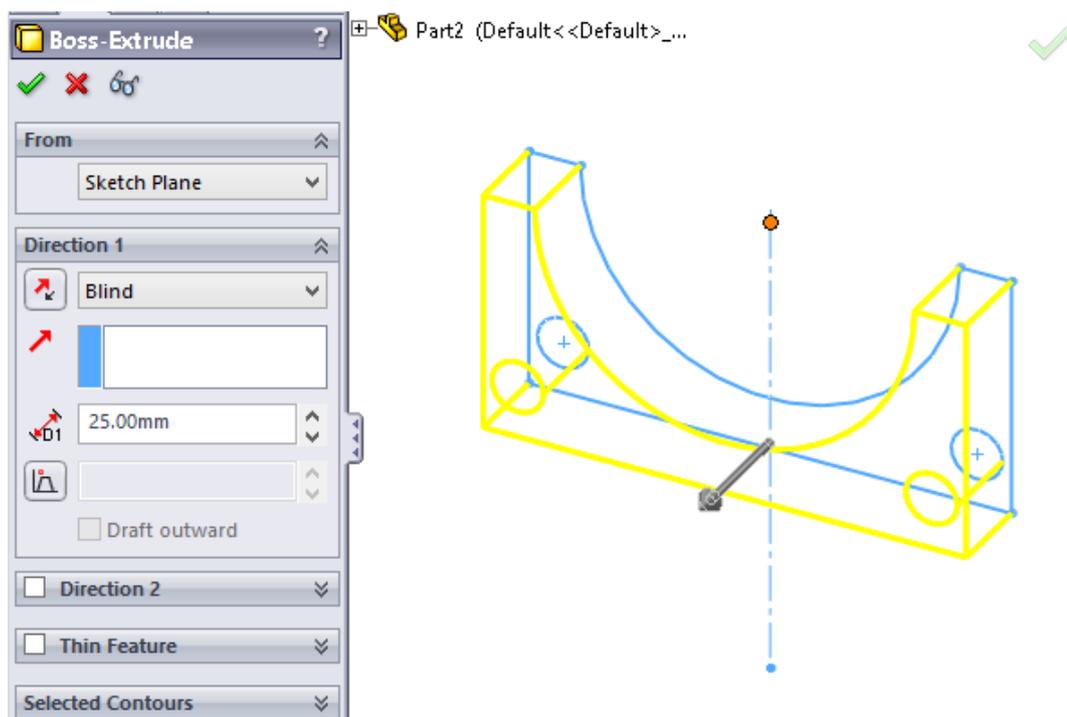


Рисунок 17 – Инструмент для вытягивания объемной модели.

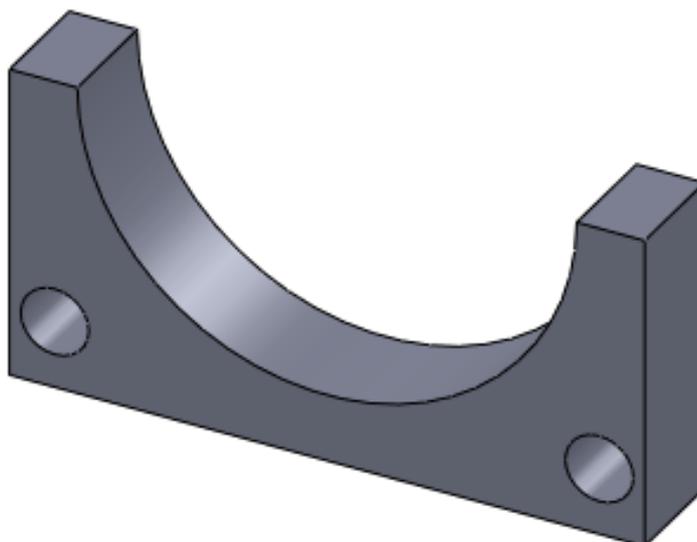


Рисунок 18 – Готовая 3D модель проектируемой детали.

Аналогичным способом были смоделированы все детали автоматического автобалансирующего устройства активного типа, вот некоторые из них (рисунок 19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29).

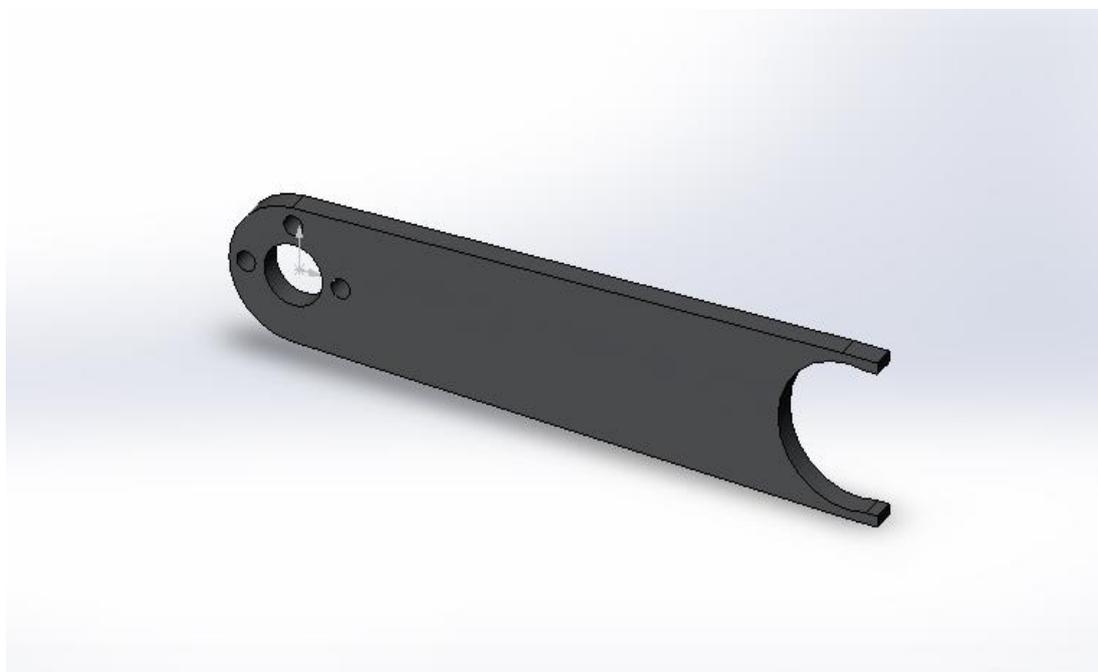


Рисунок 19 – Вилка для перемещения корректирующих масс.

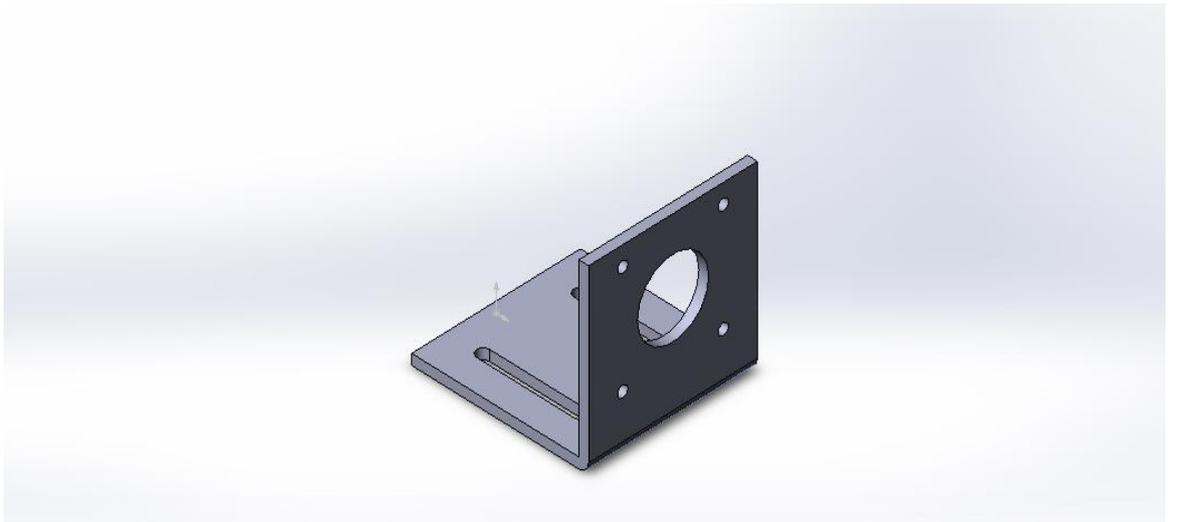


Рисунок 20 – Кронштейн шагового двигателя.



Рисунок 21 – Шариковый подшипник.



Рисунок 22 – Схема уголка для рамы.



Рисунок 23 – Схема маятникового автобалансирующего устройства.

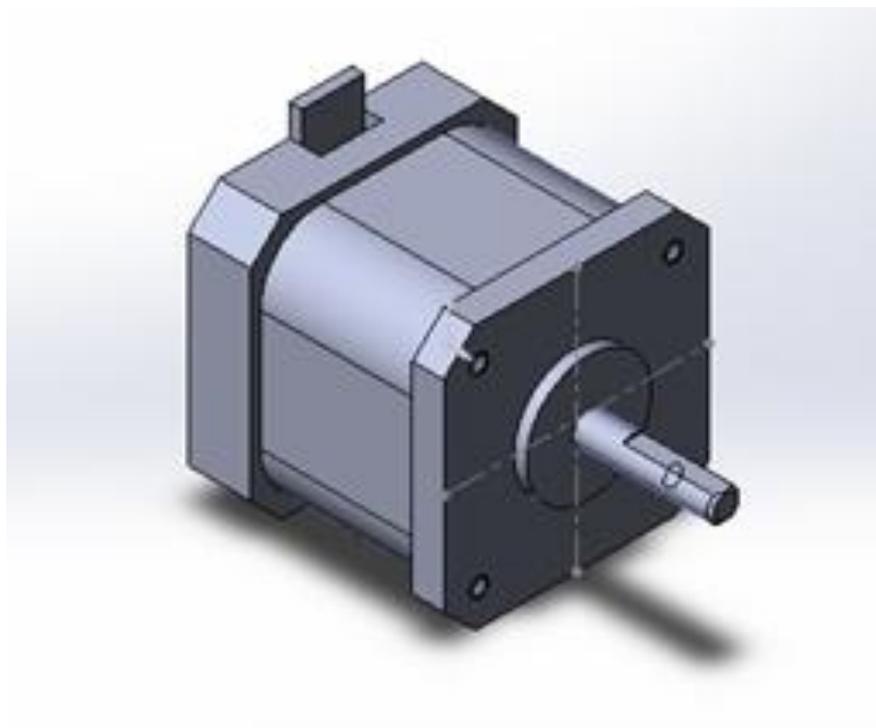


Рисунок 24 – Схема шагового двигателя.



Рисунок 25 – Схема рамы автобалансирующего устройства.



Рисунок 26 – Схема вала проектируемого устройства.

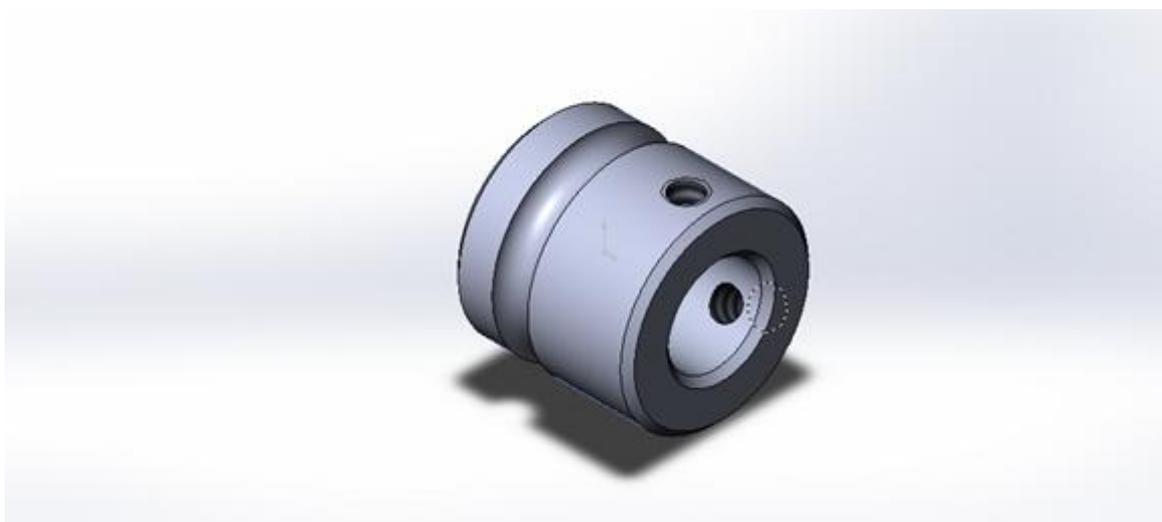


Рисунок 27 – Схема втулки проектируемой модели.

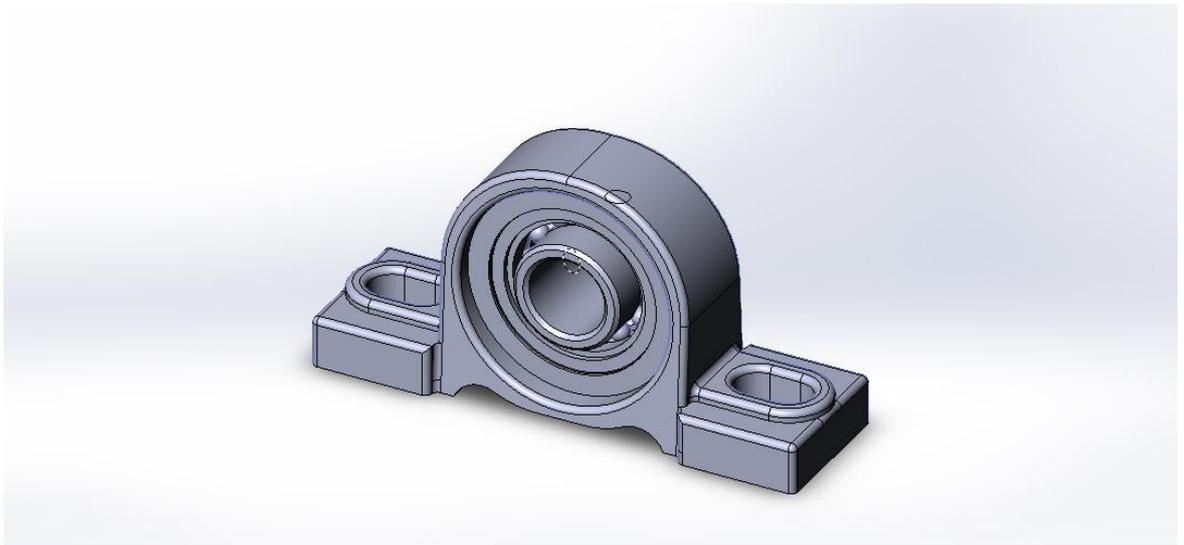


Рисунок 28 – Схема подшипника автобалансирующего устройства.

