



Институт Кибернетики

Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»

Кафедра «Технология машиностроения и промышленной робототехники»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование неуравновешенности генератора волн передачи с промежуточными телами качения

УДК 621.833.621.313.12-755

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ван Юнчжэн		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С	К.Т.Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Фелорчук Ю.М.	Д.Т.Н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт Кибернетики
Направление подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
Кафедра «Технология машиностроения и промышленной робототехники»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(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
8ЛМ51	Ван Юнчжэн

Тема работы:

«Исследование неуравновешенности генератора волн передачи с
промежуточными телами качения»

Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.05.2017г № 3144/С
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2017г
--	-------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i>	<i>Объект исследования :быстро вращающиеся части привода ручной машины электробур. якорь коллекторного электродвигателя.</i> <i>Режим работы периодический</i>
---	---

<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><i>Произвести анализ конструкций генераторов волн волновой передачи с промежуточными телами качения. Произвести анализ Теоретических основ балансировки Произвести анализ балансировочной аппаратуры Балансировка быстро вращающихся частей привода ручной машины</i></p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><i>20 слайдов в Power Point</i></p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p><i>Исследовательская часть</i></p>	<p>Коротков В.С.</p>
<p><i>технологии сборки привода РМ электробур</i></p>	<p>Коротков В.С.</p>
<p><i>социальной ответственности часть</i></p>	<p>Фелорчук Ю.М</p>
<p><i>экономический раздел</i></p>	<p>Спицын В.В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p><i>Балансировка быстро вращающихся частей привода ручной машины</i></p>	

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

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Коротков В.С</p>	<p>к.т.н</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>8ЛМ51</p>	<p>Ван Юнчжэн</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ЛМ51	ФИО Ван Юнчжэн
-----------------	-------------------

Институт	Не разрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	«Автоматизация технологических процессов и производств в машиностроении»

Тема дипломной работы: Исследование неуравновешенности генератора волн передачи с промежуточными телами качения.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:
<p>1. Целью данной работы является уравнивание быстро вращающихся частей привода ручной машины электробура.</p> <p>2. Описание рабочего места на предмет возникновения вредных проявлений факторов производственной среды (для обслуживающего персонала необходимо обеспечить оптимальные, в крайнем случае, допустимые значения метеоусловий на рабочем месте, исключить контакт с вредными, , которые могут образовываться в процессе работы установки, обеспечить комфортную освещенность рабочего места, уменьшить до допустимых пределов шум от силового блока плазмореактора, вентиляции, обеспечить безопасные значения электромагнитных полей от силового блока плазмореактора);</p> <p>опасных проявлений факторов производственной среды (в связи с использованием электричество для работы балансировочных станко, виброизмерительной аппаратуры и освещенность, необходимо защиты от электро-, пожаро- и взрывоопасности);</p> <p>- необходимо предусмотреть мероприятия по предотвращению негативного воздействия на окружающую природную среду используемых энергетических проявлений и образующихся отходов: электромагнитные поля от от силового блока плазмореактора, «черновые» листы бумаги, отработанные картриджи, принтеры и др. оргтехника;</p> <p>- необходимо обеспечить устойчивую работу вашего производственного участка при возникновении чрезвычайных ситуаций, характерных для Сибири – сильные морозы, пурга, человеческий фактор, диверсия (рассмотреть минимум 2 ЧС – 1 природную, 1 техногенную).</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <p>а) приводятся данные по оптимальным и допустимым значениям микроклимата на рабочем месте, перечисляются методы обеспечения этих значений; приводится 1 из расчетов (расчет освещенности на рабочем месте, расчет потребного воздухообмена на рабочем месте, расчет необходимого времени эвакуации рабочего персонала);</p> <p>б) приводятся данные по реальным значениям шума на рабочем месте, разрабатываются или, если уже есть, перечисляются мероприятия по защите персонала от шума, при этом приводятся значения ПДУ, средства коллективной защиты, СИЗ;</p> <p>в) приводятся данные по реальным значениям электромагнитных полей на рабочем месте, в том числе от компьютера или процессора, если они используются, перечисляются СКЗ и СИЗ;</p> <p>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <p>а) приводятся данные по значениям напряжения используемого оборудования, классификация помещения по электробезопасности, допустимые безопасные для человека значения напряжения, тока и заземления (в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты); перечисляются СКЗ и СИЗ;</p> <p>б) приводится классификация пожароопасности помещений, указывается класс пожароопасности вашего помещения, перечисляются средства пожарообнаружения и принцип их работы, средства пожаротушения, принцип работы, назначение (какие пожары можно тушить, какие – нет), маркировка; пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия).</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>организация безотходного производства (приводится перечень отходов при эксплуатации установки, перечисляются методы улавливания, переработки, хранения и утилизации образовавшихся на вашем производстве промышленных отходов).</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>а) Приводятся возможные для Сибири ЧС; Возможные ЧС: морозы, диверсия разрабатываются превентивные меры 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>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства (приводится перечень ГОСТов, СНиПов и др. законодательных документов, использованных в своей работе);</p>
<p>Перечень графического материала:</p> <p>1) Пути эвакуации</p> <p>2) План размещения светильников на потолке рабочего помещения</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Фелорчук Ю.М.	д.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ван Юнчжэн		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «Экономический раздел»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ51	Ван Юнчжэн

Институт	Не разрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	Машиностроение / Технология машиностроения и промышленной робототехники

Тема дипломной работы: Исследование неуравновешенности генератора волн передачи с промежуточными телами качения

Исходные данные к разделу «Экономический раздел»:
<i>Целью данной работы является уравнивание быстро вращающихся частей привода ручной машины электробура. Необходимо провести предпроектный анализ, план проекта, Реестр рисков исследования, предположительный бюджет научного исследования.</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:
<i>Анализ конкурентоспособности продукта; В данном анализе исследуемый продукт сравнивается с ближайшими конкурентами по ряду факторов для определения сильных и слабых мест продукта для дальнейшего эффективного модернизированы последнего.</i>
<i>План проекта; В данном разделе приводится таблица плана работ и затраченного времени для данных работ. С помощью плана можно контролировать выполнение поставленных задач более эффективно.</i>
<i>Реестр рисков исследования; В ходе проекта могут возникнуть непредвиденные обстоятельства, которые негативным образом могут повлиять на всю проведенную работу. Данный раздел служит для предупреждения возникающих рисков, а так же их анализа.</i>
<i>Предположительный бюджет научного исследования; По аналогии с предыдущим разделом, данный раздел прогнозирует возможные и наиболее вероятные расходы при проведении исследования.</i>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ван Юнчжэн		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 94 страниц, в том числе 10 таблиц, 40 рисунка, 1 приложение. Структура работы состоит из введения, четырех глав, списка используемых источников.

Объект исследования: Причины появления вибрации в приводе ручной машины электробур и методы ее снижения.

Предмет исследования: Конструкция быстро вращающихся частей привода ручной машины электробур.

Цель: Уравновешивание быстро вращающихся частей привода ручной машины электробур

Постановка задачи:

1. Произвести анализ конструкций генераторов волн волновой передачи с промежуточными телами качения.
2. Произвести анализ причин появления колебаний.
3. Произвести анализ методов расчета и устранения дисбаланса.
4. Произвести анализ видов балансировки, балансировочного и виброизмерительного оборудования.
5. Произвести балансировку генератора волн волновой передачи на специальном оборудовании.

Научная новизна: заключается в разработке методики балансировки быстро вращающихся частей привода РМ и получении экспериментальных данных для их проектирования.

Практическая ценность работы: заключается в создании привода для ручной машины электробур с минимальными габаритными размерами и массой

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.
2. ГОСТ 10159-79 Машины электрические вращающиеся коллекторные. Методы испытания.
3. ГОСТ 19.502 – 78 Единая система программной документации. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.
4. ГОСТ 24346-80 ВИБРАЦИЯ. Термины и определения.
5. ГОСТ 24347-80 ВИБРАЦИЯ. Обозначения и единицы величин.
6. ГОСТ ИСО 1940-1-2007 ВИБРАЦИЯ. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса.
7. ГОСТ ИСО 1940-2-99 Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов.
Часть 2. Учет погрешностей оценки остаточного дисбаланса.
8. ГОСТ ИСО 7919-1-2002 ВИБРАЦИЯ. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на вращающихся валах.

Введение.....	1
1. Исследовательская часть	3
1.1 Обзор литературы по теме исследования.....	3
1.2 Общие сведения о ручной машине электробур с ПТК	4
1.2.1 Общие сведения о приводе РМ электробур.....	4
1.2.2 Анализ различных конструкций передачи с ПТК.....	4
1.3 Теоретические основы балансировки	7
1.3.1 причины возникновения вибраций	7
1.3.2 виды балансировки.....	7
1.4 Анализ балансировочной аппаратуры	9
1.4.1 Общие сведения о балансировочном станке	9
1.4.2 Общие сведения о виброизмерительной аппаратуре.....	14
1.5 Балансировка быстро вращающихся частей привода ручной машины	18
1.5.1 Балансировка диска генератора волн	18
1.5.2 Балансировка якоря с диском генератора волн	22
1.6 Выводы работы	31
2. Технология сборки привода РМ электробур.....	33
3. Социальная ответственность часть	38
3.1 Описание рабочего места.....	38
3.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	38
3.2.1 Метеоусловия.....	38
3.2.2 Производственный шум.....	40
3.2.3 Освещенность	41
3.2.4 Электромагнитные поля	44
3.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды.....	46

3.3.1 Факторы электрической природы	46
3.3.2 Факторы пожарной и взрывной природы	48
3.4 Охрана окружающей среды	50
3.5 Защита в ЧС	50
3.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	51
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	52
4.1 Предпроектный анализ	52
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	54
4.1.2 Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов.	55
4.1.3 Анализ конкурентных технических решений с позиции	56
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	58
4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	58
4.2 План проекта	59
4.3 Реестр рисков исследования	60
4.4 Предположительный бюджет научного исследования	62
Литература	64
Приложение	73

Введение

Объект изучения: Причины появления вибрации в приводе ручной машины электробур и методы её снижения

Предмет изучения: Конструкция быстро вращающихся частей привода ручной машины электробур.

Актуальность работы: колебания влияют на безопасность и стабильность работы оборудования, его надежность и долговечность. Для устранения колебаний необходимо проводить балансировку. Для оборудования с большой частотой вращения это обязательно. Генератор волн волновой передачи с промежуточными телами качения в приводе ручной машины электробур имеет частоту вращения 15000 об/мин и конструктивно неуравновешен, поэтому необходимо произвести его балансировку. Конструкция привода РМ электробур с однодисковым неуравновешенным генератором волн имеет наименьшую массу и размеры в сравнении с другими вариантами конструкций.

Цель: Уравновешивание быстро вращающихся частей привода ручной машины электробур

Постановка задачи:

1. Произвести анализ конструкций генераторов волн волновой передачи с промежуточными телами качения.
2. Произвести анализ причин появления колебаний.
3. Произвести анализ методов расчета и устранения дисбаланса.
4. Произвести анализ видов балансировки, балансировочного и виброизмерительного оборудования.
5. Произвести балансировку генератора волн волновой передачи на специальном оборудовании.

Научная новизна: заключается в разработке методики балансировки быстро вращающихся частей привода РМ и получении экспериментальных данных для их проектирования.

Практическая ценность работы: заключается в создании привода для ручной машины электробур с минимальными габаритными размерами и массой

В Исследовательской части: произведен анализ конструкций различных частей привода ручной машины электробура с ПТК, выявлены причины возникновения колебаний и описаны виды балансировки, произведен анализ

балансирующей аппаратуры, выполнена балансировка быстро вращающихся частей привода ручной машины электробур, даны рекомендации по проектированию привода ручной машины электробур.