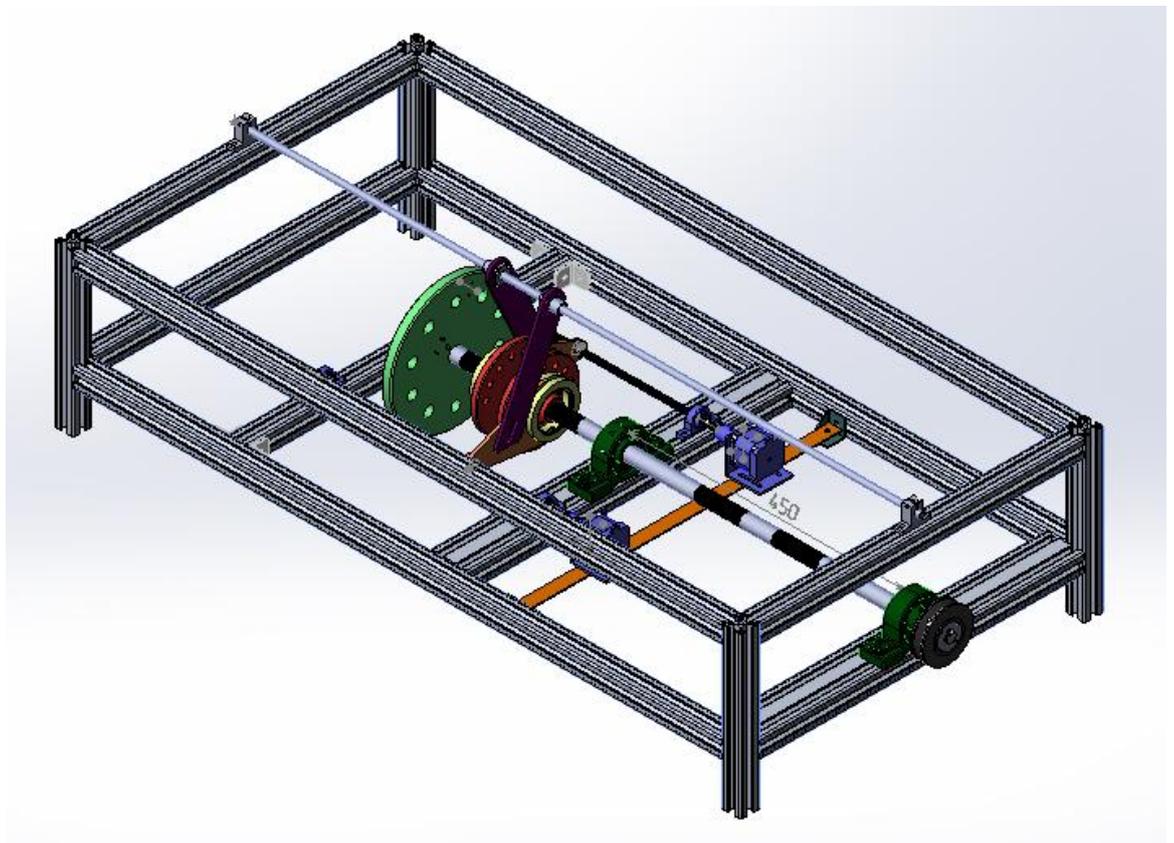


Рисунок 29 – Конечная модель автобалансирующего устройства.

3.1 Выбор свойств материала

Переходя к этому пункту важно понимать из каких материалов, будет изготовлена проектируемая установка. В данном случае, при изучении нормативной документации был сделан выбор в пользу стали

Сталь 30 ГОСТ 535-88. В программе выбор свойств и самого материала осуществляется в библиотеке программного дерева. Дерево включает в себя набор всех выбранных функций проектируемой модели (рисунок 30).

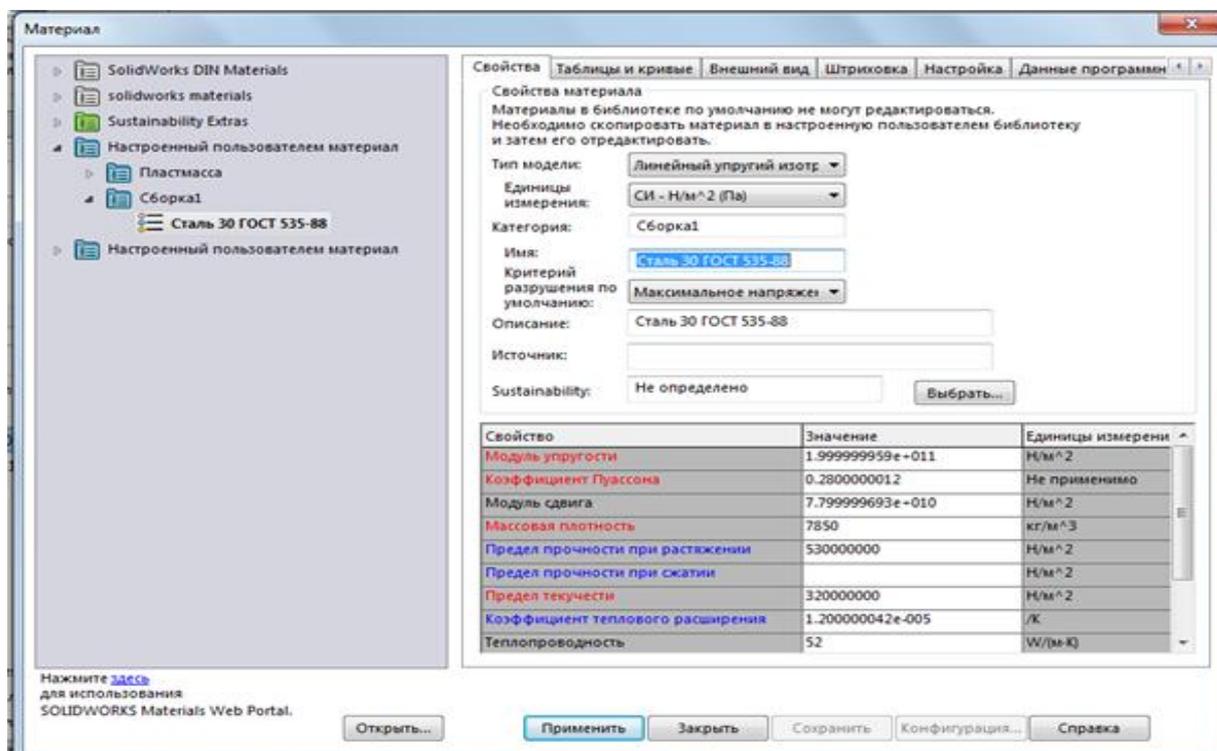


Рисунок 30 – Готовая 3D модель проектируемой детали.

3.2 Задание типов конечных элементов

В разделе внешние нагрузки задаем силу. Выбираем единицы измерения SI и задаем значение приложенной силы равной 30 N. Обозначаем грани к которым будет прикладываться данное силовое воздействие и ставим галочку реверс направление, поскольку вилка закрепленная в данном месте перемещает корректирующие массы, посредством перемещения шаговых двигателей приводящих в движение ходовой вин, который и передает нагрузку в данные области (рисунок 31). Из получившейся компоновки видно, что автоматическое разбиение в данном случае удовлетворяет нашим интересам и содержит мелкие структуры, позволяющие выполнить достоверные расчеты.

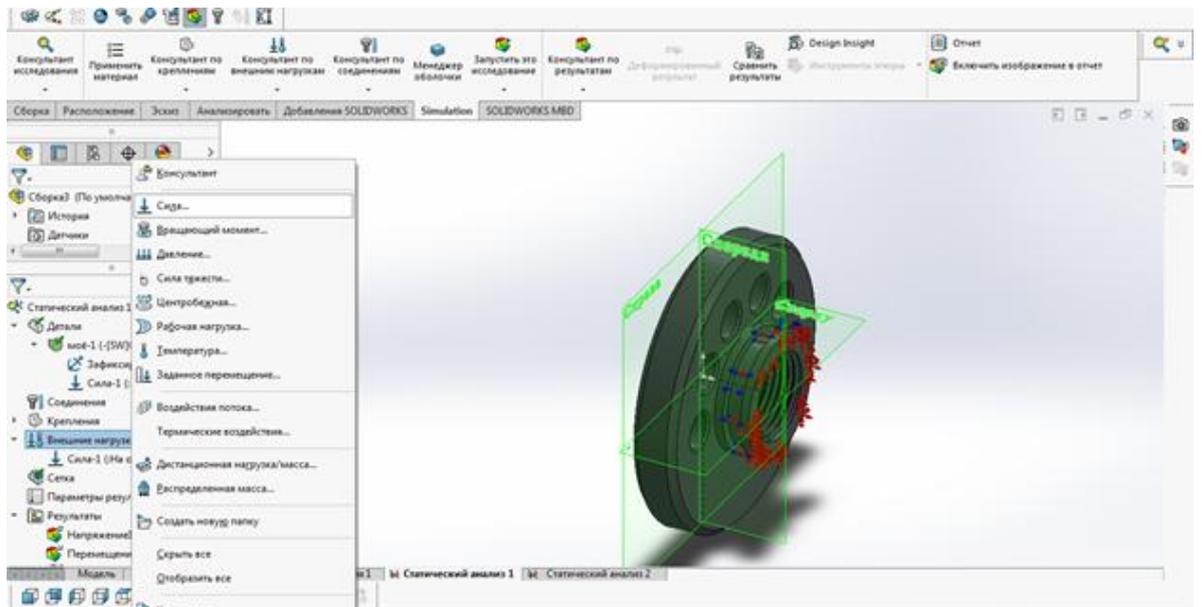


Рисунок 31 – Схема расположения нагрузок.

3.3 Задание граничных условий

Прежде чем задавать граничные условия, необходимо воспользоваться нормативно технической документацией и найти допустимые значения силы перемещения и заделки (рисунок 32). После этого, можно приступить к следующему шагу и задать крепление по отношению к расставленным нагрузкам.

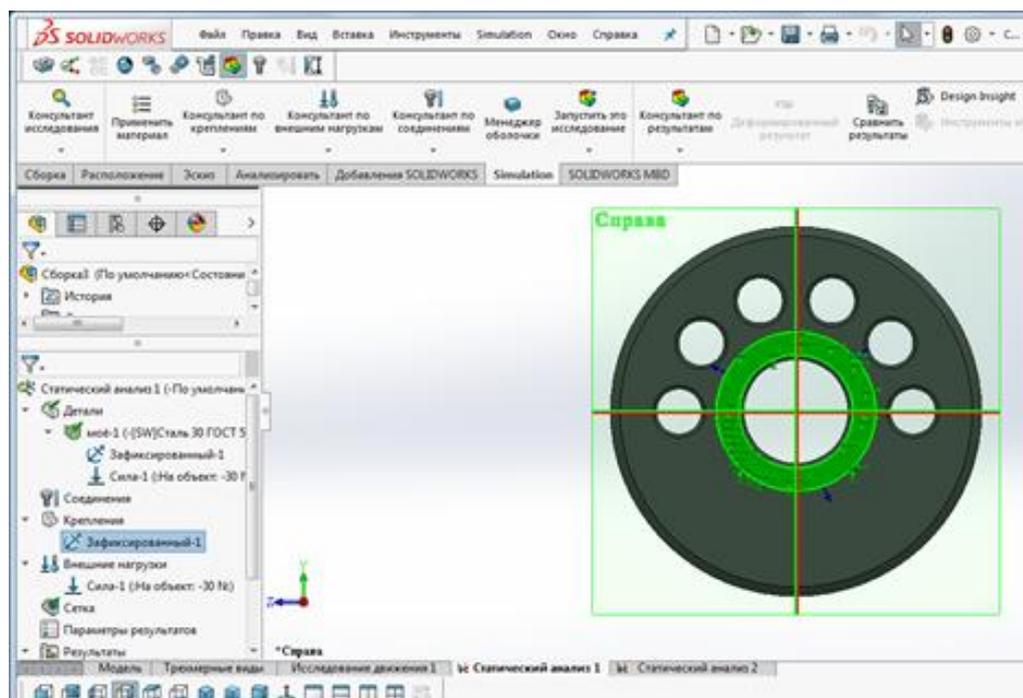


Рисунок 32 – Схема задания крепления к обозначенным нагрузкам.

В разделе конфигурации выбрать конфигурации, к которым необходимо применить новое граничное условие: Все конфигурации или указать конфигурации. Граничное условие будет применено для выбранных конфигураций.

3.4 Анализ результатов

Результатами расчета стали следующие характеристики (рисунок 33). Ниже представлен результат расчета на деформацию, акцентируя внимание на то, что область исследования окрашена в преобладающем количестве зеленым цветом, напрашивается вывод о том, что данное воздействие на испытываемую область является незначительным.

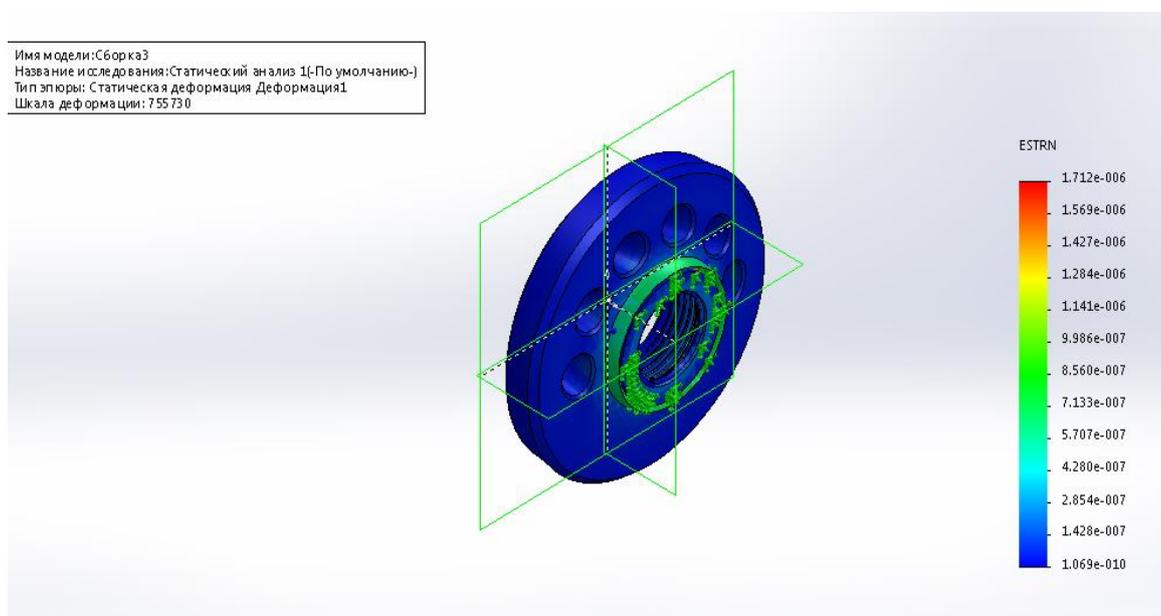


Рисунок 33 – Результат расчета на деформацию.

Анализируя следующий результат проведенного испытания на восприимчивость детали к напряжениям, можно сделать вывод. Поскольку предел текучести в расчетной форме равен в максимальных значениях $4.941e+005$, он удовлетворяет требованиям допустимых напряжений детали (рисунок 34).

Последним результатом расчета являются показания статического перемещения выбранной детали, которые говорят о том, что показатель в

максимальном значении достиг $8.737e-006$ что является допустимым (рисунок 35).

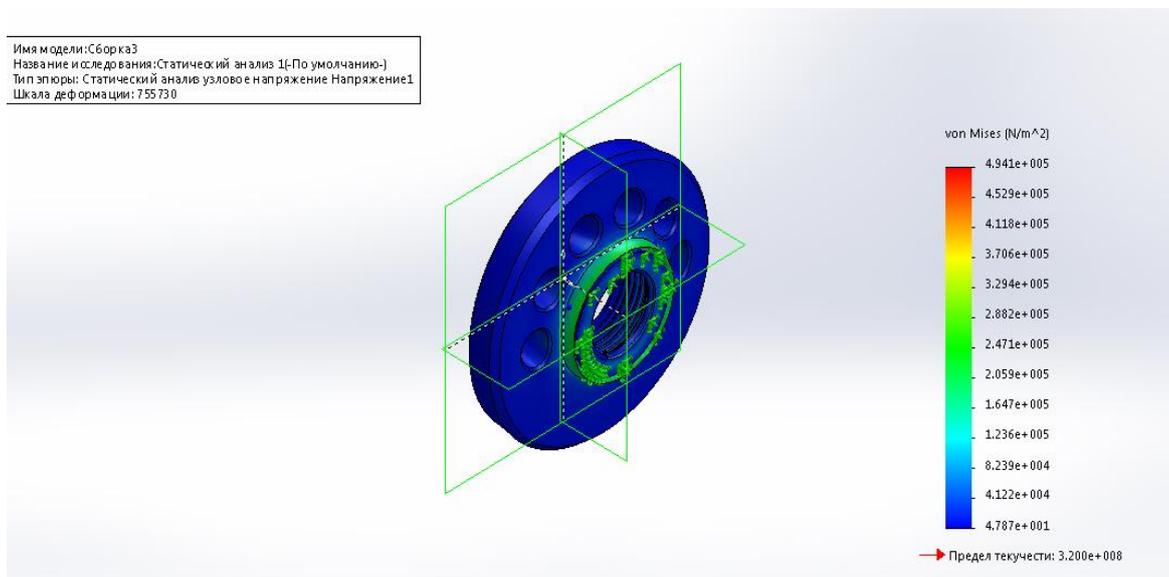


Рисунок 34 – Результат на восприимчивость детали к напряжениям.