В части технологии сборки привода РМ электробур: разработана технологическая схема сборки, разработан маршрутный технологический процесс сборки и его нормирование.

В части социальной ответственности: произведён анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности и произведён анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности

В части экономический раздел: произведён предпроектный анализ, план проекта, Реестр рисков исследования,предположительный бюджет научного исследования.

1. Исследовательская часть

1.1 Обзор литературы по теме исследования

Исследования динамики роторов насчитывают более чем 140-летнюю историю, о чем свидетельствует статья известного шотландского ученого У. Рэнкина [14] о вращательных движениях ротора написанная в 1869 году. В ней было впервые приведено описание влияния упругих и центробежных сил на вращение гибкого вала.

Значительный прогресс в этой тематике в конце 19 века произошел благодаря вкладу таких инженеров как К. Лаваль и А. Феппл. Явление самоцентрирования ротора было описано А. Фёпплом [10], который теоретически обосновал возможность работы со сверхкритическими скоростями.

В 1919 году вышла фундаментальная работа Г. Джеффкотта [13], в которой были подтверждены результаты Феппла о возможности устойчивого вращения вала в закритической области. С той поры простейшую модель ротора в виде тонкого диска, закрепленного посередине невесомого гибкого вала, в зарубежной литературе называют ротором Джеффкотта

Вопросу определения критических скоростей и форм колебаний любого порядка посвящена работа А.Н. Крылова [3]. В ней описываются роторы в виде гибких упругих валов постоянного сечения с распределенной массой с насаженными на них одним и более плоскими дисками. Показано влияние на критические скорости распределенной нагрузки, а также сосредоточенных сил и моментов.

Методы вычисления собственных частот и форм крутильных колебаний, развивали Р. Граммель [46], В.Я. Натанзон [7], Ю. А. Митрофанов [6].

Впервые вопрос об автоколебаниях роторов был поставлен в работе М. Я. Кушуля [4].

Ручной балансировке роторов посвящено множество работ, среди которых особое место занимает двухтомная книга под редакцией В.А. Щепетильникова [8], в которой подробно изложены все наработанные на тот момент технологии балансировки. В книге приводятся методики определения дисбаланса и его уравнивания для жестких и гибких роторов.

Кроме того, следует упомянуть работы М.Е. Левита [5] и А.А. Гусарова [17], посвященные данной тематике.

Недостатком ручной балансировки является то, что при длительном использовании материал ротора деформируется и балансировку приходится

проводить заново. Также ручная балансировка не приносит желаемых результатов, если центр тяжести ротора занимает нефиксированное положение, как это происходит, например, в стиральных машинах. Еще одним недостатком этого процесса является его трудоемкость для роторов сложной конструкции, особенно для гибких роторов, что было показано Ф.М. Диментбергом [2] и А.А. Гусаровым [1].

Первая теоретическая модель ротора, оснащенного шаровым автобалансирующим устройством, была предложена американским инженером Э. Сирлом [15] в 1932 году.

Подробно описаны все известные устройства для автоматической балансировки роторов в работе А. А. Гусарова [18].

Фундаментальными работами, отражающими современное состояние теории жестких и гибких роторов, являются монографии Г. Генты [19] и Т. Ямамото [16].

1. 2 Общие сведения о приводе ручной машины электробур

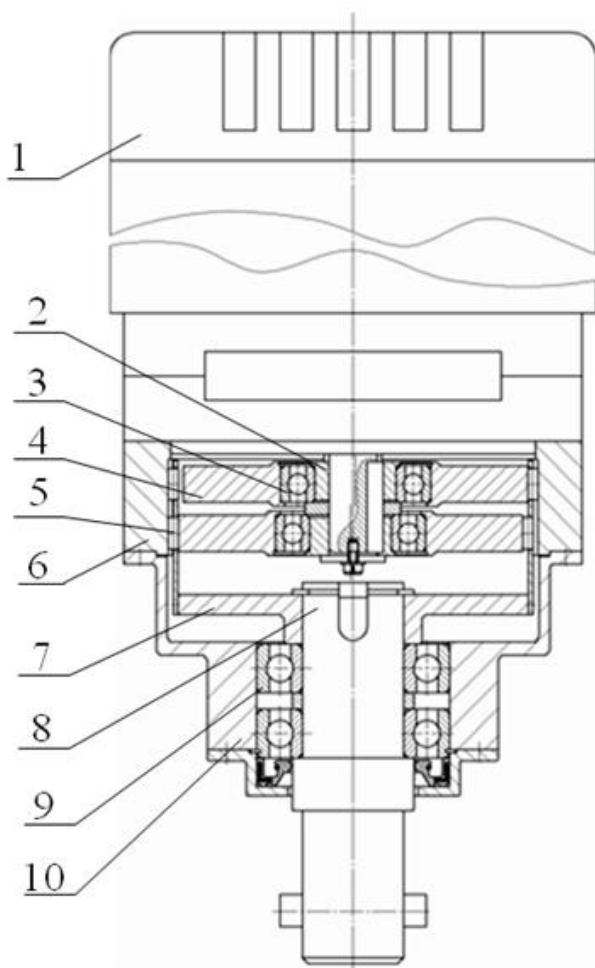
1.2.1 Общие сведения привода РМ электробура

Ручная машина электробур это сверлильная машина, составленная с электродвигателем, приводом и инструментом для сверления. Частота вращения двигателя до 15000 об/мин и больше, для обработки больших диаметров отверстия и твердых почв, необходимо снижать частоту вращения. Поэтому несколько электробуров с замедленными установками. Обычные замедленные установки называется зубными передачами. К достоинств этого передач заключается высокая надежность, большой ресурс, высокий КПД и др. Но к требования большого передаточного числа, зубчатая передача не возможно работает с маленьким габаритными размерами и массой. Это вызвало изобрести новый тип передачи, и волновая передача с промежуточными телами качения появилась.

1.2.2 Анализ различных конструкций передачи с ПТК

Волновая передача с промежуточными телами качения, это специальная передача, составная с пластической деформированной конструкции и волновом генератором. К достоинство передачи заключается высокую КПД и надежность, высокую точность, малую массу и объём. С изучение полувековой, волновая передача с ПТК широко используется на аэрографической, военной и гражданской промышленности, и появление успешности. Используется на привода с быстро вращающимся частей ручной машины электробура, возможно снизить массу привода и уменьшить его габаритные размер.

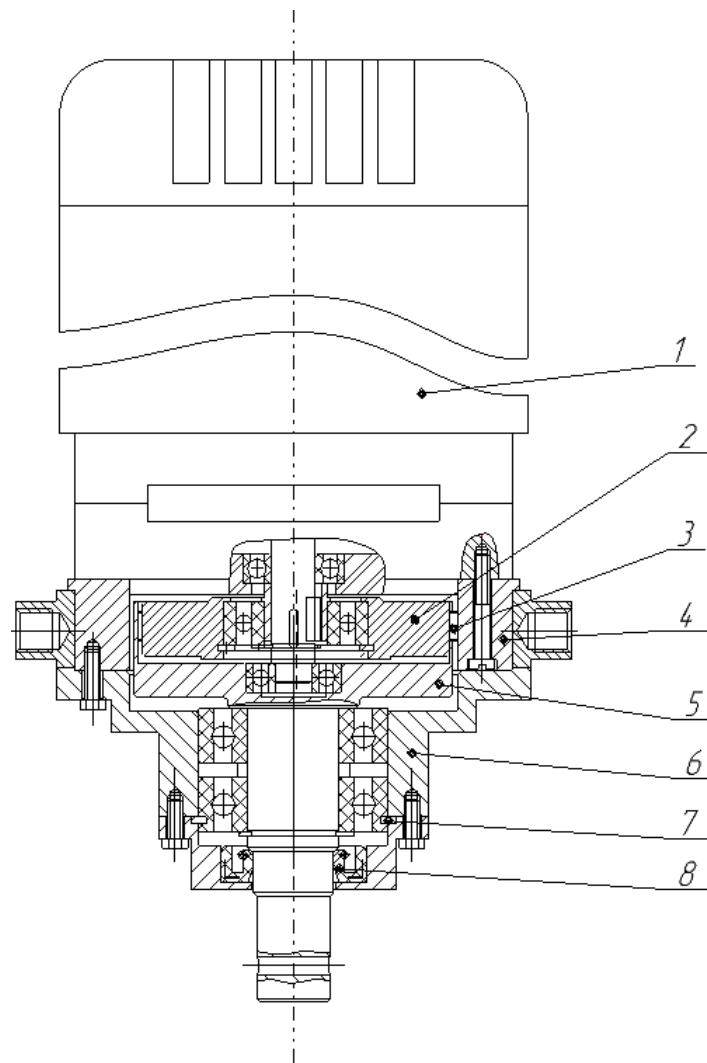
На рис.1 представлен привод ручной машин электробур на двигателя, с волновым редуктором с промежуточными телами качения (ПТК). На валу двигателя установлены эксцентриковые втулки с эксцентриковым расстоянием. На втулки посажены радиальные шариковые подшипники с небольшим гарантированным натягом. Наружные кольца подшипников образуют соединения с дисками генератора волн, которые взаимодействуют с роликами и перемещают их по эпициклоиде профиля неподвижного колеса. Крутящий момент снимается с сепаратора, в пазах которого на равном расстоянии друг от друга находятся ролики. С сепаратором посредством шпонки соединен выходной вал, который в свою очередь установлен на двух шариковых подшипниках, размещенных в корпусе редуктора.



- 1- коллекторный двигатель 2 - эксцентриковые втулки 3 - подшипники
 4 - диски генератора волн 5 - ролики 6 – венец 7 - фланец сепаратора
 8 - выходной вал 9 – подшипники 10 - корпус редуктора

Рис.1. Привод электробур с редуктором с ПТК

На рис.1 представлено конструкторской 2 диск передачу с ПТК уравновешенного генератора волн. Это не является минимальными габаритными размерами и массой привода. На рис.2 показана конструкция 1 диск передачу с ПТК с неуравновешенным генератором волн, это передача с ПТК с минимальными габаритными размерами и массой. Его центр масс диска генератора волн не находится на вращающемся валу, для нормальной работы, необходимо произвести балансировку быстро вращающихся частей.



1 - коллекторный двигатель 2 - диски генератора волн 3 - промежуточные тела качения 4 - профильный венец 5 - сепаратор 6 - корпус 7 - стопное кольцо 8 - монжета

Рис.2 Конструкция привода РМ с ПТК с неуравновешенным генератором волн

для нормальной работы, необходимо произвести балансировку быстро вращающихся частей

1.3 Теоретические основы балансировки

1.3.1 Причины возникновения вибраций

Причина, которая вызывает повреждение, это разнообразная, но вибрация, это самая обычная причина. Которого зависит от безопасности и стабильности оборудования, поэтому, вибрация является термометром оборудования, может показать здоровье оборудования. Когда оборудование работает нормально, число и измерение вибрации малы.

Дисбаланс появления вибраций, несколько параметров могут производить дисбаланс вращательных тел. Например, погрешность сборки, асимметричная конструкция ротора, деформация, трение и недостаточная жесткость опоры и др.

Дисбаланс, это величина, равно произведение эксцентрисической массы на расстоянии центра масс, для оценки неуравновешенности вращающихся частей машин (роторов, коленчатых валов, шкивов и тому подобное). Это самая обычная причина, которая производит повреждение, больше 75%. Несколько параметров могут производить дисбаланс. Например, погрешность сборки, асимметричная конструкция ротора, деформация и др. Каждый дисбаланс с разными особенностями, мы можем занять дисбаланс с какой причиной из вибрационного частотного спектра.