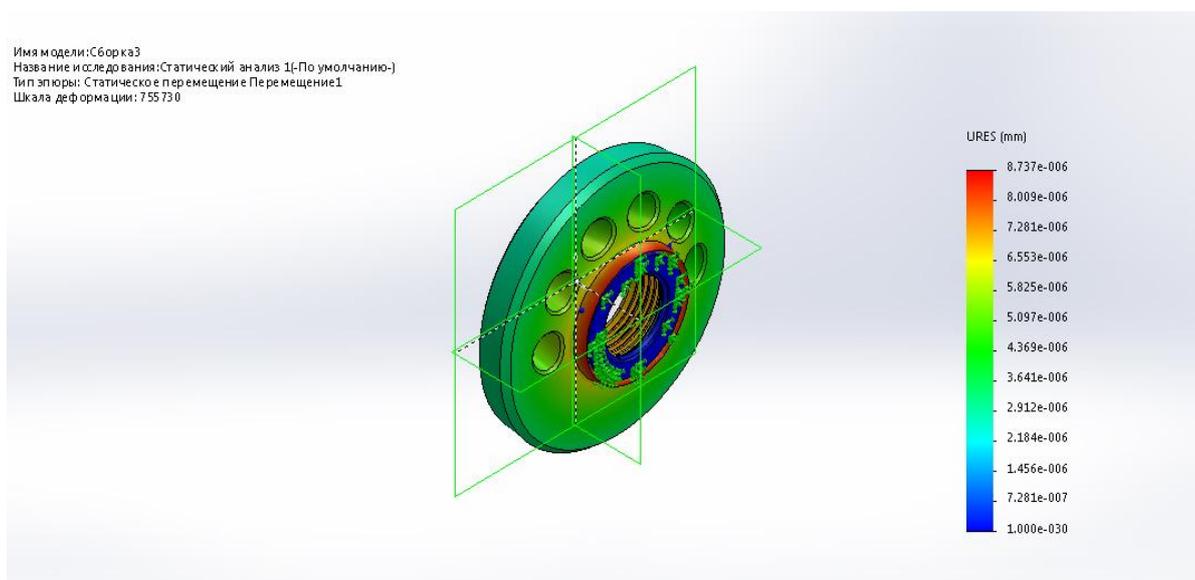


Рисунок 35 – Результат статического перемещения.

Разрабатываемое АБУ со случайным методом поиска позволяет проводить балансировку роторов без его остановки во время эксплуатации.

Реализовано построение 3D модели в ПО SolidWorks с учетом реальных габаритных размеров и материалов, которые будут использоваться при осуществлении сборки физической модели. Проведен анализ и подбор

шаговых двигателей с приемлемыми техническими характеристиками.

Произведен расчет в рамках ПО на допустимые значения деформации, напряжения и перемещение. Выявлено, что все полученные значения удовлетворяют требуемым показателям.

4. Расчет емкости и параметров автоматического автобалансирующего устройства активного типа

При работе машин с вращающимся ротором, существует масса проблем связанных с вибрациями. Основная их часть связана с неуравновешенностью роторов. Чтобы избавиться от этой проблемы, на кафедре было разработано автоматическое автобалансирующее устройство активного типа [32].

Чтобы избавиться от лишних затрат, из множества видов АБУ было выбрано устройство дискового вида. Такой вид довольно таки прост в конструктивном плане и не требует значительных финансовых вложений.

Балансировка ротора осуществляется с помощью двух подшипников качения и корректирующих дисков, приводимых в движение шаговыми двигателями [33] В процессе работы диски выстраиваются, таким образом, в котором осуществляется компенсация дисбаланса ротора. Схематически исходная модель выглядит следующим образом (рисунок 36).



Рисунок 36 – Автоматическое автобалансирующее устройство
активного типа

Рассмотрим устройство работающие при условии $\omega < \omega_{кр}$, где относительно вектора дисбаланса D_p , исходящего из центра C_p направлено противоположно тяжести диска C_{m1} и вектору дисбаланса D_{m1} (рисунок 37).

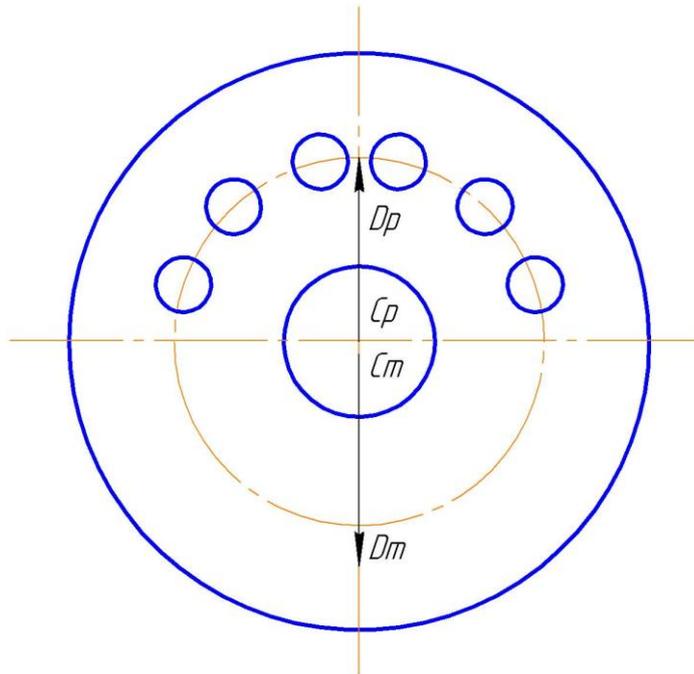


Рисунок 37 – Схема автобалансирующего устройство при работе $\omega < \omega_{кр}$

Также есть условие, при котором корректирующие диски принимают положение устойчивости $\omega > \omega_{кр}$ (рисунок 38).

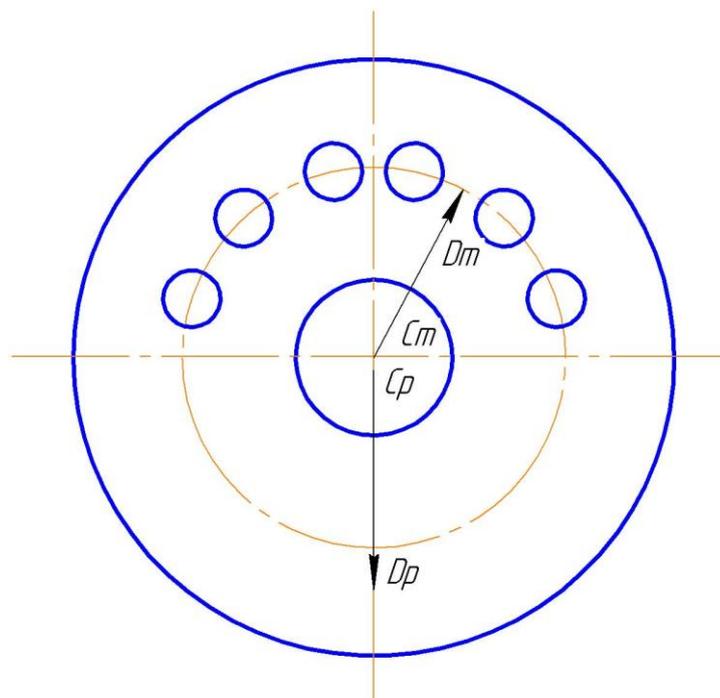


Рисунок 38 – Схема автобалансирующего устройство при работе $\omega > \omega_{кр}$

Определяющим критерием качества балансировки, является точность подбора параметров [34].

Для автоматического автобалансирующего устройства активного типа в качестве исходных данных принимаются:

m – масса вращающейся части ротора, кг;

ρ – плотность материала АБУ, кг/м³;

K_3 – коэффициент запаса емкости АБУ;

D – максимальный дисбаланс ротора, г·мм;

d_p – диаметр ротора, мм;

ω – критическая угловая скорость ротора, с⁻¹;

Габаритные размеры автобалансирующего устройства должны соответствовать размерам применяемого устройства.

4.1 Расчет параметров первого диска

Рассчитывая емкость диска необходимо знать предполагаемую массу ротора, максимальный дисбаланс и угловую скорость.

Необходимо задать класс точности, который соответствует стандарту ГОСТ ИСО 1940-1-2007 «Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1.» [35].

Таблица 1 – Класс точности балансировки ГОСТ ИСО 1940-1-2007

Класс точности	$e_{ст}\omega_{max}$, МКМ	Типы роторов
G 6,3	6,3	Зубчатые передачи; машины общего назначения; металлорежущие станки; бумагоделательные машины; насосы; турбоагрегаты.

Рассчитываем значения дисбаланса с коэффициентом емкости автобалансирующего устройства:

$$D_s = 1,2 \cdot D ; \quad (1)$$

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$D_3 = 1,2 \cdot 6,3 \frac{\text{мм}}{\text{с}} = 7,560 \frac{\text{мм}}{\text{с}}; \quad (2)$$

С помощью спроектированного автобалансирующего устройства, рассчитанное значение дисбаланса уравнивается [36]. В качестве составных частей в рассматриваемом АБУ участвуют два диска.

Расчитываем значение емкости диска:

$$S_1 = \frac{D_3}{2}; \quad (3)$$

Подставляем полученные значения в формулу:

$$S_1 = \frac{7,56}{2} = 3,780 \text{ мм / с}; \quad (4)$$

Для упрощения расчетов, переводим емкость диска в г·мм.

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60}; \quad (5)$$

Где: n – угловая скорость вращения предполагаемого ротора.

Угловую скорость ротора принимается равной 2000 об/мин.

$$\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{2000}{60} = 209,33 \text{ с}^{-1}; \quad (6)$$

Расчитываем удельный дисбаланс:

$$e = \frac{s}{\omega}; \quad (7)$$

Подставляем полученные значения:

$$e = \frac{3,78}{209,33} = 0,018 \text{ мм}; \quad (8)$$

Емкость диска рассчитывается уравнением:

$$S_1 = e(1000m); \quad (9)$$

Где: m – масса рассматриваемого ротора.

Принимаем массу ротора равной 150 кг, емкость диска при таком значении достигает:

$$S_1 = 0,018 \cdot (1000 \cdot 150) = 2700 \text{ г} \cdot \text{мм}; \quad (10)$$

Определив значение емкости диска, можно приступать к расчету его параметров. Габаритные размеры автобалансирующего устройства должны соответствовать размерам применяемого устройства.

Принимаем необходимые значения для расчета параметров. Толщина диска составляет $\delta = 35$ мм, $d_{\text{в}} = 16$ диаметр вала, плотность Сталь 20 ГОСТ 1050-88 $\rho = 7859$ кг/м³, диаметр отверстий $d_{\text{отв}} = 10$ мм, число отверстий $N_{\text{отв}} = 6$.

Рассчитываем массу отверстия:

$$m_{\text{отв}} = \pi \cdot \delta \cdot \rho \cdot \frac{d_{\text{отв}}^2}{4}; \quad (11)$$

Получаем следующие значения:

$$m_{\text{отв}} = 3,14 \cdot 0,035 \cdot 7859 \cdot \frac{0,01^2}{4} = 0,216 \text{ кг}; \quad (12)$$

Далее необходимо рассчитать сумму расстояний от центра до оси x используя формулу:

$$S_1 = m_{\text{отв}} \sum_{i=1}^N y_i; \quad (13)$$

Выражаем сумму расстояний и получаем:

$$\sum_{i=1}^N y_i = \frac{S_1}{m_{\text{отв}}}; \quad (14)$$

Итогом расчета получаем:

$$\sum_{i=1}^N y_i = \frac{2700}{21,6} = 125 \text{ мм}; \quad (15)$$

Чтобы найти расстояние до оси x от каждого имеющегося отверстия воспользуемся формулой:

$$y = R \cdot \sin(\varphi_i); \quad (16)$$

φ_i - угол расположения отверстий относительно центра;

R- радиус на котором просверлено отверстие.

Радиус можно выразить из следующей формулы:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{\sum (\sin \varphi_i)} ; \quad (17)$$

Подставив известные значения в формулу. получаем следующее:

$$R = \frac{125}{(2 \cdot (\sin 16^\circ) + 2 \cdot (\sin 36^\circ) + 2 \cdot (\sin 72^\circ))} = 34.511 \text{ мм} ; \quad (18)$$

Расстояние до оси x от каждого имеющегося отверстия (рисунок 39):

$$y = 34,511 \cdot 0,275 = 9,49; \quad (19)$$

$$y = 34,511 \cdot 0,587 = 20,25; \quad (20)$$

$$y = 34,511 \cdot 0,275 = 32,81; \quad (21)$$

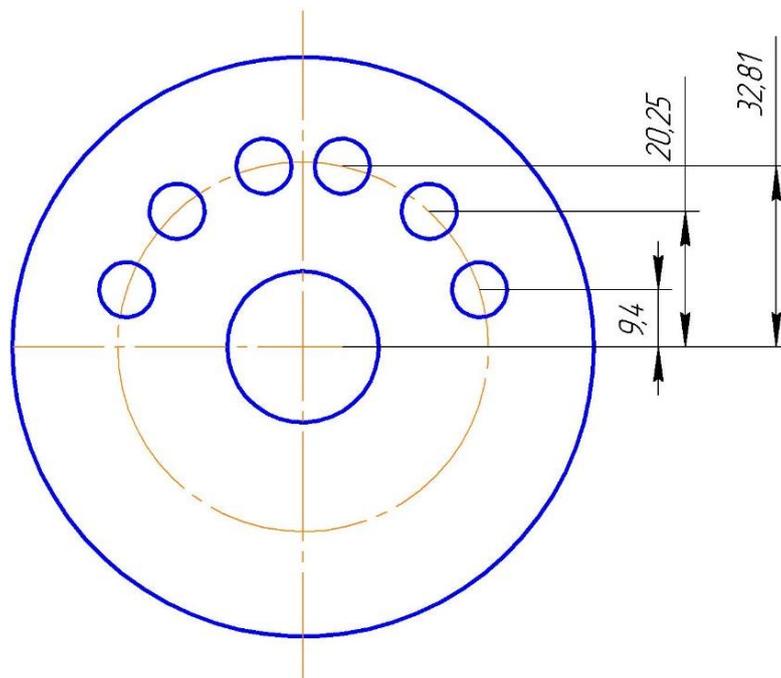


Рисунок 39 – Схема расстояний до оси x

Емкость автобалансирующего устройства определяется суммарным статическим моментом по формуле:

$$S = \sum_{i=1}^N y_i \cdot m_{отв}; \quad (22)$$

y_i - координата центра тяжести;

$m_{отв}$ - масса единичного отверстия;

N – число отверстий.

$$S = \sum_{i=1}^N y_i \cdot m_{отв} = 2700 \text{ г} \cdot \text{мм}; \quad (23)$$

На ротор подбираем подшипник №6802 с размерами $d = 15$ мм, $D = 24$ мм, согласно ГОСТ 8338–57. Отсюда следует, что диаметр отверстия для диска 24 мм.

4.2 Расчет параметров второго диска

Определив значения первого диска, необходимо приступить к определениям значений второго. Для этого воспользуемся соотношением:

$$S = S_1 = S_2; \quad (24)$$

Принимаем необходимые значения для расчета параметров. Толщина диска составляет $\delta = 35$ мм, $d_{\text{в}} = 16$ диаметр вала, плотность Сталь 20 ГОСТ 1050-88 $\rho = 7859$ кг/м³, диаметр отверстий $d_{\text{отв}} = 10$ мм, число отверстий $N_{\text{отв}} = 6$.

Рассчитываем массу отверстия второго диска:

$$m_2 = \pi \cdot \delta \cdot \rho \cdot \frac{d_{отв}^2}{4}; \quad (25)$$

Получаем следующие значения:

$$m_2 = 3,14 \cdot 0,035 \cdot 7859 \cdot \frac{0,01^2}{4} = 0,216 \text{ кг}; \quad (26)$$

Далее необходимо вычислить радиус, на котором располагаются отверстия диска:

$$R_2 = \frac{S_1}{(m_2 \cdot (2 \cdot (\sin 16^\circ) + 2 \cdot (\sin 36^\circ) + 2 \cdot (\sin 72^\circ)))}; \quad (27)$$

Подставив известные значения в формулу, получаем следующее:

$$R_2 = \frac{2700}{(216 \cdot (2 \cdot (\sin 16^\circ) + 2 \cdot (\sin 36^\circ) + 2 \cdot (\sin 72^\circ)))} = 34,47 \text{ мм}; \quad (28)$$

На ротор подбираем подшипник №6802 с размерами $d = 15$ мм, $D = 24$ мм, согласно ГОСТ 8338–57. Отсюда следует, что диаметр отверстия для второго диска соответствует первому и составляет 24 мм.

4.3 Определение оптимального положения маятников автобалансирующего устройства

Для определения оптимального положения маятников АБУ, необходимо знать следующие данные:

D – дисбаланс ротора;

A, B – опоры вращающегося ротора;

l – расстояние между опорами;

D_m – дисбаланс маятников;

φ – угол отклонения от вектора дисбаланса;

c – расстояние между маятниками;

b – расстояние между центром АБУ и диском;

a – расстояние между опорой А и центром АБУ.

Рассмотрим схему расположения маятников между опорами А и Б (рисунок 40):

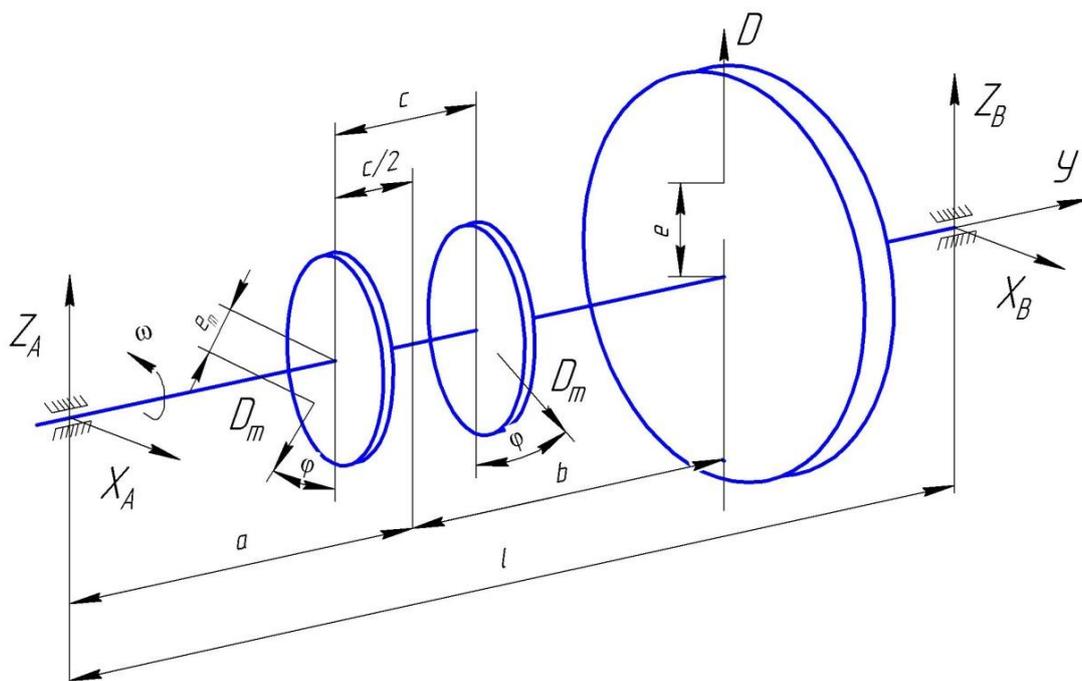


Рисунок 40 – Схема расположения маятников между опорами А и Б

Определяем реакции в подшипниках рассматриваемого автоматического автобалансирующего устройства:

$$Z_A = \frac{2 \cdot D_m \cdot \cos \varphi \cdot (l - a) - D \cdot (l - a - b)}{l}; \quad (29)$$

$$Z_B = \frac{2 \cdot D_m \cdot \cos \varphi \cdot a - D \cdot (a + b)}{l}; \quad (30)$$

$$X_A = X_B = \frac{D_m \cdot \sin \varphi \cdot c}{l}; \quad (31)$$

Отсюда следует, что суммарные реакции составляют:

$$R_A = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot D_m \cdot \cos \varphi \cdot (l - a) - D \cdot (l - a - b)}{l}\right)^2 + \left(\frac{D_m \cdot \sin \varphi \cdot c}{l}\right)^2}; \quad (32)$$

$$R_B = \sqrt{\left(\frac{2 \cdot D_m \cdot \cos \varphi \cdot a - D \cdot (a + b)}{l}\right)^2 + \left(\frac{D_m \cdot \sin \varphi \cdot c}{l}\right)^2}; \quad (33)$$

Динамические реакции будут минимальны при определенном значении угла φ , чтобы его найти рассмотрим соотношение:

$$F = (R_A(\varphi) + R_B(\varphi)) \rightarrow \min; \quad (34)$$

Используя рассмотрение квадратов реакций, упростим исследование:

$$F = (R_A^2(\varphi) + R_B^2(\varphi)) \rightarrow \min; \quad (35)$$

Отсюда следует:

$$R_A^2 = \left(\frac{2 \cdot D_m \cdot \cos \varphi \cdot (l - a) - D \cdot (l - a - b)}{l}\right)^2 + \left(\frac{D_m \cdot \sin \varphi \cdot c}{l}\right)^2; \quad (36)$$

$$R_B^2 = \left(\frac{2 \cdot D_m \cdot \cos \varphi \cdot a - D \cdot (a + b)}{l}\right)^2 + \left(\frac{D_m \cdot \sin \varphi \cdot c}{l}\right)^2; \quad (37)$$

Находим экстремум функции:

$$\frac{d(R_A^2 + R_B^2)}{d\varphi}; \quad (38)$$

Окончательным уравнением получаем следующее соотношение:

$$(-8 \cdot a^2 - 4 \cdot l^2 + 8 \cdot a \cdot l + 2 \cdot c^2) \cdot D_m^2 \cdot \sin(2\varphi) + (-8 \cdot l \cdot a + 4 \cdot l^2 + 8 \cdot a^2 - 4 \cdot l \cdot b + 8 \cdot a \cdot b) \cdot D_m^2 \cdot D \cdot \sin(\varphi) = 0; \quad (39)$$

Подобным образом теперь можно рассмотреть схему расположения маятников за опорами А и Б (рисунок 41):

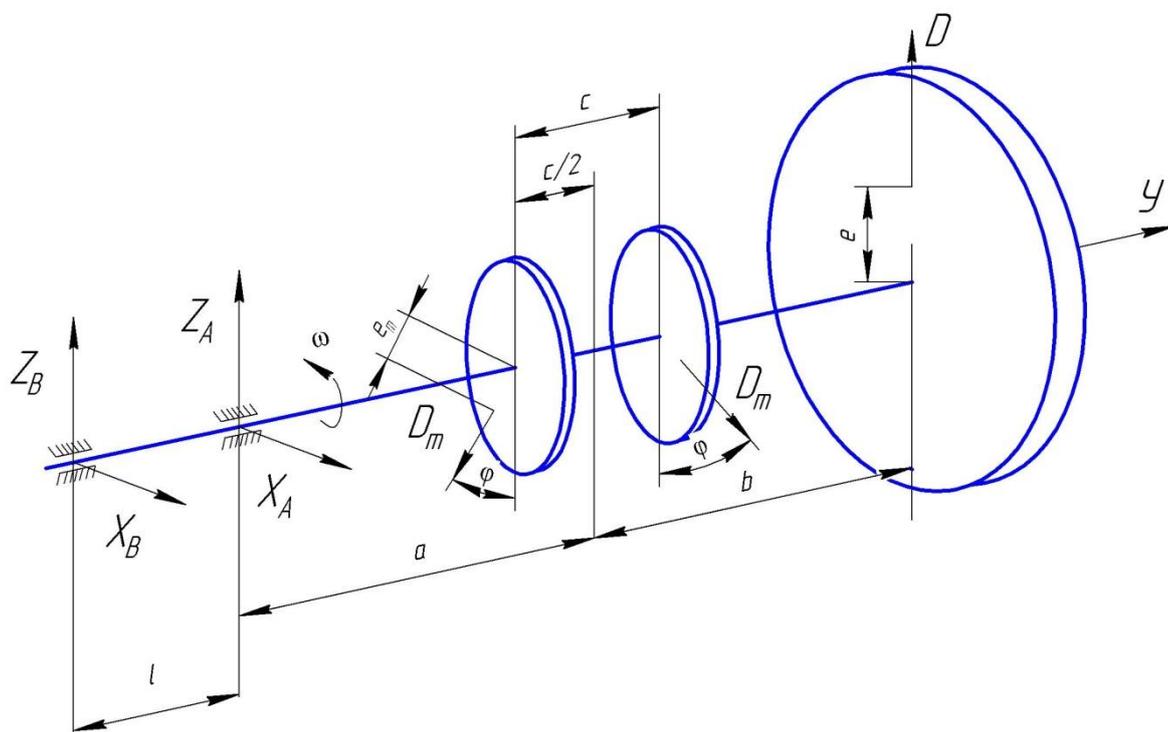


Рисунок 41 – Схема расположения маятников за опорами А и Б

Исходя из предыдущих преобразований и исследований, получаем угол оптимального положения рассматриваемого автобалансирующего устройства активного типа:

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left(\frac{\sqrt{(-8 \cdot l \cdot a + 4 \cdot l^2 + 8 \cdot a^2 - 4 \cdot l \cdot b + 8 \cdot a \cdot b)^2 \cdot D_m^2 \cdot D^2 + 4(-8 \cdot a^2 - 4 \cdot l^2 + 8 \cdot a \cdot l + 2 \cdot c^2)^2 D_m^4}}{(-8 \cdot l \cdot a + 4 \cdot l^2 + 8 \cdot a^2 - 4 \cdot l \cdot b + 8 \cdot a \cdot b) \cdot D_m \cdot D} \right); \quad (40)$$

Балансировка ротора осуществляется с помощью двух подшипников качения и корректирующих дисков, приводимых в движение шаговыми двигателями. Для точного устранения неуравновешенности были рассчитаны такие параметры как емкость первого и второго диска со всеми входящими сюда параметрами. Также была выведена формула для определения оптимального положения маятников автобалансирующего устройства.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ74	Изерскому Александру Владимировичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Нефтегазовое дело/Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оценка затрат на проведение научно-исследовательской работы по разработке конструкции автоматического автобалансирующего устройства активного типа</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций в ходе выполнения операций согласно справочников Единых норм времени (ЕНВ) и др.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Ставка налога на прибыль 20 %; Страховые взносы 30%; Налог на добавленную стоимость 20%</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка перспективности использования автоматического автобалансирующего устройства активного типа в целях повышения технико-экономических показателей при внедрении на предприятие</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Составление календарного плана проекта с учетом необходимых и трудовых затрат</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение основных статей расходов на реализацию проекта; Составление сметы затрат; Формирование бюджета для научно-исследовательского проекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Расчетные формулы: Материальные затраты, заработная плата, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы
2. Таблицы:
 - Материальные затраты на составные детали конструкции вибрационного поточного преобразователя плотности.
 - Стоимость перечня оборудования для стенда испытательного.
 - Должностные месячные оклады.
 - Годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала.
 - Среднедневная заработная плата для научно-технического персонала.
 - Продолжительность работ, выполняемых научно-техническим персоналом.
 - Размер обязательных отчислений страховых взносов.
 - Перечень работ и их стоимость, относящихся к контрагентным расходам.
 - Затраты на проведение научно-технического исследования.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ74	Изерский Александр Владимирович		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсобережение

В данной магистерской диссертации, описывается теоретическое и экспериментальное исследование работы автоматического автобалансирующего устройства активного типа, вращающихся роторов. Исследования позволят осуществлять автоматическую балансировку с необходимой точностью. Целью данного раздела является расчет и формирование бюджетного фонда необходимого для проведения научно-исследовательской работы и разработки автоматического автобалансирующего устройства активного типа.

5.1 Экономическое обоснование разработки конструкции автоматического автобалансирующего устройства активного типа

В данной главе отражены и проведены расчеты всех видов расходов, направленных на проведение научного исследования и разработки, автоматического автобалансирующего устройства активного типа. Затраты на выполнение научного исследования включают следующие подразделы:

- затраты на приобретение материалов для преобразователя плотности;
- затраты на специальное оборудование и рабочие компоненты;
- затраты на оплату труда;
- затраты на страховые взносы;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

5.2 Расчет затрат на специальное оборудование и компоненты для проведения научного исследования и экспериментальных работ

Специальное оборудование необходимое для проведения экспериментов, изучения изменения вибрационных параметров. Все это можно разделить на оборудование, предназначенное для испытательной

установки и оборудование, предназначенное для прямых измерений уровня вибрации.

Испытательная установка, предназначена для проведения разного рода экспериментов, в частности предварительных испытаний автоматического автобалансирующего устройства.

Кроме самой установки, для проведения работ по разработке конструкции АБУ, требуется закупить устройства измеряющие вибрацию и уровень шума. За исключением стоимости спецоборудования необходимо учитывать затраты на его доставку и монтаж, которые принимаются равными 15% от его цены.

Стоимость всего перечня специального оборудования, которое являются составляющими компонентами испытательной установки представлено в (таблице 2).

Таблица 2– Стоимость специального оборудования

Наименование	Кол-во	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, (ЗД1), тыс. руб.
Вибродатчик ДН-4	2	5,1	10,2
Измеритель шума и вибрации ВШВ-003	1	70,3	70,3
Итоговая цена стенда			80,5

Общие вложения на приобретение специального оборудования составили:

$$\text{ЗД}=80,5 \text{ тыс.руб} \quad (41)$$

5.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Величина расходов, затраченных на приобретение материалов, используемых, непосредственно, в разработке автоматического автобалансирующего устройства активного типа, рассчитывается по формуле:

$$Z_M = \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{РАСХИ}}$$

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

$N_{\text{РАСХИ}}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт.);

Все рассчитанные материальные затраты, необходимые для разработки конструкции автоматического автобалансирующего устройства активного типа представлены в (таблице 3).

Таблица 3 – Стоимость материалов автоматического автобалансирующего устройства активного типа

Наименование	Ед.измерен.	Кол-во	Цена за ед. тыс. руб	Затраты на материалы, (Зм), тыс. руб.
-Подшипник легкой серии	шт.	1	0,8	0,8
- Подшипник шариковый	шт.	1	0,5	0,5
- Стопорное кольцо	шт.	2	0,06	0,12
- Стопорное кольцо	шт.	2	0,04	0,08
- Фторопласт	шт.	1	4,0	4,0
Суммарная стоимость				5,5

5.2.2 Расчет расходов на транспорт

Транспортные расходы при закупке материалов и специального оборудования для НТИ.

$$Z_M = k_t \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{РАСХИ}}$$

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

$N_{\text{РАСХИ}}$ - количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт.);

C_i - цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт.);

k_t - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

Коэффициент k_t , описывающий транспортные расходы на доставку материалов принимается минимальным, равным 15% (т.е. $k_t = 0,15$) от самой стоимости этих материалов. Минимальный уровень стоимости доставки объясняется тем, что все составляющие изделия изготавливаются в городе, где проводится разработка, местными компаниями и лицами (таблица 4).

Таблица 4 – Транспортные расходы при закупке специального оборудования и материалов

Транспортные расходы	Стоимость услуг, тыс. руб.
Специальное оборудование для АБУ	12,075
Материалы для АБУ	0,825
Итого	12,9

5.2.3 Фонд рабочего времени научно-технического персонала

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей (таблица 5, 6).

Таблица 5 – Фонд рабочего времени научно-технического персонала 2019 года

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Лаборант
1	2	3	4
Календарное число дней	365		
Количество нерабочих дней - Выходные праздничные дни	98	118	118
Потери рабочего времени, дни - Отпуск	48	24	24
- Не выходы по болезни	16	18	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	203	205	203

Таблица 6– Продолжительность работ, выполняемых научно-техническим персоналом

Показатели рабочего времени		Руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	с 01.06 по 31.12.2017	214		
	2018	365		
	с 01.01 по 31.05.2019	153		
Количество нерабочих дней - выходные праздничные дни	с 01.06 по 31.12.2017	36	65	
	2018	98	118	
	с 01.01 по 31.05.2019	36	56	
Потери рабочего времени, дни - отпуск	с 01.06 по 31.12.2017	8	26	-
	2018	65	31	25

Показатели рабочего времени		Руководитель	Инженер	Лаборант
- не выходы по болезни	с 01.01 по 31.05.2019	-	-	2
Продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в период с 01.06.2017 по 31.05.2019 г., раб. дн.		491	431	463

5.2.4 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает расчеты среднедневной заработной платы, месячного должностного оклада и основной заработной платы научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. В данном проекте такими работниками являются руководитель, инженер и лаборант.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где: $Z_{\text{м}}$ – 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;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица XX).

Произведя расчет по формуле 3 с учетом годового фонда рабочего времени, получим среднедневную заработную плату для каждого рабочего (таблица XX).

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (42)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2;

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

Произведя расчет по формуле 4 с учетом коэффициентов, получим месячный должностной оклад работника (таблица 6).

Основная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (43)$$

где: $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица XX);

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Произведя расчет по формуле с учетом продолжительности работ для каждого научно-технического работника, получим основную заработную плату работника за период с 01.06.2017 по 31.05.2019 г. (таблица 7).