Основными параметрами вибраций являются амплитуда, виброперемещение, виброскорость, виброускорение и период колебаний.

1.3.2 Виды балансировки

Балансировка, это процесс, осуществляющий ротора в вращательное балансное положение из дисбаланса. Вид балансировки заключается в следующем виде:

1. Статическая балансировка

Статическая балансировка, это процесс, которые переводит центр масс на ось вращения, для уменьшения статической неуравновешенности (Рис.3)

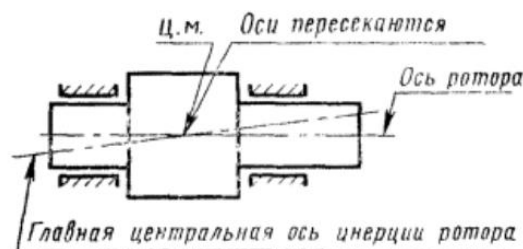


Рис.3 Модель статической неуравновешенности

2. Моментная балансировка

Моментная балансировка для уменьшения главного момента дисбаланса ротора, характеризующий его моментную неуравновешенности (Рис.4).

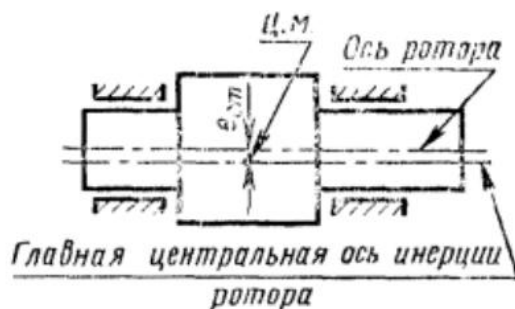


Рис.4 Модель статической неуравновешенности

3. Динамическая балансировка

Динамическая балансировка для уменьшения дисбаланса ротора, характеризующие динамическую неуравновешенность, такая неуравновешенность заключается статической и моментной неуравновешенности (Рис. 5).

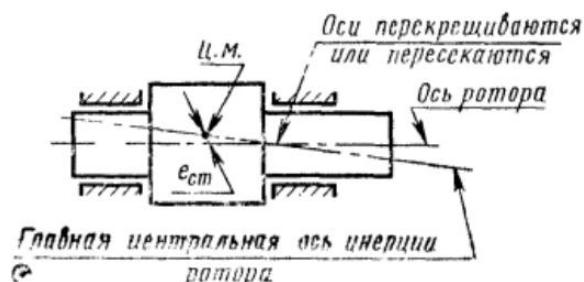


Рис.5 Модель динамической неуравновешенности

Для балансирования, мы установим другой дисбаланс, который покрывается друг друга с начальным дисбалансом, существует несколько методов балансировки:

а. Удаление массы. Определение места дисбаланса и точных массы дисбаланса, и удаление массы в нужных местах. Например

б. Добавление массы, Определение места дисбаланса и точных массы дисбаланса, и добавление массы в нужных местах.

с. Балансировочный колеч. Кольцо создаст дисбаланс, который покрывает начальный дисбаланс.

d. Специальный метод. Это метод для балансировки специальной детали. Например, для высокоточной балансировки специальных поторков, используют метод лазерной коррекции дисбаланса, таких как гироскопы.

Плюс и недостаток в каждом методе балансировки, нам нужно выбрать подходящий метод и получить идеальный результат балансировки.

Процесс балансировки заключается в следующих этапах:

1. Подготовка вибровочного станка, виброизмерительной аппаратуры и балансируемого изделия (чистой).
2. Проведение измерений и получение частотного спектра.
3. Анализ частотный спектр и определение причины исходной вибрации.
4. Расчет масс и угол дисбаланса.
5. Балансирование, и повторение измерений, для получения остаточной дисбаланса.
6. Завершение балансировки.

1.4. Анализ балансировочных аппаратуры

1.4.1 Общие сведения балансировочном станке

Балансировочный станок, балансировочное оборудование, для измерения дисбаланса вращающихся частей, определяющий значение дисбаланса и его направление. Используются в процессе балансировки, например, балансировки якоря двигателя, диск генератора, вал и другие вращающиеся детали различных машин и т.д. В процессе балансировки, можно снижать дисбаланс, и таким образом снижать виброскорости и вибраперемещение, повышать качество продукты и его продолжительность.

Балансировочный станок состоит из одной или двух подпора, система приводы и система измерения. В процессе балансировки измеряют параметры вибрации и частотный спектр, с полученных данных, определяют дисбаланс и его степень неуравновешенности.

Различают балансировочные станки несколько видов. По принципу измерения различают балансировочные станки с гравитационными и центробежными, название наводит на мысль о содержании, гравитационные балансировочные станки измеряют оборудование со силой тяжести, а центробежные балансировочные станки измеряют оборудование с центробежной

силой. Центробежные балансировочные станки различают два вида, единичной плоскости и двумя плоскости или различают с жёсткими(дорезонансные) и мягкими (зарезонансные) опраи. По разным оборудовании различают балансировочные станки с универсальными и специализированными. По направлению вращения роторы различают горизонтальным и вертикальным балансировочным станкам.

Горизонтальный балансировочный станок, это станок, в котором измерительный ротор уровень стоит. С такими станкам измеряют роторы с вращательным оси. Например, ротор электромотора, валки, вал, вентилятор и д.р.

Балансировочные станки серии ВМ производства ДИАМЕХ представляют собой новое поколение балансировочной техники по ряду параметров значительно превосходящие аналогичные станки других производителей.

Зарезонансные универсальные балансировочные станки с горизонтальной осью вращения серии ВМ предназначены для высокоточного уравнивания роторов различной конфигурации массами от нескольких грамм до десятков тонн.

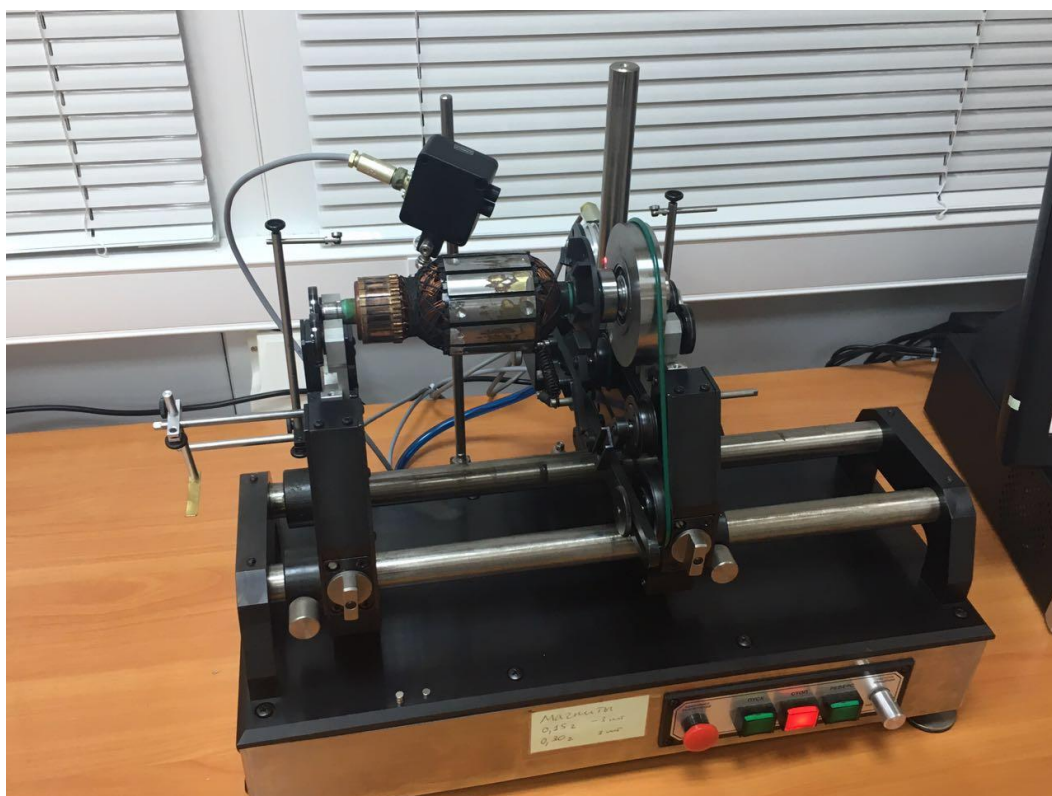


Рис.6 Горизонтальные балансировочные станки ВМ-010

Таблица 1 Горизонтальные балансировочные станки серии ВМ

Балансировочные станки серии ВМ	
Для сверхлегких роторов	
ВМ-010-С	0,005 - 3 кг
ВМ-010	0,03 - 8 кг
Малой грузоподъемности	
ВМ-050	0,5 - 50 кг
ВМ-100	1 - 100 кг
ВМ-300	3 - 300 кг
ВМ-500	5 - 500 кг
Средней грузоподъемности	
ВМ-1000 ВМ-1500	10 - 1500 кг
ВМ-3000	30 - 3000 кг
ВМ-5000	50 - 5000 кг
ВМ-7000	70 - 7000 кг
Большой грузоподъемности	
ВМ-8000	80 - 8000 кг
ВМ-10000	100 - 10000 кг
ВМ-15000	150 - 15000 кг
Для валков бумагоделательных машин	
ВМ-20000	1000 - 20000 кг
Для энергетических турбоагрегатов	
ВМ-25000	6000 - 25000 кг
ВМ-36000	7000 - 40000 кг
ВМ-65000	9000 - 65000 кг
ВМ-90000	10000 - 90000 кг
ВМ-127000	127000 кг

Горизонтальные балансировочные станки серии ВТ, это высокоточные дорезонансные горизонтальные балансировочные станки с жесткими опорами для балансировки роторов массой до 3 тонн.



Рис.7 Горизонтальные балансировочные станки ВТ-150М

Таб.2 Горизонтальные балансировочные станки серии ВТ

Технические характеристики	ВТ-50	ВТ-150	ВТ-300	ВТ-500	ВТ-1000	ВТ-3000	ВТ-6000
Грузоподъемность, кг:	50	150	300	500	1500	3000	6000
Максимальный диаметр ротора, мм:	600	1260		1600		2000	2000
Минимальное расстояние между опорами, мм:	36	50					
Максимальное расстояние между опорами, мм:	1100	1330, 1830	1330, 1830	1700, 2100	2700, 3700	2700, 3700	2700, 3700
Диаметр опорных шеек ротора, мм:	9 - 120	9 - 140, 9 - 180		12 - 240	15 - 290	15 - 290	18 - 290
Диаметр подшипников при установке роторов с собственными подшипниками, мм:	20 - 140	25 - 160		40 - 240, 240 - 420			
Минимально достижимый остаточный удельный дисбаланс, гмм/кг:	0,1					0,2	0,4
Частота вращения при балансировке, об/мин:	от 100						
Мощность двигателя, кВт:	1,1	1,5	1,5 / 2,2	2,2 / 4	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	11 / 15
Тип привода:	Ремень	Ремень (стандартно) / Ремень + Кардан (опция)					
Натяжение ремня:	Ручное / Пневматическое (опция)						
Длина основания, мм:	1200	1500, 2000		2000, 2500		3000, 4000	

Данные, приведенные в таблице, относятся к стандартному исполнению станков, возможно изготовление станка под требования заказчика.

Балансировочные станки серии ВМЛ были сконструированы специалистами ДИАМЕХ 2000 в 2014 году. Это резонансные балансировочные станки с упрощенной системой маятниковой подвески, так называемой подвеской "на лентах" с использованием металлических или полимерных пластин.