Таблица 7 – Расчет заработной платы

Профессия	Разряд	Оклад работника руб/мес.	Тарифный фонд ЗП, руб	Тарифная ставка руб/день.	Время на проведение мероприятия, дней	Основная ЗП за весь период с 01.06.17 по 31.05.19
Руководитель	4	25500	13080	800	490	630211
Инженер	3	18400	10330	700	432	465432
Лаборант	1	11700	6000	600	464	285132
Итого	-	55600	29410	-	-	1380775

Общие затраты на основную заработную плату научно-технического персонала, непосредственно участвующего в проводимых работах, составляют 1380775 руб.

5.2.5 Затраты на единоразовые выплаты

Помимо заработной платы работникам выплачиваются премии по результатам работ (таблица 8).

Таблица 8 – Суммы единовременных выплат

Исполнитель	Сумма выплат, тыс. руб.
Руководитель	120 000
Инженер	90 000
Лаборант	40 000
Итого	250 000

5.2.6 Страховые взносы во внебюджетные фонды

Данная статья расходов отражает обязательные отчисления по установленным законодательством РФ нормам государственного страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (44)$$

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

На 2019 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 2019 году водится пониженная ставка – 30,2%.

Таблица 9 – Размер обязательных отчислений страховых взносов

Вид затрат	Руководитель	Инженер	Лаборант
Количество работников	1	1	1
Основная ЗП и премия, руб.	740430	563968	345660
ФСС (2,9%)	21472,47	16355,072	10014,44
ФОМС (5,1%)	37761,93	28762,368	17617,36
ПФР (22%)	162894,6	124072,96	75979,2
Страхование от несчастных случаев (тариф 0,2%)	1480,86	1127,936	680,72
Всего, руб.	223609,86	170318,34	94243,28
Общая сумма, руб.			488315,53

5.2.7 Расчет контрагентных расходов

В результате изготовления автобалансирующего устройства появилось потребность в обработке сырья токарным инструментом квалифицированными специалистами.

Перечень работ, выполняемых сторонними организациями по договору, а также величины стоимости их проведения представлены в (таблице 10).

Таблица 10 – Перечень работ и их стоимость, относящихся к контрагентным расходам

Наименование	Кол-во	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, (ЗК), тыс. руб.
Токарные работы	1	3,3	3,2
Результирующая стоимость затрат			3,2

5.2.8 Накладные расходы

Величина накладных затрат обуславливается расходами, не попавшими в предыдущие статьи расходов, такие как печать, ксерокопирование материалов исследований, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Она рассчитывается согласно формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{пр}} \cdot \sum_0^1 Z_i \quad (45)$$

где: $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16% (т.е. 0,16).

$Z_{\text{накл}} = 0,16 \times (80,5 + 5,5 + 12,9 + 1380,775 + 250 + 488,315 + 3,2) = 355,39$
тыс. руб.

5.3 Формирование бюджета научно-исследовательского проекта

Величина бюджета на разработку научно-исследовательской продукции является нижним пределом по уровню затрат, который

защищается научной организацией при формировании договора с заказчиком.

Бюджет включает в себя учет всех ранее рассчитанных необходимых затрат, для проведения научных исследований и получения, в конечном итоге, продукт, который и является целью работы.

Таблица 11 – Перечень работ и их стоимость, относящихся к контрагентныни расходам

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Примечание
Затраты на специальные оборудования и компоненты	80,5	Пункт 1.1
Материальные затраты НТИ	5,5	Пункт 1.2
Транспортные расходы	12,9	Пункт 1.3
Затраты по основной заработной плате	1380,775	Пункт 1.5
Затраты по дополнительной заработной плате	250	Пункт 1.6
Страховые взносы во внебюджетные фонды	488,315	Пункт 1.7
Контрагентные расходы	3,2	Пункт 1.8
Накладные расходы	355,39	Пункт 1.9
Итоговая величина затрат	2221,19	Сумма ст. 1-9

Бюджетный фонд, сформированный для проведения научно-исследовательской работы по разработке одноплоскостного маятникового автобалансирующего устройства промышленных вентиляторов, составил 2221,19 тыс. руб.

5.4 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 трех (или более) 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}$ – 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).

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$\frac{2221.19}{2221.19} = 1 \quad (46)$$

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

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i \cdot b_i \quad (47)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

a_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 представлен в форме таблицы (таблица 12).

Таблица 12 — Оценка характеристик исполнения проекта

Объект исследования/ Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка
Безопасность	0,25	5
Удобство в эксплуатации	0,15	5
Помехоустойчивость	0,15	3
Энергосбережение	0,20	3
Надежность	0,20	4
Материалоемкость	0,05	2
ИТОГО	1	22

$$I_{p-исп} = 5 \times 0,25 + 5 \times 0,15 + 3 \times 0,15 + 3 \times 0,20 + 4 \times 0,20 + 0,05 \times 2 = 3,65 \quad (48)$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.2}} \quad (49)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 13) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (50)$$

Таблица 13 – Эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Оценка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,65
3	Интегральный показатель эффективности	3,65

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2БМ74	Изерскому Александру Владимировичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Нефтегазовое дело/Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Установка: автоматическое автобалансирующее устройство активного типа для вращающихся роторов.</p> <p>Рабочая зона: площадка, на которой установлено оборудование с вращающимся ротором.</p>
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>СанПиН 2.2.4.3359-16; ТК РФ, N 197 –ФЗ; ГОСТ ИСО 10816-1-97; ГОСТ 12.1.005-88; ГОСТ 12.0.003-2015; ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <p>2. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</p> <p>3. действие фактора на организм человека;</p> <p>4. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>5. предлагаемые средства защиты</p> <p>6. (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>	<p>Рассматриваются такие вредные факторы как:</p> <p>1.Повышенный уровень шума на рабочем месте. Средства защиты: беруши, наушники и другие средств индивидуальной защиты для ушей.</p> <p>2.Повышенный уровень вибрации. Индивидуальные средства защиты: перчатки, обувь из виброгасящих материалов.</p> <p>3.Микроклимат рабочей зоны. Индивидуальные средства защиты: спецодежда с теплозащитными свойствами.</p> <p>4.Недостаточная освещенность рабочей зоны. Средства защиты: фонари, лампы и т.д.</p>
<p>7. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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) 	<p>1.Опасность поражения током. Средства защиты: изоляция токоведущих частей и рабочего места.</p> <p>2.Пожаровзрывоопасность. Средства пожаротушения: песок, внутренний пожарный кран, асбестовое полотно, лопата, ручные и переносные огнетушители.</p>

<p>8. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<p>Оценка воздействия оборудования на атмосферный воздух, состояние земельных ресурсов и поверхностных вод. Характеристика месторождения как источника образования отходов производства. Меры по охране окружающей среды.</p>
<p>9. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Прогнозирование чрезвычайных ситуаций оценка их опасности. Перечень возможных аварийных ситуаций. Мероприятий по защите персонала и промышленного объекта в случае возникновения ЧС.</p>
<p>10. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>Нормы и меры безопасности при эксплуатации производственных объектов. Правовое регулирование.</p>
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>План эвакуации из лаборатории</p>

<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина М.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ74	Изерский Александр Владимирович		

6. Социальная ответственность

В данном разделе магистерской диссертации рассматриваются аспекты выполнения требований к безопасности труда, охране окружающей среды, промышленной безопасности и ресурсосбережению. В качестве объекта исследования выступает, автоматическое автобалансирующее устройство активного типа, которое устраняет неуравновешенность вращающегося ротора. Неуравновешенность негативно влияет на ресурс ротора и конструктивных элементов, приводя их к ускоренному износу. Данное устройство обслуживается рабочими эксплуатирующей компании, а также научными сотрудниками в исследовательских центрах.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности в лабораторных условиях

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.
- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса. Рабочее место является основной подсистемой производственного процесса.

Стандарты предприятий по безопасности труда разрабатываются непосредственно на предприятии и согласовываются с профсоюзным комитетом.

6.2 Безопасность проектируемой рабочей среды

При проведении исследований в лаборатории, разработке и эксплуатации оборудования, могут возникать вредные и опасные факторы.

Анализируя ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных

факторов, характерных для проектируемой производственной среды выглядит следующим образом (таблица 14).

Таблица 14- Факторы проектируемой среды

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Превышение уровня шума на рабочем месте		+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16
2. Превышение уровня вибрации	+		+	СН 2.2.4/2.1.8.566-96; ГОСТ ИСО 10816-1-97
3. Микроклимат рабочей зоны		+	+	ГОСТ 12.1.005-88
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	ГОСТ Р 55710-2013; ГОСТ 12.0.003-2015
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ

6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов в лабораторных условиях

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 (таблица 1) были выделены следующие факторы:

1. Повышенный уровень шума на рабочем месте.
2. Повышенный уровень вибрации.
3. Микроклимат рабочей зоны.
4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.
5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.

6.2.2 Влияние на человека повышенного уровня шума

Шум неблагоприятно сказывается на состоянии работника, что в свою очередь приводит к снижению слуховой чувствительности, сердечно-сосудистой недостаточности, заболеваниям желудочно-кишечного тракта и быстрой утомляемости.

Допустимый уровень шума на рабочем месте зависит от уровня сложности, напряженности труда, осуществляемого работниками. В общем виде шумовые нормативы зафиксированы в следующих нормативах (единица измерения – дБ):

- очень напряженные условия работы – 50;
- просто напряженные условия работы – 60;
- умеренно напряженные тяжелые / очень тяжелые условия работы – 65;
- умеренно напряженные легкие / средней тяжести условия работы – 70;
- малонапряженные тяжелые / очень тяжелые условия работы – 75;
- малонапряженные легкие / средней тяжести условия работы – 80.

Следует иметь в виду, что указанные нормативы на отдельных производствах могут быть иными, так как их устанавливает не только СанПиН. Уровень шума на рабочих местах также определяется внутренними

отраслевыми документами, которые имеют более высокую юридическую значимость, чем общие правила СанПиНа.

Повышенный шум является общебиологическим раздражителем, что обуславливает нарушение ЦНС, сопровождающееся снижением слуха. Впоследствии продолжительного влияния шума падает производительность физического труда на 10%, умственного – более чем на 40%.

Если замеры шума колеблются в пределах 80-85 дБ, это повод для работодателя предпринять дополнительные меры по его снижению. Эффективными могут оказаться следующие действия: приобретение производственного оборудования с более низким шумовым воздействием; обучение сотрудников работе на новом, менее шумном оборудовании; широкое использование различных защитных средств: кожухов, специальных экранов, звукопоглощающих материалов в рабочих помещениях, амортизации; регулярное контролирование уровня акустики и вибрации; ограничение персонала в доступе в шумные производственные помещения – в нем должны находиться только работники, непосредственно связанные с технологическим процессом; выдача сотрудникам берушей, наушников и других средств индивидуальной защиты для ушей; ежегодная организация медицинских осмотров для персонала, работающего при шуме от 80 дБ.

6.2.3 Влияние на человека повышенного уровня вибрации

Вибрация бывает, как локальной, действующей на определенный участок тела, так и общей, действующей на все тело человека. При общей вибрации опасными являются так называемые резонанс-ные частоты, когда внешние колебания вступают в резонанс с нормальной вибрацией организма [37]. Для стоящего человека резонансными частотами являются 5-15 Гц, для сидящего - 4-6 Гц. Для головы - 20-30 Гц, для органов грудной клетки и брюшной полости - 3-3.5 Гц.

При воздействии низкочастотной вибрации развивается периферический ангиодистонический синдром, полиневрит и др. При воздействии среднечастотной вибрации развивается как ангиодистонический, так и антиспастический синдром (спазм сосудов). Если вибрация рабочего места совпадает с резонансной частотой, могут возникать головные боли, боли в солнечном сплетении и т.д. Негативный эффект от повышенного уровня вибрации проявляется постепенно и при длительном действии не замечается работником. Нормируемыми параметрами общей вибрации являются среднеквадратичные значения колебательной скорости в октавных полосах частот или амплитуды перемещений, возбуждаемые работой оборудования (машин, станков, электродвигателей, вентиляторов и т. п.) и передаваемые на рабочие места в производственных помещениях (пол, рабочие площадки, сиденье). Ниже (таблица 15) представлены ограничивающие нормы вибрации:

Таблица 15- Классификация ограничивающих норм вибрации

Частота Гц	Виброинструмент		Рабочее место	
	Уровень колебательной скорости дБ	Колебательная скорость см/с	Уровень колебательной скорости	Колебательная скорость
16	120	5,0	97	0,35
32	117	3,5	93	0,22
63	114	2,5	95	0,27
125	111	1,8	97	0,35
250	108	1,2	97	0,35
500	105	0,9	-	-

1000	102	0,63	-	-
2000	99	0,45	-	-

Для уменьшения вредного воздействия вибрации проводят ряд мероприятий. Технологические мероприятия - улучшение конструкции приборов, инструментов, машин и тд. с целью снижения вибрации. Санитарно-технические мероприятия - использование поглощающих вибрацию панелей, специальных кожухов. Законодательные мероприятия - разработка и внедрение норм работы в условиях вибрации. Индивидуальные средства защиты перчатки, обувь из виброгасящих материалов. Медицинские профилактические осмотры [38].

6.2.4 Влияние на человека микроклимата на рабочем месте

Повышенная температура воздуха в производственных помещениях при сохранении других параметров вызывает быструю утомляемость рабочего, перегрев организма и обильное потовыделение. Это ведет к снижению внимания и вялости. Пониженная температура может вызвать местное и общее охлаждение организма и стать причиной ряда простудных заболеваний. Температура воздуха в помещении влияет на работоспособность сотрудника, низкая температура может привести к переохлаждению, снижению концентрации. В воздухе, с повышенной относительной влажностью, затрудняется испарение влаги с поверхности кожи и легких, что может резко ухудшить состояние и снизить работоспособность человека [39]. При пониженной относительной влажности воздуха у человека возникает ощущение сухости слизистых оболочек. Организм человека начинает ощущать воздушные потоки при скорости около 0,15 м/с. Причем, если эти воздушные потоки имеют температуру до 36° С, организм человека ощущает освежающее действие, а при температуре свыше 40°С они действуют угнетающе. Загрязненность

воздуха мелкодисперсными частицами пыли приводит к поражению органов дыхания, вызывает затрудненность дыхания, раздражение слизистой.

6.2.5 Влияние на человека недостаточной освещенности в лаборатории

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. В зависимости от длины волны, свет может оказывать возбуждающее (оранжево-красный) или успокаивающее (желто-зеленый) действие.

Установлено, что неудовлетворительное освещение является причиной примерно 5% несчастных случаев на производстве. Естественное освещение достигается путем установки в помещении окон с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 4%. Длительное нахождение в недостаточных условиях освещенности в аудиториях, предприятиях и в бытовой обстановке нарушает обмен веществ в человеческом организме, сбивает психологическое состояние, развивает глазные болезни, близорукость.

6.2.6 Влияние повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека

Электрический ток вызывает местные и общие нарушения в организме. Местные изменения проявляются ожогами ткани в местах выхода и входа электрического тока. При воздействии тока высокого напряжения возможны расслоение тканей, их разрыв, иногда полный отрыв конечности. При воздействии переменного тока силой 15 мА у пострадавшего возникают судороги (так называемый не отпускающий ток). В случае поражения током силой 25...50 мА наступает остановка дыхания [40]. Если действие тока не

прекращается, через несколько минут происходит остановка сердца в результате гипоксии и наступает смерть пострадавшего. Смертельна электротравма при силе тока более 100 мА.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям предусмотрена изоляция токоведущих частей, а также изоляция рабочего места.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции предусмотрено применение в комплексе защитного заземления, зануления и защитного отключения.

6.2.7 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника лаборатории

Различают организационно-технические и лечебно-профилактические мероприятия, ограничивающие неблагоприятное влияние вибрации на организм человека.

К организационно-техническим мероприятиям относятся:

- автоматизация и механизация производственных процессов;
- уменьшение вибрации в источнике образования конструктивными и технологическими методами на стадии разработки новых и модернизации существующих машин и оборудования;
- уменьшение вибрации на пути распространения средствами виброизоляции и вибропоглощения, например, за счет применения специальных сидений, площадок с пассивной пружинной изоляцией, резиновых, поролоновых и других виброгасящих настилов, мастик и т.д.;
- своевременное проведение планового и предупредительного ремонта машин с обязательным послеремонтным контролем вибрационных характеристик;

-своевременное проведение ремонта профилей путей и поверхностей для перемещения машин, их покрытий, креплений поддерживающих конструкций и др., влияющих на вибрационные характеристики машин;

-исключение контакта работающих с вибрирующими поверхностями за пределами рабочего места, или рабочей зоны путем установки ограждений, сигнализации, блокировок, предупреждающих надписей и т.д.

Комплекс лечебно-профилактических мероприятий включает:

-профилактические осмотры работников, подверженных влиянию вибрации;

-особый режим труда (перерывы в работе через каждый час на 10-15 мин.; рекомендуется, чтобы общее время контакта с вибрирующими машинами не превышало 2/3 длительности рабочего дня);

-витаминацию работников (витамин С, В1 и никотиновая кислота);

-организацию профилактического отдыха (теплые водные процедуры для рук, специальная производственная гимнастика);

-использование средств индивидуальной защиты указанных в ГОСТ 12.4.002 – 74 «ССБТ. Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Общие технические требования» (виброзащитные рукоятки, виброзащитные рукавицы или перчатки, виброзащитная обувь и др.).

Разработка и использование технических устройств должны осуществляться в порядке, предусмотренном «Положением о рассмотрении документации на технические устройства для нефтегазодобывающих и газоперерабатывающих производств, объектов геологоразведочных работ и магистральных газо-, нефте- и продуктопроводов, проведении приемочных испытаний технических устройств и выдаче разрешений на их применение», утвержденным постановлением Госгортехнадзора России от 05.11.2001 г. № 51.

Эксплуатация оборудования, механизмов, инструмента в неисправном состоянии или при неисправных устройствах безопасности (блокировочные,

фиксирующие и сигнальные приспособления и приборы), а также с превышением рабочих параметров выше паспортных запрещается.

Эксплуатация оборудования, механизмов, инструмента в неисправном состоянии или при неисправных устройствах безопасности (блокировочные, фиксирующие и сигнальные приспособления и приборы), а также с превышением рабочих параметров выше паспортных запрещается.

К работе с вибрирующими машинами и оборудованием допускаются лица не моложе 18 лет, получившие соответствующую квалификацию, сдавшие технический минимум по правилам безопасности и прошедшие медицинский осмотр.

Работа с вибрирующим оборудованием, как правило, должна проводиться в отапливаемых помещениях с температурой воздуха не менее 16 °С, при влажности 40-60% и скорости движения воздуха не более 0,3 м/с. При невозможности создания подобных условий (работа на открытом воздухе, подземные работы и т. п.) для периодического обогрева должны быть предусмотрены специальные отапливаемые помещения с температурой воздуха не менее 22 °С, относительной влажностью 40—60% и скоростью движения воздуха 0,3 м/с.

Для повышения защитных свойств организма, работоспособности и трудовой активности следует использовать специальные комплексы производственной гимнастики, витамин профилактику (2 раза в год комплекс витаминов В, С, никотиновая кислота), спецпитание. Целесообразно также проводить в середине или в конце рабочего дня 5—10-минутные гидропроцедуры, сочетающие ванночки при температуре воды 38 °С и самомассаж верхних конечностей.

Категория проектируемых зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасностям устанавливается проектной организацией на стадии проектирования, а введенных в эксплуатацию до выхода настоящих Правил безопасности - в соответствии с требованиями НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и

пожарной опасности». Вентиляция и отопление зданий и помещений должны осуществляться в соответствии с требованиями санитарных и строительных правил и норм.

6.3 Экологическая безопасность

Защита селитебной зоны. При наличии в продукции месторождений вредных примесей (сернистого водорода, цианистоводородной (синильной) кислоты) между ОПО, добывающими и транспортирующими эту продукцию, и селитебными территориями должна быть установлена буферная (санитарно-защитная) зона, размеры которой определяются проектной документацией. ОПО, для которых обязательным требованием является разработка деклараций промышленной безопасности, должны иметь ограждения и контрольно-пропускной режим. Отдельно стоящие ОПО, находящиеся в селитебной зоне, должны иметь ограждения. От крайнего ряда эксплуатационных скважин, а также вокруг других ОПО устанавливаются санитарно-защитные зоны, размеры которых определяются проектной документацией.

Защита атмосферы. Выхлопные газы загрязняют атмосферу. Необходимо предусмотреть мероприятия по устранению причин возможных утечек газа, а именно - оснащение всей аппаратуры, работающей под давлением, предохранительными клапанами на случай превышений текущих давлений над расчетными; - оборудование емкостей для хранения нефти, топлива и масла герметичными крышками и дыхательными клапанами; - контроль швов сварных соединений трубопроводов; - защита всего оборудования от коррозии; - испытание оборудования и трубопроводов на прочность и герметичность после проведения монтажных работ. Содержащиеся частицы в газе, попадая через органы дыхания, могут наносить непоправимый ущерб здоровью человека. Необходимо проводить осмотр насосного агрегата, а также трубопроводов на наличие целостности оборудования. Необходимо организовать комплекс мероприятий по

установке: сигнализаторов, газоанализаторов и система вытяжной вентиляции.

Защита гидросферы. Со сточными водами НПЗ в водоемы попадают: соленая вода электрообессоливающих установок, ловушечная нефть, нефтешламы, нефтепродукты, химические реагенты, кислые гудроны, отработанные щелочные растворы и т. д. Главным фактором в данной работе является разлив масла, в следствии несоблюдения правил по обслуживанию и ремонту агрегата. Для предотвращения возникновения ситуаций, указанных выше, необходимо соблюдать правила, прописанные в соответствующей нормативной документации

Защита литосферы. Утилизация технического мусора должна осуществляться с применением полигонов твердых бытовых отходов в соответствии с СанПиНом 2.1.7.722-98. Для приема бытовых отходов используют передвижные и стационарные контейнеры емкостью от 0,1 до 0,8 м³. Для контейнеров также оборудуют заасфальтированные или забетонированные площадки на открытом воздухе.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К основным видам аварий, происходящих в НГК, относятся:

В нефтяной промышленности:

- механические повреждения оборудования, сооружений, конструкций;
- разливы нефти;
- взрывы, пожары.

На объектах транспорта газа:

- внезапная разгерметизация;
- взрыв без возгорания;
- взрыв с пожаром;
- пожар без взрыва.

На нефтеперерабатывающих предприятиях:

пожар;

- взрыв и пожар;
- химическое заражение;
- взрыв.

При возникновении аварий АБУ в непосредственной цепи с насосом нужно придерживаться определенных правил.

Причины выхода из строя насосов. Заклинило рабочее колесо. При посторонних шумах и звуках внутри насоса (срезаны пальцы, вал, рабочее колесо, подшипник). Вибрации выше допустимых пределов. При износе лопаток рабочего колеса. При износе сальниковой набивки. При перегреве смазки подшипников. При неисправности соединительной муфты. При образовании свищей, трещин в корпусе насоса. При неисправности электродвигателя. При ослаблении болтов на муфте.

К безопасной эксплуатации регламентируются правила ПБ 12-368-00 «Правила безопасности в газовом хозяйстве», которые разработаны в соответствии с «Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России» и учитываются требования Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

В соответствии с пунктом 16 Правил пожарной безопасности 01-03 (утвержденных Приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 18 июня 2003 г. N 313 в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

Эвакуация представляет собой процесс организованного самостоятельного движения людей наружу из помещений, в которых имеется возможность воздействия на них опасных факторов пожара. Эвакуацией также следует считать самостоятельное перемещение людей, относящихся к мало мобильным группам населения, осуществляемое обслуживающим

персоналом. Эвакуация осуществляется по путям эвакуации через эвакуационные выходы.

Спасение представляет собой вынужденное перемещение людей наружу при воздействии на них опасных факторов пожара или при возникновении непосредственной угрозы этого воздействия. Спасение осуществляется самостоятельно, с помощью пожарных подразделений или специально обученного персонала, в том числе с использованием спасательных средств, через эвакуационные и аварийные выходы

Защита людей на путях эвакуации обеспечивается комплексом объемно-планировочных, эргономических, конструктивных, инженерно-технических и организационных мероприятий.

Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную эвакуацию людей через эвакуационные выходы из данного помещения без учета применяемых в нем средств пожаротушения и противодымной защиты.

За пределами помещений защиту путей эвакуации следует предусматривать из условия обеспечения безопасной эвакуации людей с учетом функциональной пожарной опасности помещений, выходящих на эвакуационный путь, численности эвакуируемых, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности здания, количества эвакуационных выходов с этажа и из здания в целом.

Пожарная опасность строительных материалов поверхностных слоев конструкций (отделок и облицовок) в помещениях и на путях эвакуации за пределами помещений должна ограничиваться в зависимости от функциональной пожарной опасности помещения и здания с учетом других мероприятий по защите путей эвакуации.

Не допускается размещать помещения класса Ф5 категорий А и Б под помещениями, предназначенными для одновременного пребывания более 50 чел., а также в подвальных и цокольных этажах.

В подвальных и цокольных этажах не допускается размещать помещения классов Ф1.1, Ф1.2 и Ф1.3.

Противодымная защита должна выполняться в соответствии со СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Система оповещения о пожаре должна выполняться в соответствии с НПБ 104-95 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях».

6.4.1 Действия сотрудников лаборатории при возникновении пожара

Действия лица ответственного за противопожарное состояние а также , замещающее его, получив сообщение о пожаре, обязан:

1. Продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану.
2. В случае угрозы жизни людей немедленно организовать их спасение.
3. При необходимости отключить электроэнергию, остановить работу системы вентиляции, воздержаться от открытия окон и дверей, а также не разбивать стекол, покидая помещение или здание, закрыть за собой двери и окна, чтобы предотвратить приток воздуха в очаг пожара.
4. Прекратить все работы в помещениях, кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара.
5. Удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара.
6. Осуществлять общее руководство по тушению пожара до прибытия подразделения пожарной охраны.
7. Обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара.
8. Одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей.

9. Организовать встречу подразделения пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара.

10. Проинформировать руководителя тушения пожара о конструктивных и технологических особенностях объекта и других сведениях, необходимых для успешной ликвидации пожара. План эвакуации представлен ниже (рисунок 42).



Рисунок 42 – План эвакуации из лаборатории

В данном разделе магистерской диссертации были рассмотрены: правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности; производственная безопасность; анализ опасных и вредных производственных факторов. Рассмотрены мероприятия по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов, а также экологическая безопасность.

Основной причиной вредных воздействий на человека являются вибрации. Для решения данной проблемы применяются технологические мероприятия - улучшение конструкции приборов, инструментов, машин и тд. Санитарно-технические мероприятия - использование поглощающих вибрацию панелей, специальных кожухов. Законодательные мероприятия -

разработка и внедрение норм работы в условиях вибрации. Индивидуальные средства защиты перчатки, обувь из виброгасящих материалов.

Выстроен порядок действий при возникновении пожара в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. С учетом требований Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Заключение

В данной магистерской диссертации было рассмотрено автоматическое автобалансирующее устройство активного типа. Выполнено построение 3-D модели автобалансирующего устройства и проведен анализ разработанной схемы.

Проведен расчет емкости и основных параметров первого и второго диска АБУ. Выявлено оптимальное положение дисков в формате математической модели.

Разработан алгоритм управления корректирующими массами для снижения вибрации АБУ в режиме реального времени.

Проанализировав полученные данные, выяснилось, что используя АБУ есть возможность проводить балансировку не останавливая устройство. Это позволяет сократить значительные расходы, где остановка оборудования приводит к большим временным и финансовым затратам. А использование автоматизированной системы обнаружения вибрации, ведет к улучшению точности балансировки и снижению неуравновешенности до минимума.

Список использованных источников

1. Левит М.Е., Вайнгортин Л.Д, Справочник по балансировке.– М.: Машиностроение, 1992. – 464 с.
2. Агафонов Ю.В., Базыкин Ю.В., Исследование устойчивости автобалансира роторной системы // Машиноведение, 1985. – С. 110 –115.
3. Челомей В.Н., Справочник вибрация в технике.– М.: Машиностроение, 1983. – 403 с.
4. Тюманок А.Н. Остаточная неуравновешенность при автоматическом уравнивании роторов // Труды Таллин, 1976. – С. 124 –145.
5. Вибрация в технике: Справочник. В 6 т. Колебания машин, конструкций и их элементов / Под ред. Ф.М. Диментберга и К.С. Колесникова. – М.: Машиностроение, 1980. –Т.3. – 544 с.
6. Блехман И.И. Синхронизация динамических систем. – М.: Наука, 1971. – 658 с.
7. Петров Г.А., Торгашев В.Е., Расчет и конструирование автобалансирующего устройства. // Сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции для студентов и учащейся молодежи «Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении», г. Юрга, 2017.
8. Гусаров А.А., Шаталов Л.Н, Расчет оптимальных автобалансирующих устройств // Механизация и автоматизация производства. № 6 – 1987. – С. 5 –6.
9. Агафонов Ю.В., Базыкин Ю.В. Исследование устойчивости шарового автобалансира роторной системы на анизотропных опорах // Машиноведение. 1985. – С. 107 – 120.
10. Агафонов Ю.В., Базыкин Ю.В. Исследование влияния эксцентриситета дорожки шарового автобалансира на качество балансировки // Вестник машиностроения. 1986. С. 22 – 30.
11. Кравченко В.И. Подбор параметров шарового автоматического балансировочного устройства по номограммам // Вестник машиностроения. 1982. – С. 30– 54.

12. Нестеренко В.П. Автоматическое устранение статической неуравновешенности ротора с анизотропными опорами // Машиноведение. 1984. №1. - С. 24-25.

13. Нестеренко В.П. Автоматическая балансировка роторов приборов и машин со многими степенями свободы. - Томск, 1985. - 84 с.

14. Нестеренко В.П. Теория и практика устройств автоматической балансировки роторов: Автореф. дис. д-ра. техн. наук/ - Новосибирск, 1990.- 36 с.

15. Нестеренко В.П. Учет вязкого сопротивления при определении условий автоматической балансировки // Известия вузов. Машиностроение. 1989. № 4. - С. 39-41.

16. Агафонов Ю.В. Динамика шарикового автобалансира в поле направленных сил // Машиноведение. № 1. 1987. – С. 115 –117.

17. Нестеренко В. П. Автоматическое устранение статической неуравновешенности ротора с анизотропными опорами // Машиноведение. №1. – 1984 – С. 24 – 25.

18. Петруха П.Г., Колосов Ю.А., Смирнов Ю.И. Стенд для уравнивания шлифовального круга. «Станки и инструменты», 1972, №1, с. 26-27.

19. Нестеренко В.П. Условия автоматической балансировки шарами двухроторной системы // Изв. вузов. Машиностроение. № 7. 1987. С. 63 – 67.

20. Нестеренко В.П. Автоматическая балансировка роторов приборов и машин со многими степенями свободы. - Томск: Издательство Томского университета, 1985. – 85 с.

21. Кладиев С.Н. Автобалансирующие устройства ручных шлифовальных машин: Дис. канд. технич. наук. – Томск, 1996. – 170 с.

22. Сутормин В.И. Исследование и разработка автобалансирующего устройства для повышения качества и производительности шлифования: Автореф. дис. канд. технич. наук. – Томск, 1981. – 17 с.

23. Рейбах Ю.С. Устройства для балансировки шлифовальных кругов. М., 1967. – 84 с.
24. Самсаев Ю.А. Основы балансировки гибких роторов // Автоматизация и современные технологии. 1993. №12. - С. 9-11.
25. Система классов точности балансировки . ГОСТ 22061-76. М., 1977. - 140 с.
26. Современные методы повышения эффективности и качества механической обработки : Сб. науч. тр. / КПТИ. Куйбышев, 1989. 138 с
27. Сусанин В.И. Балансировочные устройства// Машиностроитель. 1977. №7. - С. 14-15.
28. Пашкова Л.А. Влияние автобалансирующих устройств на износ шлифовальных кругов и качество обрабатываемой поверхности: Дис. канд. технич. наук. – Томск, 1999. – 95 с.
29. Горбунов Б.И., Гусев В.Г. Уравновешивающие устройства шлифовальных станков. – М., 1992.
30. А.с. 1048342 СССР, МКИЗ G 01 M 1/02. Автоматическое балансировочное устройство / В.И. Коваленко, В.И. Кравченко (СССР). – № 3374064/25-28; Заявлено 04.01.82; Опубл. 15.10.83, Бюл. № 38.
31. Автобалансирующее устройство: А.с. 1795319 СССР, МКИ G 01M 1/38 / Г.Б. Филимонихин (СССР). – № 4770688/28, Заявл. 09.11.89; Опубл. 15.02.93, Бюл. № 6.
32. Emanuelsson S. Introducing Automatic Balancing as a Means to Reduce Imbalance Induced Vibrations in Electrical and Air-Powered Hand-Held Angle Grinders (Power Tools) // Proceeding, 49th International Appliance Technique Conference, 1998, pp. 282 – 293.
33. Miwa T, Suzuki K, Kawaguchi T, Kawakami Y, Ohtsu S, Date O Reduction of grinder vibration by balancing // Industrial Health, 1984, 22, pp. 59 – 74.