Таб.3 Горизонтальные балансировочные станки серии ВМЛ

Технические характеристики	ВМЛ-300	ВМЛ-500	ВМЛ-1000	ВМЛ-1500	ВМЛ-3000	ВМЛ-6000	
Грузоподъемность:	кг	3 - 300	5 - 500	10 - 1000	15 - 1500	30 - 3000	60 - 6000
Максимальный диаметр ротора:	мм	1800	1800	2000	2000	2300	2300
Расстояние между опорами:	мм	50 - 1810	70 - 1800	70 - 1800	70 - 2700	80 - 2700	300 - 2750
Диаметр опорных шеек ротора:	мм	12 - 230	12 - 230	12 - 230	15 - 280	20 - 380	20 - 380
Минимально достижимый остаточный удельный дисбаланс:	г мм/кг	0,1					
Частота вращения при балансировке:	об/мин	от 300					
Мощность двигателя:	кВт	1,5	2,2	2,2	2,2	5,4	15
Тип привода:	Ременный (стандартно) / Карданный (опция)						
Длина основания:	мм	2000	2000	3000	3000	3000	3000

Данные, приведенные в таблице, относятся к стандартному исполнению станков, возможно изготовление станка под требования заказчика.

Вертикальный балансировочный станок, это станок, в котором измерительный дискообразный деталь отвес стоит. Например, ветряк, точило, лист вентилятора и д.р

Балансировочные станки с вертикальной осью вращения серии В предназначены для высокоточного уравнивания деталей в виде диска, колеса, не имеющих собственных шеек вала, а так же режущего инструмента металлообрабатывающих станков.

Балансировочные станки серии В могут комплектоваться сверлильным или фрезерным устройством для корректировки дисбаланса с контролем величины снятия массы на экране монитора.



Рис.8 Вертикальные балансировочные станки В-1500

Таб.4 Вертикальные балансировочные станки серии В

Характеристики	В-8	В-20	В-60	В-200	В-300	В-500	В-1000	В-1500	
Максимальная масса детали:	кг	8	20	60	200	300	500	1000	1500
Максимальный диаметр детали:	мм	250	1000	1000	1200	1500	1700	2000	2000
Максимальная высота детали:	мм	270	400	400	500	500	500	500	500
Максимальная частота вращения шпинделя при балансировке:	об/мин	2500	2000	2000	1500	1500	1500	1500	1500
Минимально достижимый остаточный удельный дисбаланс:	г мм/кг	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1
Мощность двигателя:	кВт	0,5	2,2	2,2	5,5 - 37,0				
Пневматические укладчики, для установки тяжелых изделий на станок	-	-	-	есть	есть	есть	есть	есть	
Тип привода:	Переменного тока, частотнорегулируемый								
Количество плоскостей коррекции:	1 - 2								

Данные, приведенные в таблице, относятся к стандартному исполнению станков, возможно изготовление станка под требования заказчика.

Мы использовали горизонтальные балансировочные станки ВМ-010 Рис. 5.

Особенности:

1. Высокая точность уравнивания до 0.05 г·мм/кг во всем диапазоне масс роторов.

2. Высокая точность балансировки за счет автоматической калибровки балансировочного станка непосредственно под каждый ротор методом определения коэффициентов влияния.

3. Установка станка на рабочий стол.

4. Возможность использования станка при серийном производстве за счет дополнительных приспособлений.

5. Возможность балансировки консольных роторов и балансировки роторов в собственных подшипниках качения, с собственным приводом.

1.4.2 Общие сведения виброизмерительной аппаратуры

Виброизмерительная аппаратура, это вибрационный датчик, который перерабатывает вибрационный сигнал в электрический сигнал. По принципу различают 3 вида, виброскорости, виброускорения и виброперемещения.

Общая схема датчика вибрации состоит из двух основных частей: вибропреобразователя и электронной части обработки, для преобразования механических вибраций в электрический сигнал. Механизм преобразования заключается в следующем: оптический, вихревой, пьезоэлектрический, индукционный. Вторая часть – электронная часть обработки для расшифровки полученного сигнала.

Виброанализатор ОНИКС - флагман модельного ряда портативных приборов вибродиагностики компании ДИАМЕХ 2000, взгляните на вибродиагностику по-новому, воспользуйтесь самыми последними мировыми достижениями в области измерения и анализа вибрации, диагностики состояния подшипников, балансировки роторов в собственных опорах.



Рис.9 Виброанализатор ОНИКС

Таб.5 Технические характеристики виброанализатора ОНИКС

Технические характеристики	
Частотный диапазон, Гц	2 - 40000
Динамический диапазон, Дб	100 >
Каналы измерения вибрации	2 синхронных, независимых
Тип подключаемых датчиков	
Датчики вибрации	пьезоэлектрические ICP
Возможность подключения датчиков физических величин	есть
Возможность подключения датчиков электрических величин	есть
Функции обработки	
Общий уровень, Форма сигнала, Дамп временного сигнала, Спектр, Спектр огибающей, Спектр собственных частот, Спектр 1/3 октавный, Разгон / Выбег, Амплитуда / Фаза, Пик-фактор, Экссесс, Орбита, Сила тока	
Основные режимы работы	
Анализатор вибрации с экспертной системой, в том числе диагностика подшипников качения	
Сборщик данных - функции периодического мониторинга	
Балансировочный прибор - до 20 плоскостей коррекции, до 20 измерительных точек	
Процессор, память, операционная система, связь с ПК	
Процессор	Marvell PXA270 520 МГц
Операционная система	Windows CE 6.0
Объем оперативной памяти	64 Мб
Используемый тип сменных карт памяти	SecureDigital (SD)
Связь с ПК	USB, Ethernet 10/100 Мбит/с
Корпус, клавиатура, дисплей	
Корпус	Цельнометаллический, пыле-, влагозащищенный
Клавиатура	Тактильная, пыле-, влагозащищенная
Дисплей	7", 800x480, WVGA, 65536 цветов, защищен ударопрочным стеклом
Питание, условия эксплуатации	
Аккумулятор	Li-Ion, съемный, 4400 мАч, 14,8 В
Длительность работы от аккумулятора в стандартном режиме при минимальной яркости дисплея	8 ч
Стандартные условия эксплуатации	-10 ... +50 °С
Физические параметры	
Габариты	240 x 240 x 80 мм
Масса прибора с аккумулятором / стандартного комплекта	2500 г / 6900 г

Анализатор вибрации/балансирующий прибор АГАТ-М, это современный двухканальный анализатор параметров вибрации, а так же лучший в своем классе прибор для проведения 2-х плоскостной динамической балансировки вращающегося оборудования в собственных опорах. Более 1500 проданных приборов.

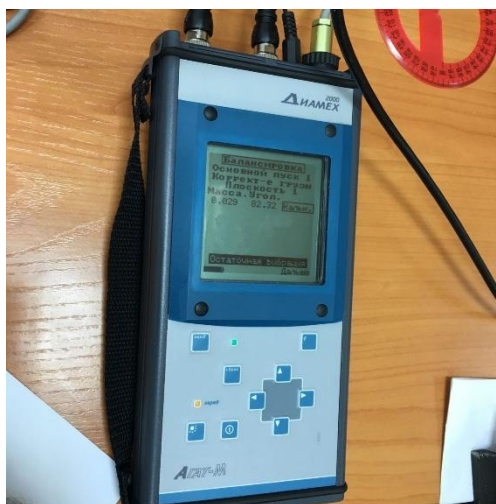


Рис.10 Анализатор вибрации АГАТ-М 2-х

Таб.6 Технические характеристики анализатора вибрации АГАТ-М 2-х

Технические характеристики	
Частотный диапазон, Гц	2 - 10000
Каналы измерения вибрации	2
Тип подключаемых датчиков	
Датчики вибрации	пьезоэлектрические ICP
Функции обработки	
Общий уровень, пик-фактор, амплитуда/фаза, спектр, форма сигнала, спектры огибающей сигнала, одно и двухканальные выбег и временные характеристики	
Основные режимы работы	
Анализатор вибрации с экспертной системой, в том числе диагностика подшипников качения	
Сборщик данных - функции периодического мониторинга (версия прибора для работы с ДИАМАНТ-2)	
Балансировочный прибор - до 2 плоскостей коррекции, до 4 измерительных точек	
Усреднения	Без усреднений, линейные
Количество линий спектра:	100, 200, 400, 800
Режимы запуска:	Свободный, от отметчика, от сигнала
Длина выборки сигналов:	256, 512, 1024, 2048
Число точек на характеристике:	100
Корпус, клавиатура, дисплей, связь с ПК	
Корпус	Металлический, пыле-, влагозащитный
Клавиатура	Тактильная, пыле-, влагозащитная
Дисплей	Низкотемпературный ЖКИ с подсветкой 128x128
Связь с ПК	RS-232 (USB переходник в комплекте)
Питание, условия эксплуатации	
Питание:	встроенные аккумуляторы, сетевой блок питания
Длительность работы от аккумулятора	не менее 6 часов
Условия эксплуатации	-10 ... +60 С
Физические параметры	
Габариты	220 x 110 x 38 мм
Масса прибора с аккумулятором / стандартного комплекта	900 г / 5400 г

Мы выбрали вибро диагностики АГАТ-М 2-х

В универсальном портативном анализаторе вибрации АГАТ-М (модернизированная версия прибора АГАТ), реализованы все основные возможности современных виброанализаторов, а также добавлены функции, которые позволяют значительно расширить перечень задач вибродиагностики и балансировки, решаемых с помощью прибора.

В комплекте с прибором поставляется программное обеспечение АГАТ-ПРОТОКОЛ, которое значительно упрощает процесс разгрузки обработки и хранения данных балансировок.

Прибор АГАТ-М имеет оптимальный набор функций, что позволяет решать самые различные задачи измерения вибрации, вибромониторинга и балансировки роторов в собственных опорах.

Для контроля и анализа вибрации газоперекачивающих агрегатов, нефтяных насосов и другого оборудования, установленного во взрывоопасных помещениях категорий В-1а, В-1б, В-1г, прибор может поставляться во взрывозащищенном исполнении с уровнем взрывозащиты "Повышенная надежность". Маркировка взрывозащиты - 2ExnLПСТ4Х.

Зарегистрирован в Госреестре средств измерений № 29452-05.

1.5. Балансировка быстро вращающихся частей привода ручной машин

1.5.1 Балансировка диска генератора волн

Привода ручной машин электробура состоит из 2 части, якорь коллекторного двигателя и диск генератора волн.

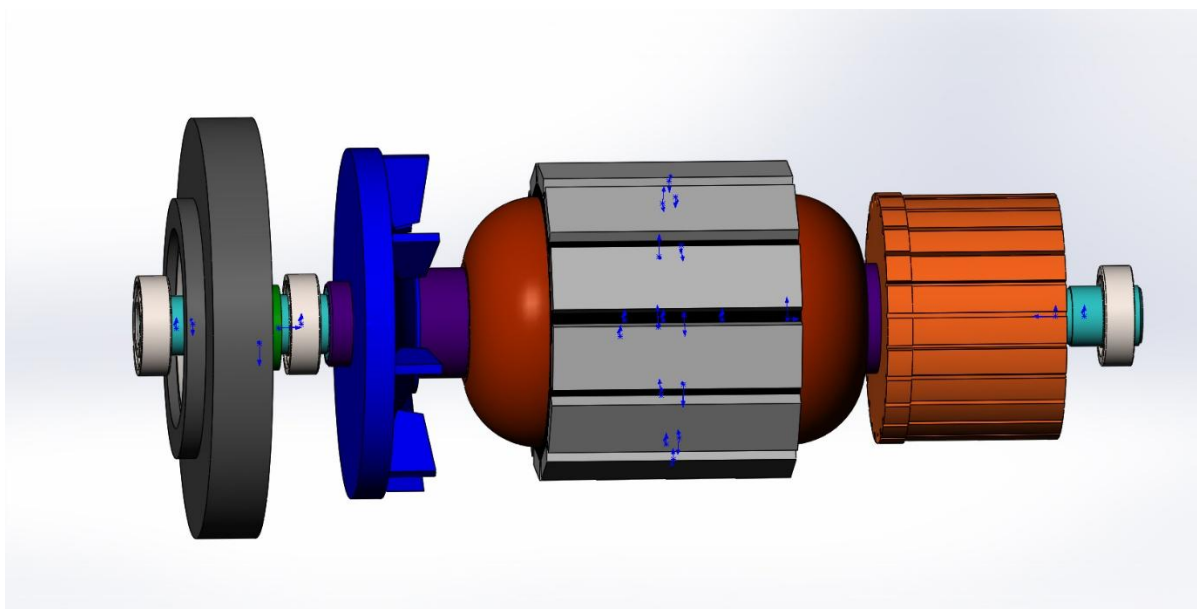


Рис.11 Привода ручной машин электробура

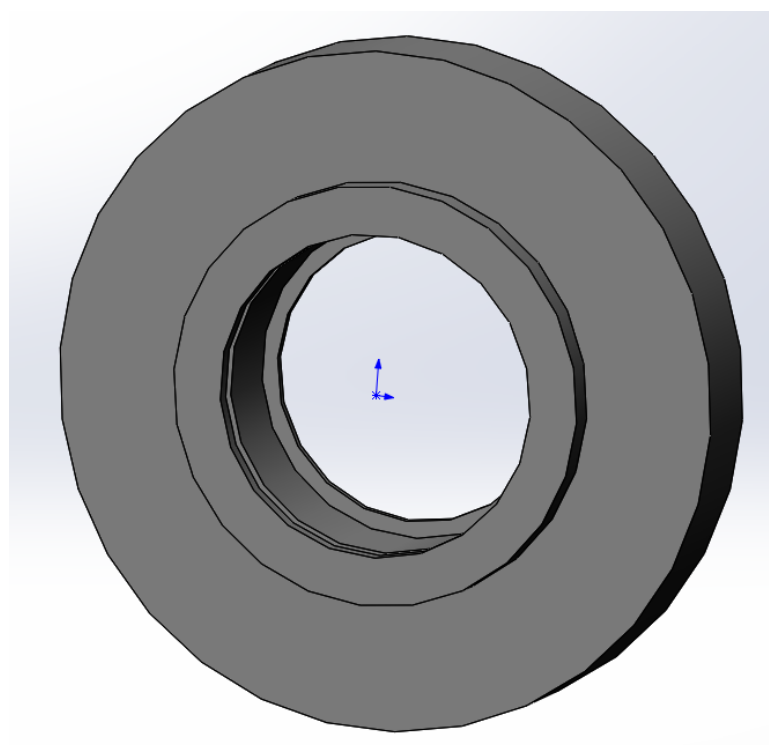


Рис.12 диск генератора волн

Балансировка привода ручной машин электробура делится на 2 этапа, балансировка диск генератор волн и балансировка якорь двигателя с диском генератор волн.

Балансировка диск генератора волн со следующими этап:

1. Установить диск генератора волн на Балансировочный станок ВМ-
min),и связывать 2-х каналный анализатор вибрации АГАТ-М.

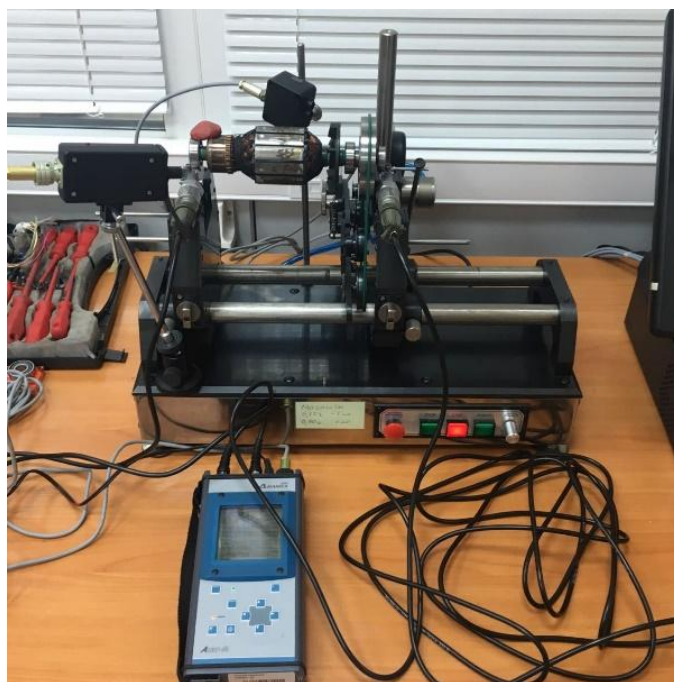


Рис.13 Подготовка инструментов измерения и детали

- 2.открыть оборудование и измерять параметр, получить дисбаланса диска.

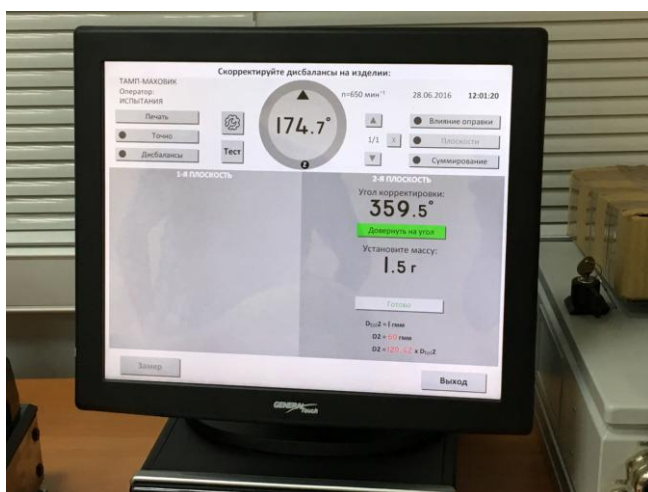


Рис.14 эксцентрические массы



Рис.15 дисбаланс

Проверка по ГОСТ ИСО 1940-1-2007.

ГОСТ ИСО 1940-1—2007

Т а б л и ц а 1 — Рекомендуемые классы точности балансировки для жестких роторов

Виды машин (роторов)	Класс точности балансировки	Значение e_{per} , Ω , мм/с
Приводные коленчатые валы (конструктивно не уравновешенные) для крупных низкоскоростных судовых дизельных двигателей (скорость движения поршня менее 9 м/с)	G 4000	4000
Приводные коленчатые валы (конструктивно уравновешенные) для крупных низкоскоростных судовых дизельных двигателей (скорость движения поршня менее 9 м/с)	G 1600	1600
Приводные коленчатые валы (конструктивно не уравновешенные) на виброизоляторах	G 630	630
Приводные коленчатые валы (конструктивно не уравновешенные) на жестких опорах	G 250	250
Двигатели возвратно-поступательного действия в сборе для легковых автомобилей, грузовиков и локомотивов	G 100	100
Детали автомобилей: колеса, колесные диски, колесные лары, трансмиссии	G 40	40
Приводные коленчатые валы (конструктивно уравновешенные) на виброизоляторах		
Сельскохозяйственные машины	G 16	16
Приводные коленчатые валы (уравновешенные) на жестких опорах		
Дробилки		
Приводные валы (карданные валы, винтовые валы)		
Авиационные газовые турбины	G 6,3	6,3
Центрифуги (сепараторы, отстойники)		
Электрические двигатели и генераторы (с высотой оси вала не менее 80 мм) с максимальной номинальной частотой вращения до 950 мин ⁻¹		
Электрические двигатели с высотой оси вала менее 80 мм		
Вентиляторы		
Зубчатые передачи		
Машины общего назначения		
Металлорежущие станки		
Бумагоделательные машины		
Насосы		
Турбоагрегаты		
Водяные турбины		
Компрессоры	G 2,5	2,5
Приводы с управлением от компьютера		
Электрические двигатели и генераторы (с высотой оси вала не менее 80 мм) с максимальной номинальной частотой вращения свыше 950 мин ⁻¹		
Газовые и паровые турбины		
Приводы металлорежущих станков		
Текстильные станки		
Приводы аудио- и видеопаратуры	G 1	1
Приводы шлифовальных станков (машин)		
Шпиндели и приводы высокоточного оборудования	G 0,4	0,4
Гироскопы		
<p>П р и м е ч а н и я</p> <p>1 Данные относятся к роторам в сборе. Рекомендации для частей роторов даны в разделе 9.</p> <p>2 Если иное специально не оговорено или не самоочевидно (как, например, в случае приводных коленчатых валов), предполагают, что данные приведены для машин и оборудования вращательного действия.</p> <p>3 В отношении ограничений, связанных с условиями установки (балансировочные станки, инструменты), см. примечания 4 и 5 к 5.2.</p> <p>4 Некоторая дополнительная информация в отношении выбора класса точности приведена на рисунке 2, на котором указаны типичные области применения (в параметрах рабочей частоты вращения и класса точности G), основанные на накопленном опыте.</p> <p>5 В состав приводных коленчатых валов могут входить коленчатый вал, маховик, муфта сцепления, виброизоляторы, вращающиеся элементы шатунов. «Конструктивно не уравновешенные коленчатые валы» означает, что такие валы теоретически не могут быть уравновешены, «конструктивно уравновешенные коленчатые валы» означает, что такие валы теоретически могут быть уравновешены.</p> <p>6 Для машин некоторых видов допустимые дисбалансы могут быть установлены соответствующими стандартами (см., например, [1], [2]).</p>		

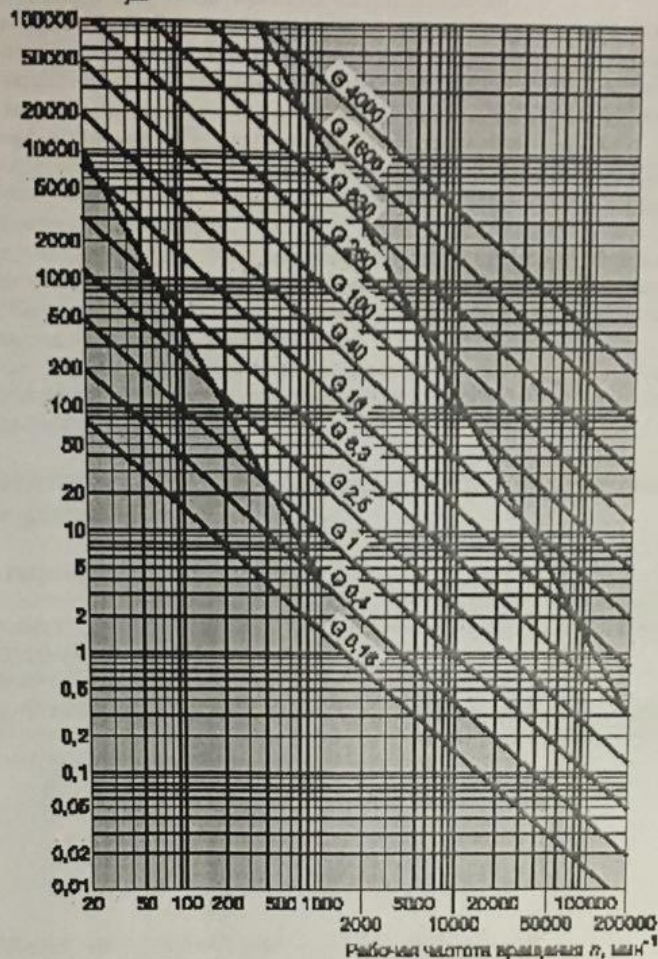
9

ГОСТ ИСО 1940-1-2007. Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса
Vibration. Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state. Part 1. Specification and verification of balance tolerances

ГОСТ
ИСО 1940-1-2007

Рис.16 Рекомендуемые классы точности балансировки для жестких роторо

Допустимый остаточный удельный дисбаланс $U_{\text{ред}}$ г·мм/кг



Примечание — Белым цветом выделена область параметров, наиболее часто используемых на практике.