34. Rajalingham C., Rakheja S. Whirl suppression in handheld power tool rotors using guided rolling balancers // J. Sound Vibr., 1998, 217(3), pp.453 – 466.

72

35. Kim W.D., Kwon H.O., Jeon M.S. Dynamic Analysis and Design of the Ball Balancer of a DVD System Considering Frictional Contact // LG Electronics Inc., Home Appliance Laboratory, 1999, 11 p.

36. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Ассоциация инженеров - программистов по охране труда.

37. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки // Библиотека гостей и нормативов. 2016.

38. ГОСТ Р 50923-96 Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения // Электронный фонд правовой и нормативнотехнической документации. С. 107

39. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

40. Попов В.М. Психология безопасности профессиональной деятельности: учебное пособие / В. М. Попов; Изд-во Новосибирского государственного технического университета, 1996 г. – 155 с.

Приложение А

Раздел 1 Обзор литературы

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2БМ74	Изерский Александр Владимирович		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Г.Р.	К.Т.Н.		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Бекишева Т.Г.			

1. Literature review

1.1 Forcing the movement of corrective masses in autobalancing devices

Corrective masses in autobalancing devices with a random search method can be moved using stepper motors. From the control unit, commands are given to this mechanism, which is installed on the fixed parts of the machine or the rotor. In the case of installation on fixed parts of machines, commands are given through current collector. The control unit contains a random signal generator that generates commands for the actuator with equal probability of movement in each direction. Herewith the magnitude of the supports' vibration or the bending stress of the rotor are measured. The vibration signals of the supports from the sensors through the amplifiers are transferred to the comparison unit.

In the case when movements of the corrective masses and the level of vibration remain unchanged, a search is performed in a random displacement variant, until the vibration level corresponds to the permissible values. When this level of vibration is reached, the flow of signals is stopped and the actuator is stopped. If the vibrations remain unchanged, the balancing device produces another random movement option and balancing continues.

The randomness of the variant of corrective masses movement ensures the independent operation of the device from the frequency of its rotation, with the subsequent elimination of vibration from friction of the contacting parts, heating of these elements, operational factors and of course imbalance. This system works with the equipment showing, the change in vibration, as well as their presence on the supports. Naturally, such systems are complex and need channels capable of transmitting information and energy from static to rotating parts. Due to the random search methods, there is a difficulty due to the fact that the balancing time period is not constant, therefore there is no guarantee of its provision at an acceptable time. In this case, the imbalance may increase by an amount characterized by uncertainty.

Autobalancing device with directional movement of corrective masses along specified trajectories, controlled with the help of tracking systems of experimental regulation, and also balancing of the rotors in a balancing machine at all frequencies is more reliable and productive. In such devices, the automatic control system which is powered from an external energy source is closed.

With the following systems, the autobalancing device responds to the mismatch between the output imbalance vectors and the input imbalance vectors of the corrective masses or sensitive elements of the signals, which ensures high accuracy of balancing the system and its speed. The contained recognition element of the device under consideration, taking into account the properties of the system, recognizes the position of the imbalance. A stepper motors is used to move the corrective masses. There is also an amplifier with a converter for obtaining more accurate and accurate signals to the regulator, which takes into account the phase change between the deflection and unbalance vectors.

Using a mechanical transmission, the ABU moves by means of an actuator equipped with a motor contact system. Fluid-type mechanisms are controlled by valves designed to pass liquid under the action of centrifugal force acquired by the pump. You can switch contacts or valves using such elements as autobalancing devices with free movement of small corrective masses.

Actuators can control the system of extreme regulation. The system in question contains an automatic control device and vibration sensors. The control device compares the signals of the sensors with the permissible ones and generates a program that directionally moves our corrective masses to reduce the imbalance level. The gradient or steepest descent control systems perform simultaneous movement of corrective masses in the direction of reducing the imbalance to an acceptable value, but the design of the autobalancing device is quite complex. In the Gauss-Seidel control system, the minimum oscillations of the rotor are achieved by successively moving the corrective masses with a minimum of vibrations at each movement, which leads to a relatively small increase in the duration of balancing.

As the main structural features that characterize the actuator and the balancing process performed with it, they adopt the rotor imbalance compensation implemented in the executive scheme and the movement of corrective masses. When considering options for imbalance schemes solve the following problem. The number of possible corrective masses and it can be changed. Given that in the presence of an imbalance in the mouths, the total imbalance in relations to the corrective masses should be zero.

1.2 Active type autobalancing devices

Often, the balancing of automatic autobalancing devices of the active type has a weak dependence on the rotor speed. The trajectory of movement and the speed of movement of corrective masses are due to their imbalance. It depends on the sensitivity setting of the measuring system; the type of drive used to transfer the correction masses and the type of circuit of the device in question. It can be concluded that the autobalancing devices of the active type are useful and ensure the accuracy of the installation of the balancing elements at a high level. This ensures the balance of the rotor, which is maximum possible with this assembly system.

The principal distinguishing feature of an active type ABU from all others is its principle of construction, which consists in the closure of the system. It consists of a significant number of individual units responsible for various functional aspects. Because of this, these systems are complex, massive in a constructive manner and a weighty cost. The authors of the fundamental works, in which all sorts of questions concerning the rotor balancing with the use of an automatic autobalancing device of the active type were considered, are Susanin V.I, Gusev V.G, Sokolov A.P, Sutormin V.I, and many others. The work of Rasstrigina L.A was important for this work where the device was developed with a random method of searching for provisions for corrective masses. Also an important contribution to the work was made by the works of Y.I. Naroditsky, Y.A.

Kolosova Y.A. and Kuindzhi A.A, who described the designs and principles of operation of automatic balancing devices in all modes with forced centering.

Gorbunov B.I. analyzed the automatic autobalancing devices of the active type found in world practice, and found out that different countries approach the development differently, there is no single system for constructing this type of device. In order to cover the whole variety of constructive variants of ABU, a matrix was developed. It includes distinguishing between the movement of corrective masses, the elements of the device control system and the type of drive. If more specific, then thirty types of control systems were detected in automatic mode, there are about seven types of combinations of trajectories of corrective masses displacement in real time mode, and seven drives of automatic autobalancing devices.

Speaking about the further development of active type ABU, they can be divided into several directions. First, to develop the technology of mechanical engineering, which will open the use of automated flexible industries. This will contribute to the discovery of new opportunities in the use of auto-balancing devices. In the future, there will be creation of self-adjusting control systems.

Next step will be the improvement of the measuring systems of the active type ABU, the elements of the drive base, increasing the reliability and improving the process control systems. Having improved the mechanical part, the result will be immediately visible in the higher indices of the properties of the autobalancing device.

It is worth considering in accordance with the tasks of balancing the above devices in terms of design. The method of choosing the optimal position of corrective masses of directional action is distinctive in active type autobalancing devices. These devices are designed in such a way that their search method is independent of work and rotor speed. Growing imbalance by an unspecified amount is the main drawback, since the random search method requires a certain amount of time. The reliability of the balancing process can be increased by equipping a certain pattern of the search method. An example of this is the

application of the control law, which is characterized by minimizing the temporary transition of balancing, based on the amount of balancing fluid of the reservoir, into which it is injected, taking into account the phase shift. Such a law can be implemented only in the case when there is a continuous compensation for the imbalance of the rotor. Compensating fluid is introduced based on the initial imbalance, which is fixed by special measuring sensors of high accuracy class.

Considering the case of rotation of the rotor, it is worth noting that its balancing will be carried out in cycles. In order to perform one of the alignment cycles, it is necessary to introduce such amount of liquid into the compensating chamber, which in mass equivalent is much less than required, in order to perform balancing. Further, from the obtained data of the measuring sensor, namely, the determination of the phase shift between the measured and the actual unbalance angle, we perform calculations. The error of the transmitted information will be determined, it depends on the deviation of the imbalance measured by the sensor from the actual amplitude. To compensate the residual imbalance, taking into account its phase shift, we introduce the amount of the liquid satisfying the data, into one or several connecting chambers. Using modern microprocessors, it becomes obvious that a high degree of performance has been achieved; it is necessary to calculate the amount of compensating fluid and gradation factors.

Active-type self-balancing devices do not need to register an imbalance phase measurement and show only the vibrations of the supports with a change in their amplitude due to the measuring system. This is a promising direction in simplicity and reliability, due to the reduction in the number of rotating elements and inherent in the functions performed. The design of autobalancing devices can be simplified using liquid elements of free mass movement, instead of a sensitive element.

An active mechanical device is an example of the above system. This type of device contains a chamber located centrally with respect to the axis of rotation and filled with the selected fluid (figure 1). A float is moved inside the chamber, the mass of which is much less than the weight of the fluid it displaces. When a change

in the position of an element in the chamber appears, an imbalance has arisen. In the chamber in question, the element is in the free-floating state, as soon as the position changes, the mechanism is activated. The disadvantage of this sensitive element is the difficulty in determining the angle of the unbalance vector formed due to sliding or rolling friction. Liquid sensing elements can not afford to organize high accuracy.

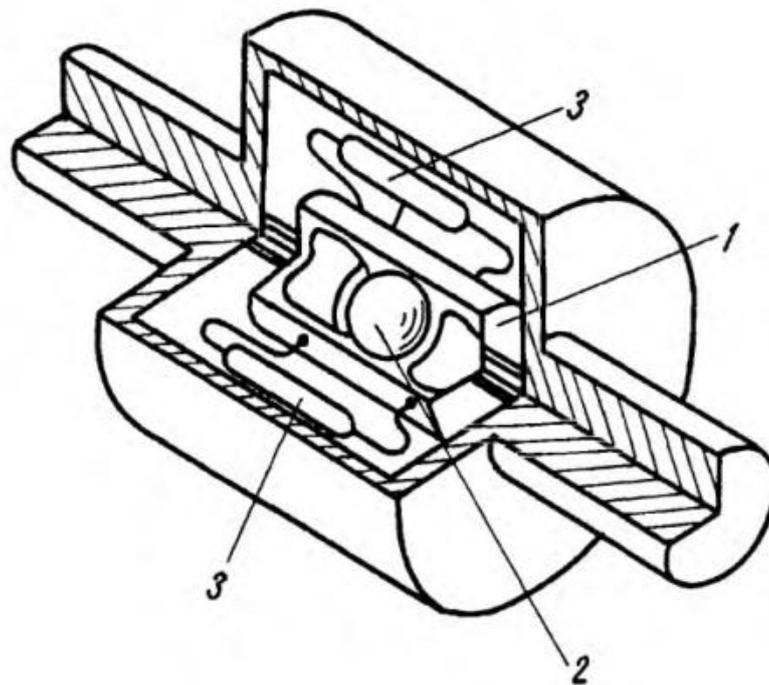


Figure 1 - Balancing device for rotating parts:

1 - chamber liquid; 2 - sensitive element; 3 - balancing weights.

The state of unbalance of the rotor of higher accuracy can be obtained using the sensors used to balance the rotation bodies in automatic mode. Figure 2 represents a diagram of the device used for balancing rotating bodies, and more specifically for centrifuges. It consists of an annular chamber filled with unbalanced mass located on the rotor. The power sensors on the centrifuges are arranged symmetrically.

It is possible to increase the quality of balancing by optimizing the mechanical part of the automatic autobalancing device, which is as important as the system for moving corrective masses along with the measuring component.

The device, developed by the Ufa Institute, consists of a support for the rotor with a sensor mounted on it, a planetary gearbox and gears. In this type of device, to improve accuracy, there is a second pair of gears that provide balancing. Unbalanced gear pairs of wheels are diametrically opposed to the axis of rotation of the rotor (figure 3).

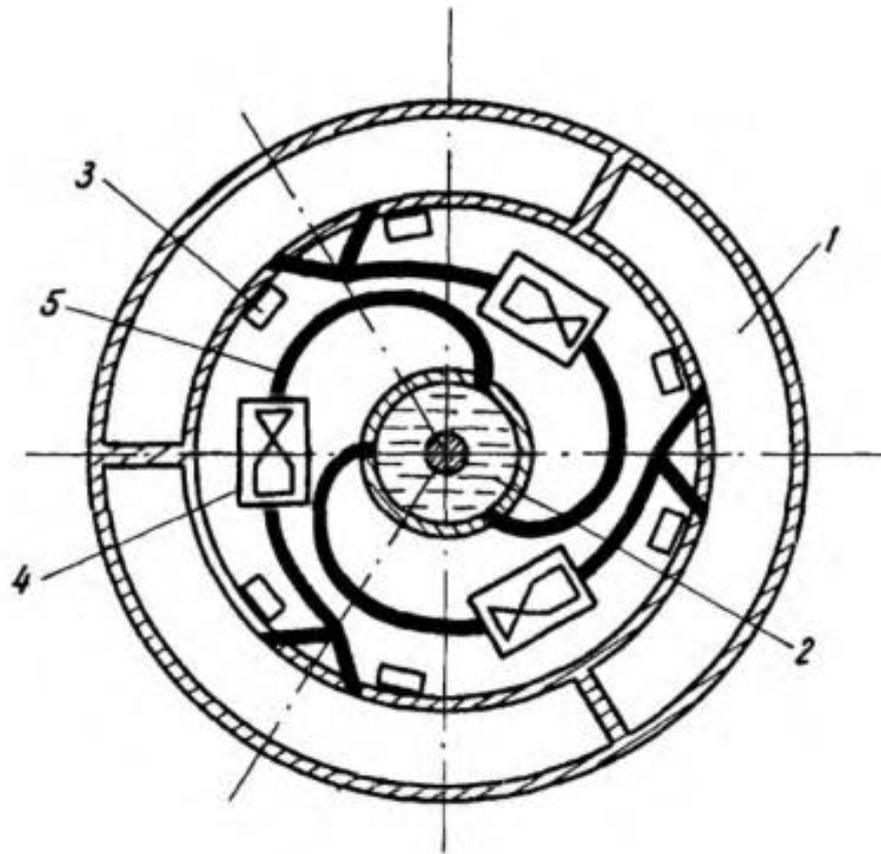


Figure 2 - Automatic balancing device tel:

- 1 - balancing cavity; 2 - central reservoir; 3 - power sensor;
4 - servo; 5 - pipeline.

A unique work revealing a fundamentally new type of devices designed for balancing rotating rotors is the work of Ivina SM, Vinogradova L.V. and Sidorov V.E. The system of automatic balancing of the rotor is due to the forced movement of corrective masses. As a rule, a pair of corrective masses is used to ensure complete balancing of the rotor. The simplicity of the design significantly increases the speed of balancing, and by improving the measurement system, it

becomes possible to improve the quality of the vibration setting at a higher level and subsequently eliminate the vibration.

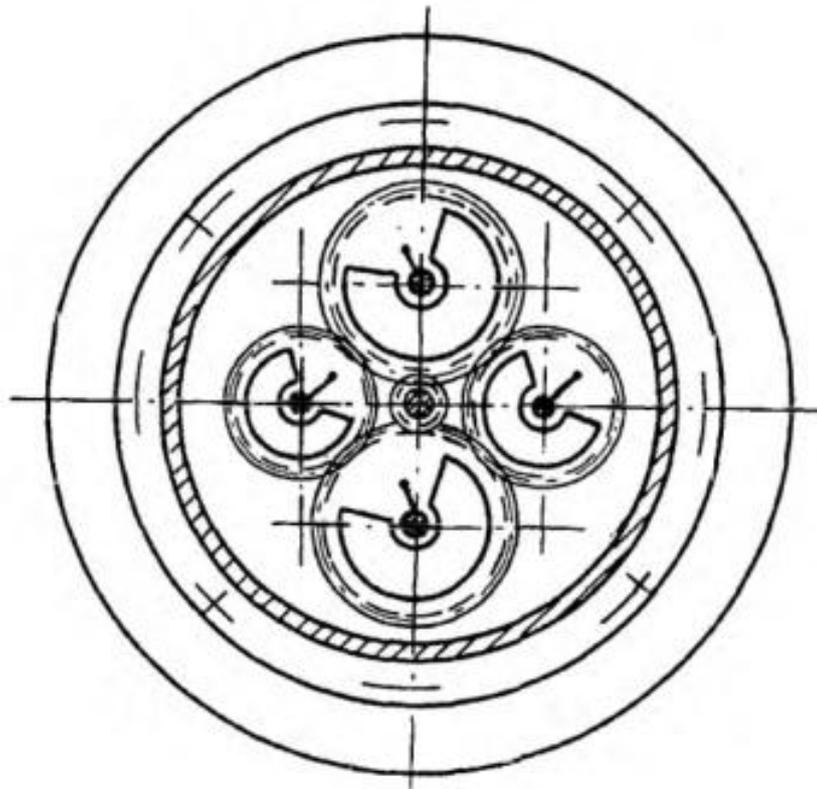


Figure 3 - The device proposed:

Ivin S.M.; Vinogradov L.V.; Sidorov V.E.