Рисунок 2 — Допустимый остаточный удельный дисбаланс для разных классов точности G и рабочих частот вращения n (см. 6.2)

$U_{\text{ред}}$ определяют как значение допустимого дисбаланса в плоскости центра масс ротора. В случае динамической балансировки это значение следует представить в виде значений допустимых дисбалансов в двух заданных плоскостях (см. раздел 7).

6.3 Экспериментальное определение допустимого дисбаланса

Для продукции массового производства часто требования к качеству балансировки можно установить на основе экспериментальных данных. Испытания проводят обычно на месте эксплуатации изделия. Последовательно устанавливая различные дисбалансы в каждой плоскости коррекции, определяют допустимые остаточные дисбалансы на основе наиболее представительного критерия (например, уровня вибрации, силы или шума, связанных с дисбалансом).

Если при проведении динамической балансировки плоскости, в которых определены допустимые значения, не заданы, следует сравнить влияние пар дисбалансов, фазовые углы которых сначала совпадают, а затем различаются на 180° .

3. Выбрать класс точности балансировки G6.3, и получил значение $e_{per}\Omega$ 6.3мм/с.

4. попробовать допустимый остаточный удельный дисбаланс для класса точности G6.3 и частот вращения n . По следующей форме:

$$U_{per} = 1000 * \frac{(v_{per}\Omega) * m}{\Omega}$$

Где U_{per} —допустимый остаточный дисбаланс

$(v_{per}\Omega)$ —показатель класса точности балансировки, мм/с

m —масса ротора, кг

Ω —угловая скорость вращения ротора, рад/с(, по форме $\Omega \approx \frac{n}{10}$

частоты вращения ротора n . мин⁻¹).

$$e_{per} = 1000 * \frac{v_{per}\Omega}{\Omega} = 1000 * \frac{10v_{per}\Omega}{n} = 1000 * \frac{6.3 * 10}{15000} = 4.2 \text{ мкм}$$

$$m = v * \rho = \frac{\pi d^2}{4} * h * \rho = \frac{3.14 * 84^2}{4} * 15 * 7800 = 647 \text{ г};$$

$$U_{per} = e_{per} * m = 4.2 * 10^{-3} * 647 = 2.7 \text{ г * мм}$$

$$\text{допустимый остаточный масс: } m_1 = \frac{U_{per}}{r} = \frac{2.7}{42} \approx 0.065 \text{ г}$$

избыточный масс больше чем допустимый остаточный масс, надо удалить избыточный масс.

Процесс удаления избыточной массы



Рис.18 Тиски

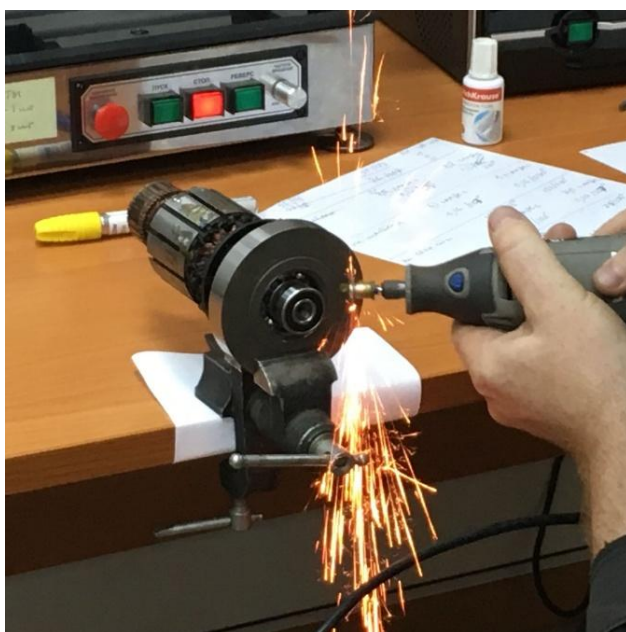


Рис.19 удаление массы



Рис.20 Результата удаление массы

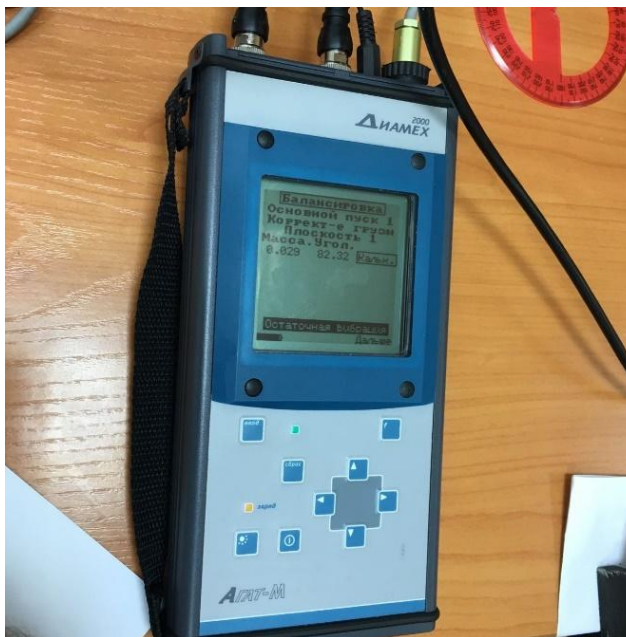


Рис.21 избыточный масс

Получил избыточный масс $m_2 = 0,029\text{г}$, это масс меньше чем допустимый остаточный масс $m_1 = 0,065\text{г}$ Дисбаланс диска генератора волн не превышает требование стандарта, мы получили балансировки диска генератора волн.

1.5.2 Балансировка якорь с диском генератора волн

Балансировка якорь с диском генератора волн со следующими этап:

1. Измерение эксцентрисетрическое расстояние.



Рис.22 Установка якорь с диск генератор

Получил данных измерение: 1,30, 1,31, 1,32, 1,31, 1,32.

Значит эксцентрисетрическое расстояние:

$$e_э = \frac{1,30 + 1,31 + 1,30 + 1,31 + 1,32}{5 \times 2} = 0,655 \text{ мм}$$

Получил биение диск

$$e_б = 0,04 \text{ мм}$$

2. Расчет дисбаланс якорь с диском генератор волн:

$$D_d = m \cdot e = 574 \times 0,655 = 375,97 \text{ г} \cdot \text{мм}$$

3. Мы проектировал 2 вариант для балансировка. Вариант 1: добавили грузы в одной плоскости, это является одной полскости балансировки; Вариант добавили грузы в 2-ой плоскости, это является двух полскостях балансировки.