The key problem is not less important than the accuracy of balancing, is to increase productivity, which depends on the capacity of the device. This is presented in the work of Dobrovolsky G.G., Kryachekov B.S., Belousova V.P. and V.L. Krikunenko, where the balancing tanks are made in their unique form, for balancing the bodies of rotating devices.

Such outstanding people as A.H. Grigoryan and Sargsyan A.E. proposed rotor balancing device, with its direct rotation. Their idea is the following: an active fluid device comprising a casing that is installed coaxially with the rotor, several tanks with a correction weight installed evenly around the axis of the casing, with a valve control unit, reduce the power consumption of the device by eliminating the pressure necessary to move the fluid. This equipment is different in that its valves have both main and additional tanks.

The connection of the main tanks through channels is made in the case. Moreover, one channel is installed at the exit to the additional tank, and the other at the entrance to the main tank. The movement of the balancing fluid itself passes through the channels, which are part of a spiral turn when the system rotates under the action of centrifugal forces (figure 4).

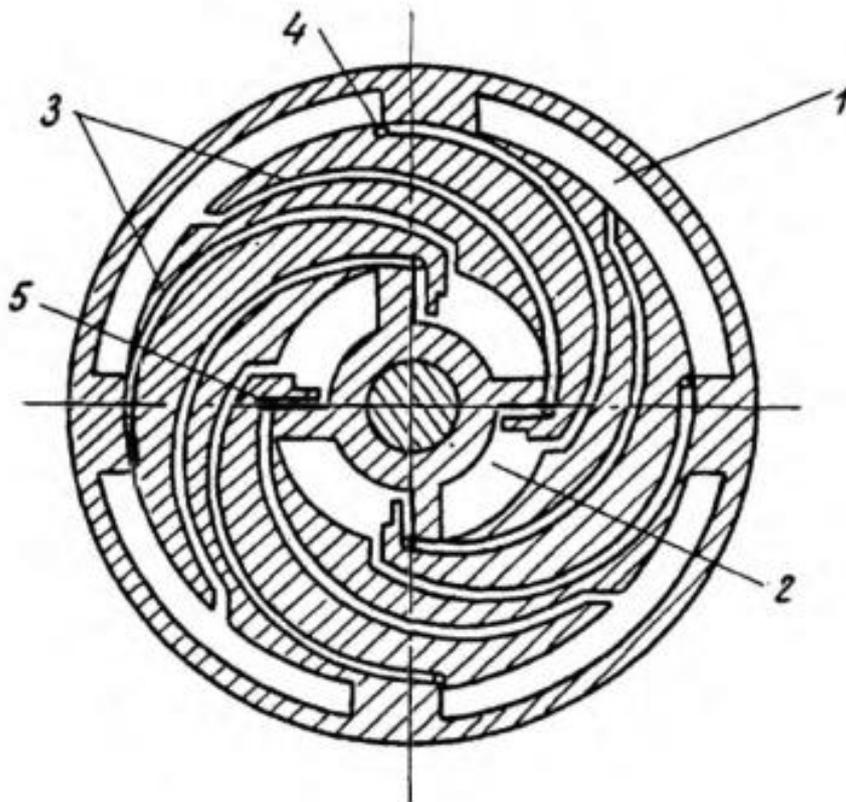


Figure 4 - Device Grigorian A.H. and Sargsyan A.E.

1 - main balancing tanks; 2 - additional tanks; 3 - channels; 4 - valves.

According to the results of the analysis of modern balancing tools and their methods, it is worth to highlight a few points. The development of active type autobalancing devices is noticeably improving. To be more specific, the system of automatic movement of corrective masses, the measuring system and the mechanical parts of the considered devices are being improved.

Improving the example of the kinematic scheme, and designs that depend on the type of drive used, leads to higher reliability and efficiency of the equipment. All known active-type ADFs on all parts of the rotation ensure quick and accurate

balancing of the rotor. Due to the complex design, the accuracy of the device also increases, but the presence of such a system is massive and expensive. Such equipment is used in areas where high precision balancing is necessary, taking into account the economic feasibility of determining a high level of measuring tools.

2. The object and methods of research

The object of study is the active type ABU. Its main advantage is work in all modes, and as for flaws, the complexity of the design plays a significant role (Figure 5).

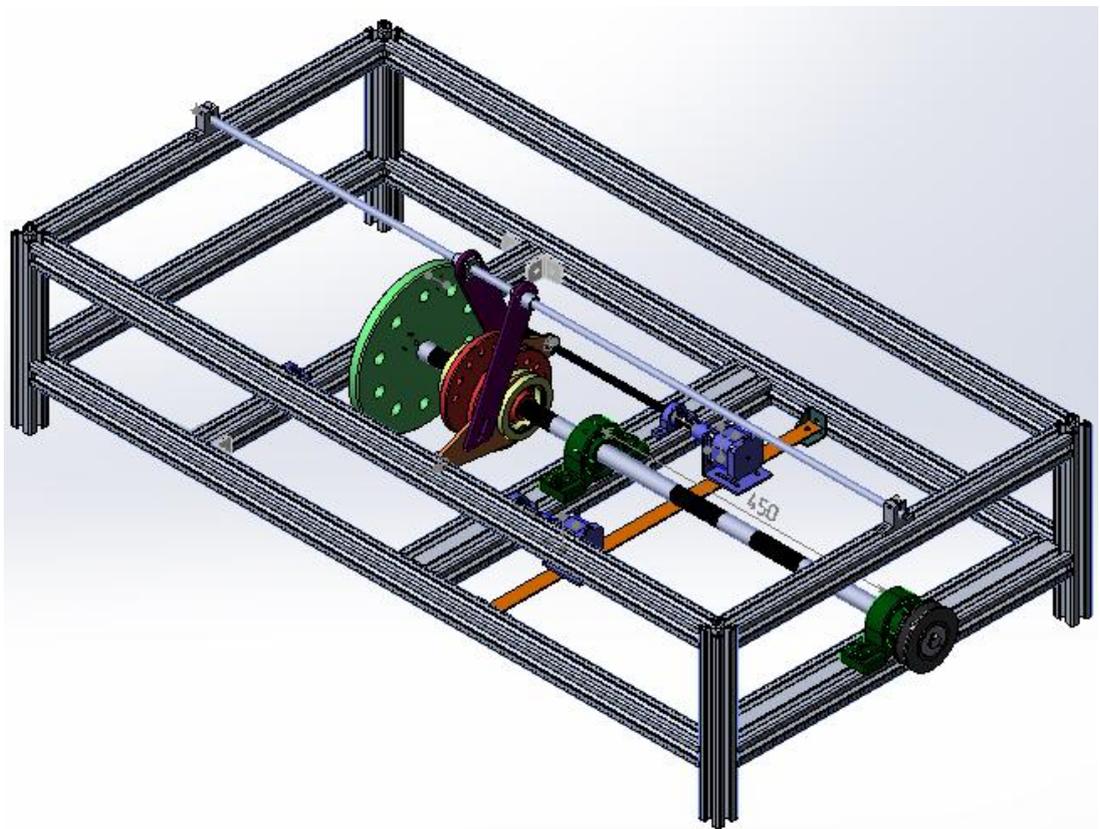


Figure 5 - Automatic self-balancing device of the active type.

Due to the advantages, the disadvantages play a not very significant role, since it is possible to carry out balancing without stopping the device. This allows you to reduce significant costs, where stopping equipment leads to large time and financial costs. The use of an automated vibration detection system leads to improved balancing accuracy and reduced unbalance to a minimum.

In the passive ABU there are working elements (corrective masses) that are moved by internal forces, the work of active ABU directly depends on the source of external energy. The schematic diagram of this device is as follows (Figure 6).

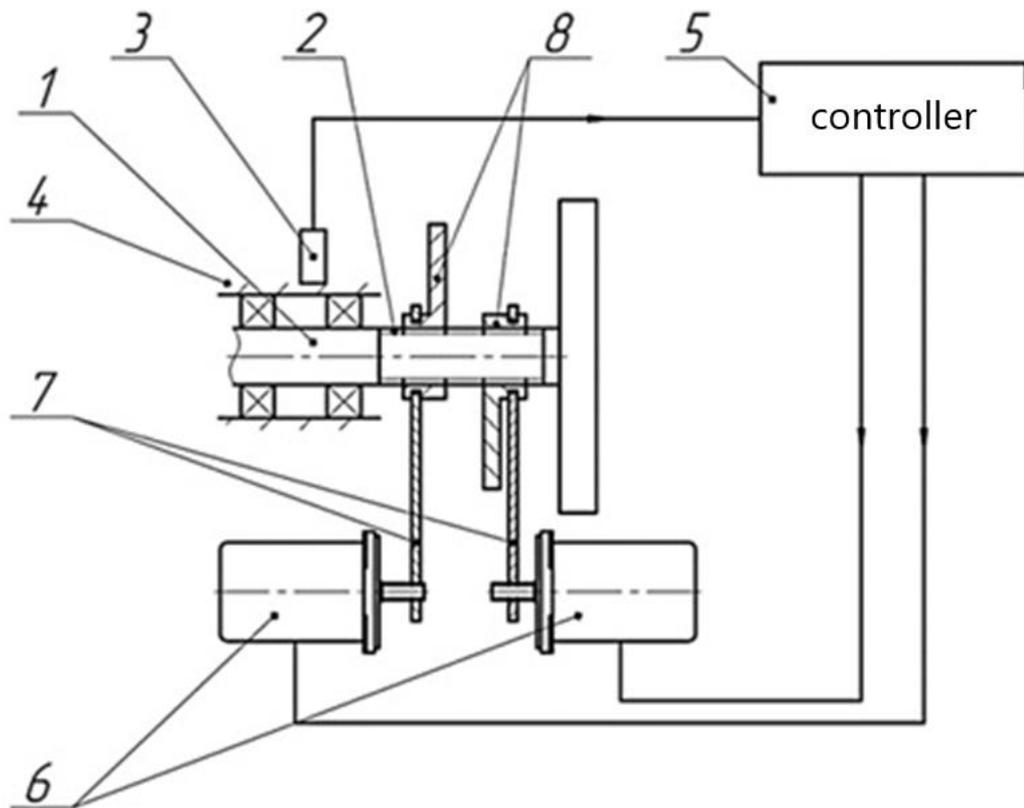


Figure 6 - Scheme of operation of the ABU with two corrective masses:
 1 - rotor, 2- thread, 3 - vibration sensor, 4 - bearings with bearings, 5 - control unit,
 6 - stepper motors, 7 - forks, 8 - masses.

2.1 Issues

The rapid development of technology leads to an increase in the linear and angular velocities of mechanisms, the consequence of this is an increase in the level of vibrations.

It is known that vibrations lead to: increased wear of parts and assemblies, reduced bearing life, accidents, fatigue failure in parts, increased energy consumption, reduced product quality, and negative effects on people (vibration disease).

The reasons for the occurrence of vibrations (Figure 7) are:

- imbalance;

- wear knots;
- heterogeneity of the rotor material;
- accuracy of manufacture and assembly;
- sedimentation of particles on the rotor.

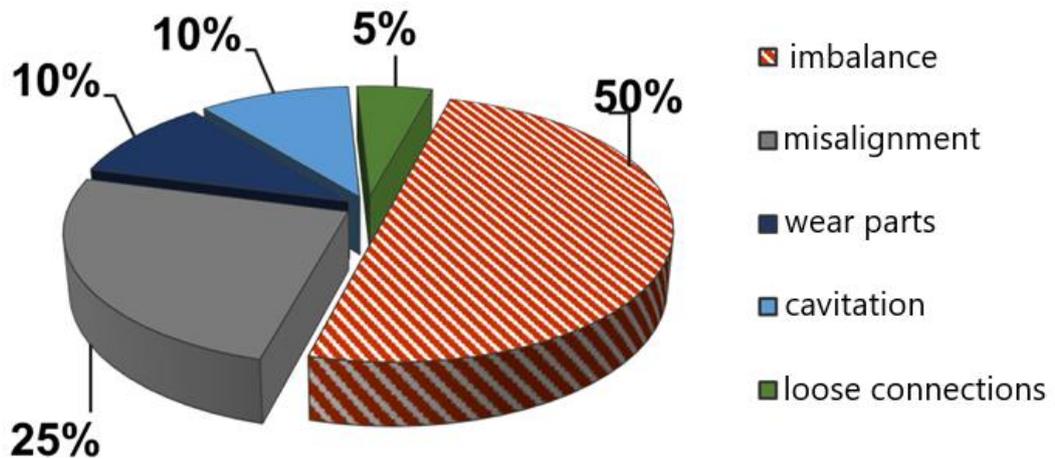


Figure 7 - The main causes of increased vibration

Analysis of the out-of-operation of centrifugal pumps designed to pump flammable, combustible liquids shows that the main cause of vibration is imbalance, which is 55%.

It is necessary to improve the accuracy of balancing mechanisms, since it increases the useful power by 10%, and also increases the service life of equipment by more than 25%, normalizes working conditions.

2.2 Objectives of the study

The task of the current study is to build a 3D model of an automatic auto-balancing device, with the subsequent determination of permissible vibrations and the manifestation of design flaws in the process, for their immediate elimination.

It will be necessary to develop a device for balancing rotating rotors. Further, there will be testing, according to the chosen algorithm for searching and eliminating imbalance, as well as carrying out analytical work on the results obtained. Schematically, the original model is as follows (Figure 8).

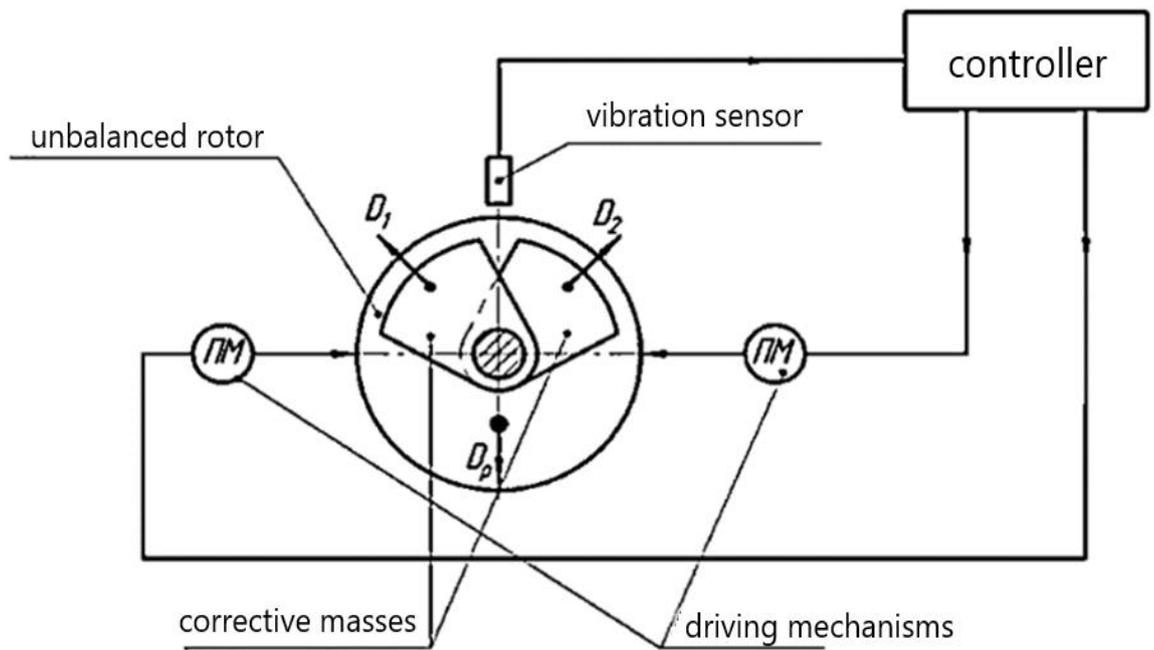


Figure 8 - Schematic model of the active type ABM.

It will be necessary to carry out tests with the identification of permissible vibration indicators, as well as to verify the work of the corrective masses, which are metal disks of the pendulum type. Determine the indicators of imbalance that may arise in real conditions during a working situation in production.