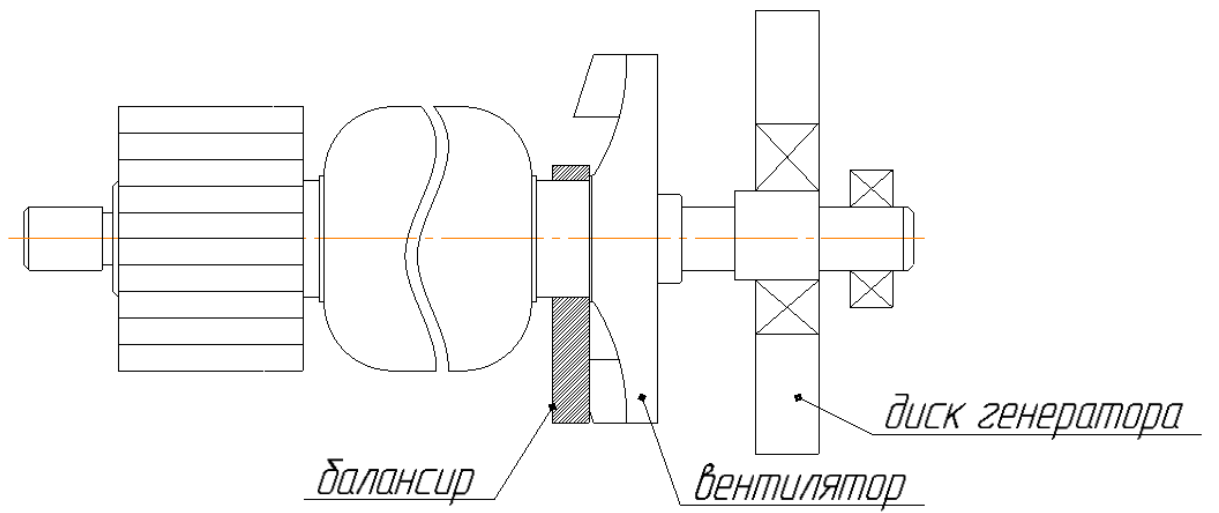


Рис.23 Расчетная схема для вариант 1

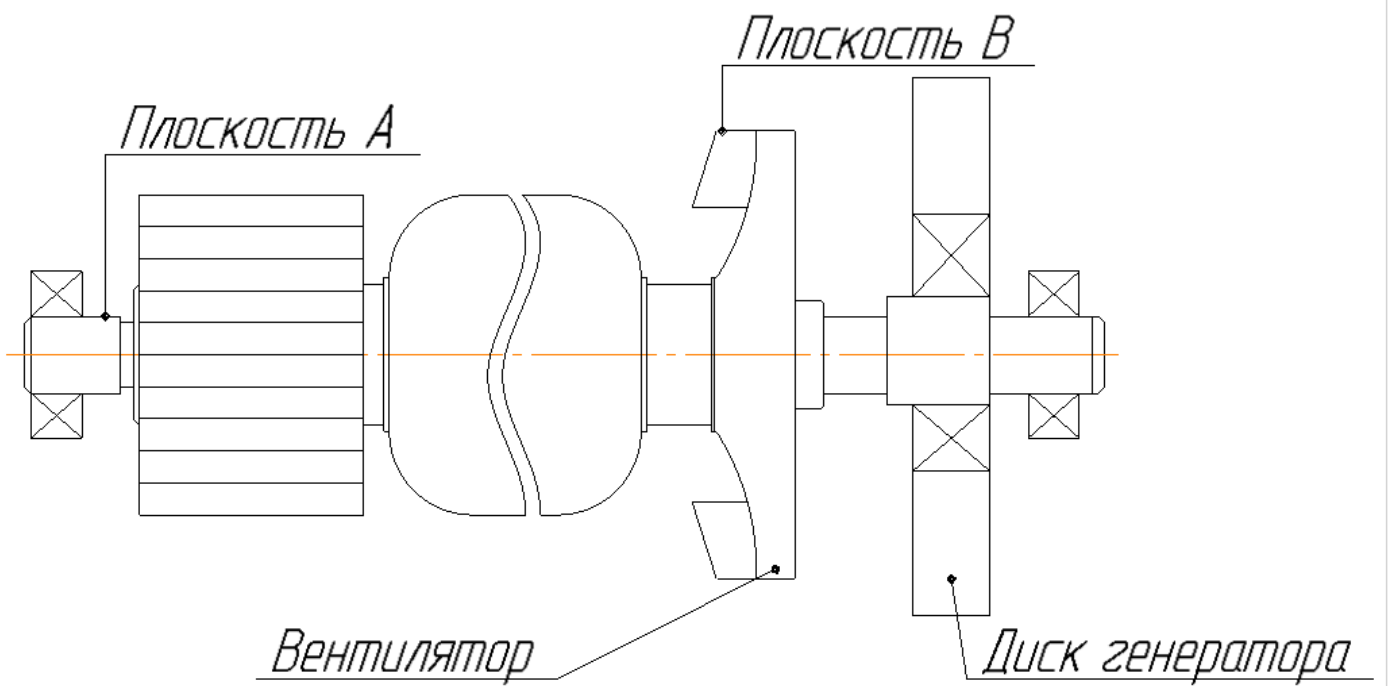


Рис.24 Расчетная схема для вариант 2

4. Проектирование балансир

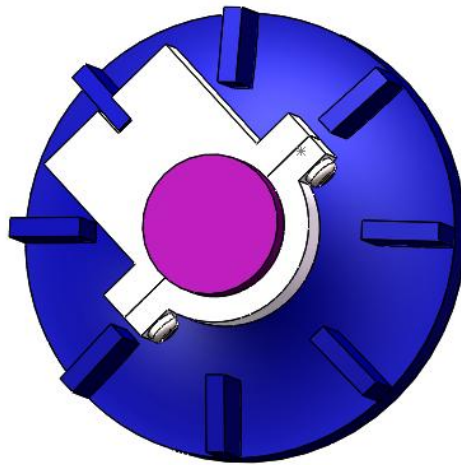


Рис. 25 балансир



Рис. 26 балансир 1

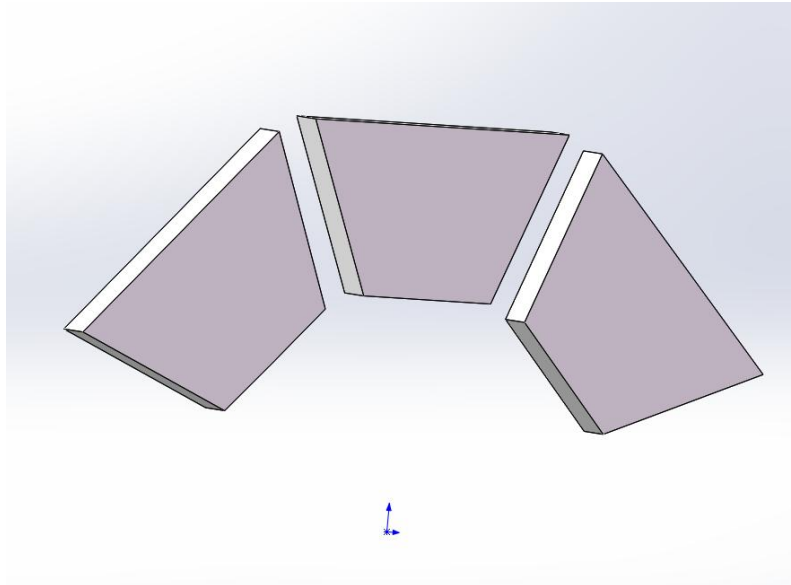


Рис. 27 балансир 2

Установили балансир на вентиляторе, установили балансир 1 на плоскости А, балансир 2 на вентиляторе

5. Расчет дисбаланс балансира

$$D_{б} = m \cdot e = 21,3 \cdot 17,6 = 375,2 \text{ г} \cdot \text{мм}$$

$$D_{б1} = m \cdot e = 17,1 \cdot 15,3 = 261,63 \text{ г} \cdot \text{мм}$$

$$D_{б2} = m \cdot e = 17,8 \cdot 21,5 = 380,70 \text{ г} \cdot \text{мм}$$

$$D_{б} \approx D_{д}$$

$$D_{д} \ll D_{б1} + D_{б2} \ll 2D_{д}$$

Для вариант1, дисбаланс балансира равно дисбаланс якорь с диском генератор волн, это возможно регулировать центр масса на вал вращения; Для вариант2, сумма дисбаланс находится в таком течении, это хватит балансировка.

6. Расчет допустимый остаточный дисбаланс по ГОСТ ИСО 1940-1-2007.

$$e_{per} = 1000 \cdot \frac{v_{per} \Omega}{\Omega} = 1000 \cdot \frac{10 v_{per} \Omega}{n} = 1000 \cdot \frac{6,3 \cdot 10}{15000} = 4,2 \text{ мкм}$$

$$U_{per} = e_{per} \cdot m = 4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 1750 = 7,35 \text{ г} \cdot \text{мм}$$

7. Для ванианта 2, необходимо делить допустимый остаточный дисбаланс на 2 плоскости:

$$U_{perA} = U_{per} \cdot \frac{K \cdot L}{(L - a) + R \cdot (L - a - b)}$$

$$U_{perA} = U_{per} \cdot \frac{K \cdot L}{(L - a) - R \cdot (L - a - b)}$$

$$U_{perA} = U_{per} \cdot \frac{(1 - K) \cdot L}{a + R \cdot (a + b)}$$

$$U_{perA} = U_{per} \cdot \frac{(1 - K) \cdot L}{a - R \cdot (a + b)}$$

$K = 0,5$ Это отношение силы опорной около плоскости А к силе тяжести, его обычное численное значение равно 0,5.

$R = 1$ Это отношение является расстоянием центр масс от плоскости А на расстояние центр масс от плоскости В, если дисбаланс А и В похож, то $R = 1$.



Рис. 28 Предварительные дисбаланс

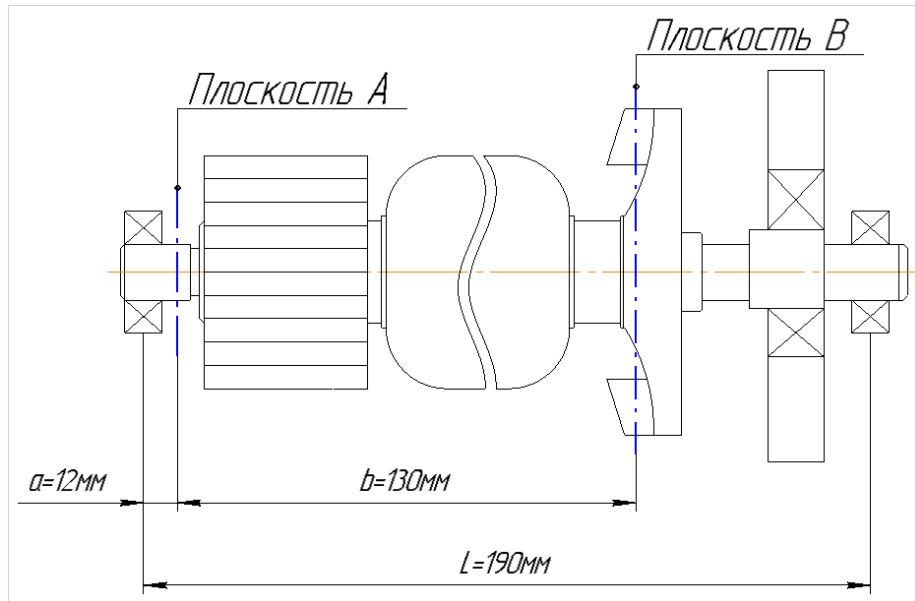


Рис. 29 данных для расчета для варианта 2

$$U_{perA} = |U_{perA}|_{min} = 3,10 \text{ г} \cdot \text{мм}$$

$$U_{perB} = R \cdot U_{perA} = 3,10 \text{ г} \cdot \text{мм}$$

это допустимый остаточный дисбаланс плоскости А и В

8. Установка якорь с диск на балансировочным станке и начало измерение



Рис. 28 Подготовка измерения

9. После регулирование, и получили результаты

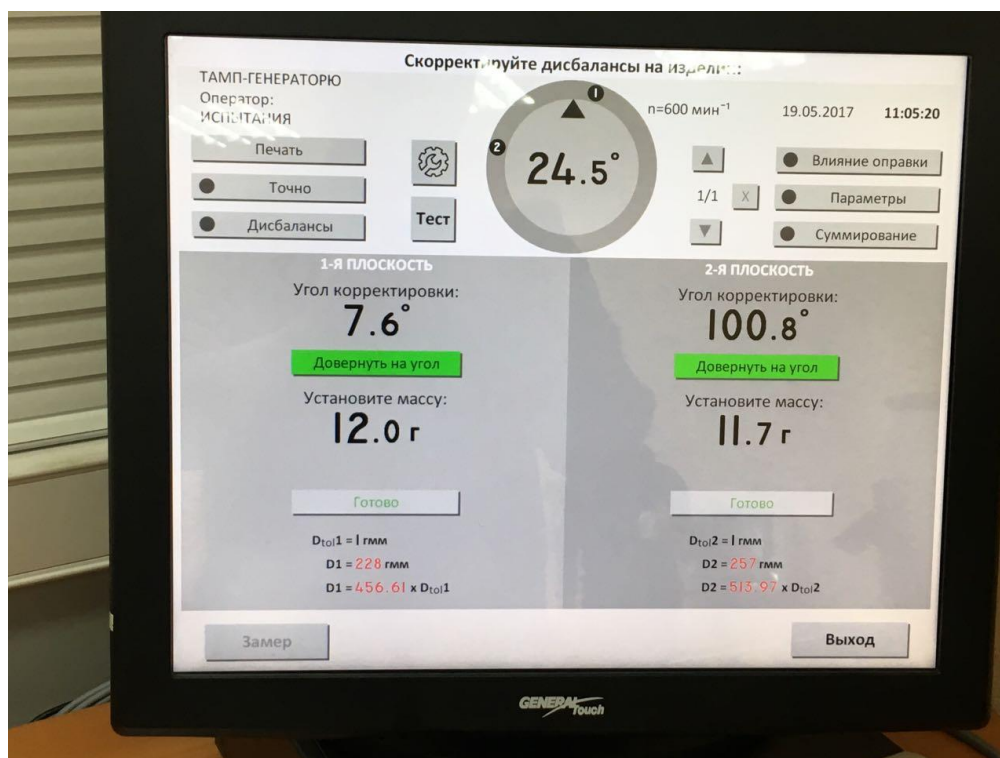


Рис. 29 Результаты балансировки по варианту 1

Таблица. 7 Данных дисбаланса по варианту 2

	Плоскость А			Плоскость В		
	остаточный масс г	Дисбаланс Г· мм	Фаза °	остаточный масс г	Дисбаланс Г· мм	Фаз °
1	0,3	8,3	32	0,2	8,4	275
2	1,1	21	73,6	0,6	21	190
3	1,1	20	68	0,5	17	186
4	0,3	6,2	16,8	0,7	23,5	245
5	0,1	4,8	353	0,3	13	268
6	0,1	2,3	5	0,5	16,7	264
7	0,19	16,5	68	0,5	18,2	194
8	0,3	6,1	85,7	0,2	9,7	8,0

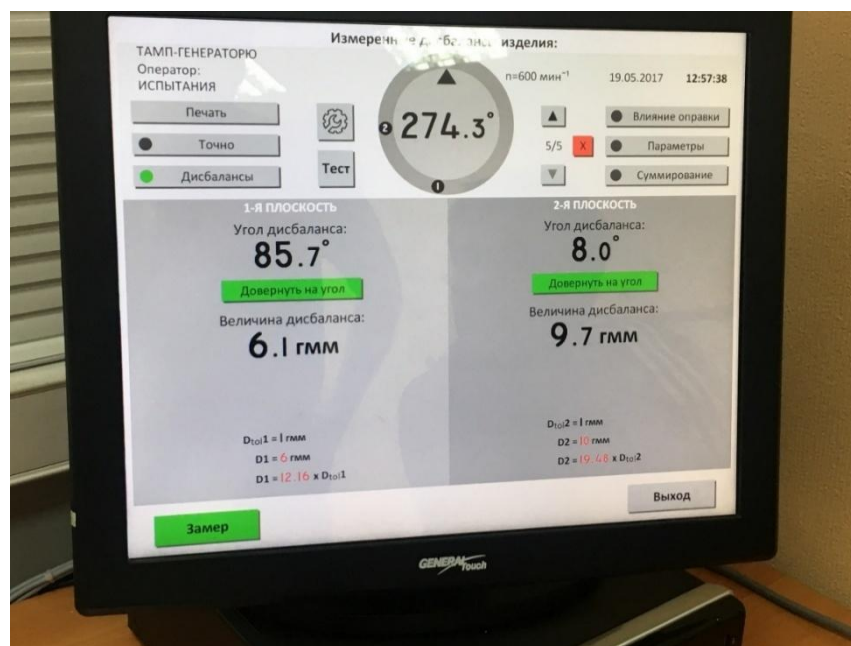


Рис. 29 Результаты балансировки по варианту 2

Результаты балансировки дисбаланс выше чем допустимый остаточный дисбаланс, не можем дальше снижать дисбаланс плоскости А и В.

1.6 Выводы и результаты:

1. Для бысро вращающихся частей привода недостаточно произвести статическую балансировку в одной плоскости, для данной системы необходимо выполнить динамическую балансировку в двух плоскостях коррекции.

2. Экспериментальные данные по балансировке показывает что, форма балансира имеет значение, наиболее подходящими являются небольшие грузы расположения по окружности через 45° .

3. На стабильность результатов по балансировке влияют зазор между валом двигателя и эксцентрической втулкой и между внутренним кольцом подшипника и эксцентрической втулкой, а также между наружным кольцом подшипника и диском генератора волн.

4. В процессе эксперимента были получены значения остаточного дисбаланса в двух плоскостях коррекции. В плоскости А удельный остаточный дисбаланс находится в диапазоне от $1,27 \text{ г} \cdot \text{мм}/\text{кг}$ до $11,67 \text{ г} \cdot \text{мм}/\text{кг}$, и в плоскости В от $4,67 \text{ г} \cdot \text{мм}/\text{кг}$ до $13,06 \text{ г} \cdot \text{мм}/\text{кг}$; некоторые значения не превышают установленные стандартом значения, а часть из них выходят за стандартное значение дисбаланса $4,2 \text{ г} \cdot \text{мм}/\text{кг}$.

5. Для стабилизация результатов необходимо уменьшить зазор между валом двигателя и эксцентрической втулкой и между внутренним кольцом подшипника

и эксцентрической втулкой, а также между наружным кольцом подшипника и диском генератора волн.

2. Технология сборки привод РМ электробура

Составим технологическую карту сборки приспособления, маршрут технологического процесса приведен в таблице 1.

Таб.8 Технологическая карта сборки

№ опер.	Наименование операции	Содержание операции
005	Сборка диск генераторы (СБ.1)	1. Закрепить диск 3 на стол. 2. Смазать и устоновить подшипник 4 в диск. 3. Устоновить стопное кольцо 7 .
010	Установить диск с подшипником	1. Закрепить двигатель на стол. 2. Устоновить шпонку 1. 3. Устоновить втулку 2. 4. Установить диск (СБ.1) на входным валу. 5. Устоновить стопное кольцо 5.
015	Сборка выходный вал (СБ.2)	1. Закрепить выходный ва 8 на стол. 2. Смазать и устоновить подшипник 9. 3. Смазать и устоновить подшипник 10. 4. Установить втулку 11. 5. Смазать и устоновить подшипник 12. 6. Устоновить стопное кольцо 13.
020	Установить выходный вал	1. Закрепить двигатель с диском (СБ.1) на стол 2. Установить выходный вал (СБ.2) на диск генераторы 3. Смазать и установить ролики 14 в пазы сепаратора 4. Установить венец 15. 5. Закрепить венец винтами 6.
025	Сборка крышка (СБ.3)	1. Закрепить крышку 21 на стол 2. Установить монжету 20
030	Сборка корпус	1. Установить корпус 16. 2. Закрепить корпус винтами 17. 3. Установить стопное кольцо 18. 4. Установить крышку (СБ.3).

Определим времени на сборочную операцию 005– «Сборка диск генераторы (СБ.1)». Операция выполняется в условиях серийного производства

Закрепить диск 3 на стол; Расчетное оперативное время $t_1 = 0,05$ мин.

Смазать и устоновить подшипник 4 в диск.; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,15$ мин.

Устоновить стопное кольцо 7; Расчетное оперативное время $t_3 = 0,10$ мин.

Сумма время этого операция: $\sum T_{оп005} = t_1 + t_2 + t_3 = 0,30$ мин

Определим времени на сборочную операцию 010– «Установить диск с подшипником». Операция выполняется в условиях серийного производства

Закрепить двигатель на стол; Расчетное оперативное время $t_1 = 0,05$ мин.

Устоновить шпонку 1; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,10$ мин.

Устоновить втулку 2; Расчетное оперативное время $t_3 = 0,15$ мин.

Установить диск (СБ.1) на входным валу; Расчетное оперативное время $t_4 = 0,12$ мин.

Устоновить стопное кольцо 7; Расчетное оперативное время $t_5 = 0,10$ мин.

Сумма время этого операция: $\sum T_{оп010} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 0,52$ мин

Определим времени на сборочную операцию 015– «Сборка выходный вал (СБ.2)». Операция выполняется в условиях серийного производства

Закрепить выходный вал 8 на стол; Расчетное оперативное время $t_1 = 0,05$ мин.

Смазать и устоновить подшипни 9; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,15$ мин.

Смазать и устоновить подшипни 10; Расчетное оперативное время $t_3 = 0,15$ мин.

Установить втулку 11; Расчетное оперативное время $t_4 = 0,12$ мин.

Смазать и устоновить подшипни 12; Расчетное оперативное время $t_5 = 0,15$ мин.

Устоновить стопное кольцо 13; Расчетное оперативное время $t_6 = 0,10$ мин.

Сумма время этого операция: $\sum T_{оп015} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 0,72$ мин

Определим времени на сборочную операцию 020– «Установить выходный вал». Операция выполняется в условиях серийного производства

Закрепить двигатель с диском (СБ.1) на стол; Расчетное оперативное время $t_1 = 0,05$ мин.

Установить выходный вал (СБ.2) на диск генераторы; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,25$ мин.

Смазать и установить ропки 14 в пазы сепаратора; Расчетное оперативное время

Установить венец 15; Расчетное оперативное время $t_4 = 0,30$ мин.

Закрепить венец винтами 6; Расчетное оперативное время $t_5 = 0,15 * 4 = 0,60$ мин.

Сумма время этого операция: $\sum T_{оп020} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 3,56$ мин

Определим времени на сборочную операцию 025– «Сборка крышка (СБ.3)». Операция выполняется в условиях серийного производства

Закрепить крышку 21 на стол; Расчетное оперативное время $t_1 = 0,05$ мин.

Установить моженту 20; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,15$ мин

Сумма время этого операция: $\sum T_{оп025} = t_1 + t_2 = 0,20$ мин

Определим на сборочную операцию 030– «Сборка корпус». Операция выполняется в условиях серийного производства.

Установить корпус 16; Расчетное оперативное время $t_1 = 0,10$ мин

Закрепить корпус витами 17 ; Расчетное оперативное время $t_2 = 0,15 * 4 = 0,60$ мин.

Установить стопное кольцо 18; Расчетное оперативное время $t_3 = 0,10$ мин.

Установить крышку (СБ.3); Расчетное оперативное время $t_4 = 0,10$ мин

Закрепить крышку витами 19; Расчетное оперативное время $t_5 = 0,15 * 4 = 0,60$ мин

Сумма время этого операция: $\sum T_{оп030} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 1,50$ мин

Определим времени на сборочную операцию 035– «Контроля»,

Проверить надежность сборки и работоспособность приспособления.

Расчетное оперативное время $t = 0,4$ мин.

Сумма время этого операция: $T_{оп035} = t_1 = 0,40$ мин.

Сумма время сборка проивод РМ:

$$\begin{aligned} \sum T_{оп} &= T_{оп005} + T_{оп010} + T_{оп015} + T_{оп020} + T_{оп025} + T_{оп030} + T_{оп035} \\ &= 0,30 + 0,52 + 0,72 + 3,56 + 0,2 + 1,50 + 0,40 = 7,20 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Расчет нормы штучно калькуляционного времени в условиях среднесерийного производства производим по формуле:

$$T_{штк} = \sum T_{оп} \left(1 + \frac{\alpha_{пз} + \alpha_{об} + \alpha_{отл}}{100} \right) * K_1 K_2$$

где $\alpha_{пз}$, $\alpha_{об}$, $\alpha_{отл}$ – проценты соответственно подготовительно-заключительного времени, времени на обслуживание рабочего места и времени на отдых и личные потребности от оперативного времени; K_1 , K_2 – поправочные коэффициенты, учитывающие особенности выполнения операции. Принимаем: $\alpha_{пз} = 2\%$, $\alpha_{об} = 3,5$, $\alpha_{отл} = 6\%$, $K_1 = 1$ (отношение планируемого выпуска изделий в месяц к нормативному); $K_2 = 1$

$$T_{\text{ук}} = 7,20 * \left(1 + \frac{2+3,5+6}{100}\right) = 8,03 \text{ мин}$$

3. Социальная ответственность часть

3.1 Описание рабочего места

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности и охраны окружающей среды.

В данной работе рассмотрен балансировки быстро вращающихся частей привода ручной машины электробура.

Под проектированием рабочего места понимается целесообразное пространственное размещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях функционально взаимосвязанных средств производства (оборудования, оснастки, предметов труда и др.), необходимых для осуществления трудового процесса.

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

При проектировании лаборатории необходимо уделить внимание и охране окружающей среды, а в частности, организации безотходного производства.

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как лаборатория находится в городе Томске, наиболее типичной ЧС является мороз. Так же, в связи с неспокойной ситуацией в мире, одной из возможных ЧС может быть диверсия.

3.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

3.2.1 Метеоусловия

В лаборатории, где находятся различные электроустановки, магнетрон, а также используется смазка, могут быть следующие вредные факторы: наличие - а) не комфортных метеоусловий; б) производственного шума; в) недостаточной освещенности; г) электромагнитного излучения;

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

- 1) температура воздуха;
- 2) относительная влажность воздуха;
- 3) скорость движения воздуха.

При высокой температуре воздуха в помещении кровеносные сосуды кожи расширяются, происходит повышенный приток крови к поверхности тела, и выделение тепла в окружающую среду значительно увеличивается. При низкой температуре окружающего воздуха реакция человеческого организма иная: кровеносные сосуды кожи сужаются, приток крови к поверхности тела замедляется, и теплоотдача конвекцией и излучением уменьшается. Таким образом, для теплового самочувствия человека важно определенное сочетание температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне.

Повышенная влажность воздуха ($\phi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\phi < 20\%$) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 1 [ГОСТ 12.1.005-88].

Для обеспечения оптимальных и допустимых показателей микроклимата в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от остекленных поверхностей оконных проемов, чтобы не было охлаждения. В теплый период года необходимо предусмотреть защиту от попадания прямых солнечных лучей.

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа, относящаяся к инженерам – разработчикам, относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таб.9 Требования к микроклимату

Период года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	средняя	19 – 24	15 - 75	≤ 0.1
Теплый	средняя	20 - 28	15 - 75	≤ 0.2

Одними из основных мероприятий по оптимизации микроклимата и состава воздуха в производственных помещениях являются обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

3.2.2.Производственный шум

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещений проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более однократного в час, при этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;

- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;

СИЗ

- применение спецодежды, спецобуви и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

3.2.3 Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 150 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м; B – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c=50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_{II}=70\%$. Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3=1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z=1,1$.

Выбираем лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2300$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda=1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м.}$$

Размещаем светильники в два ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

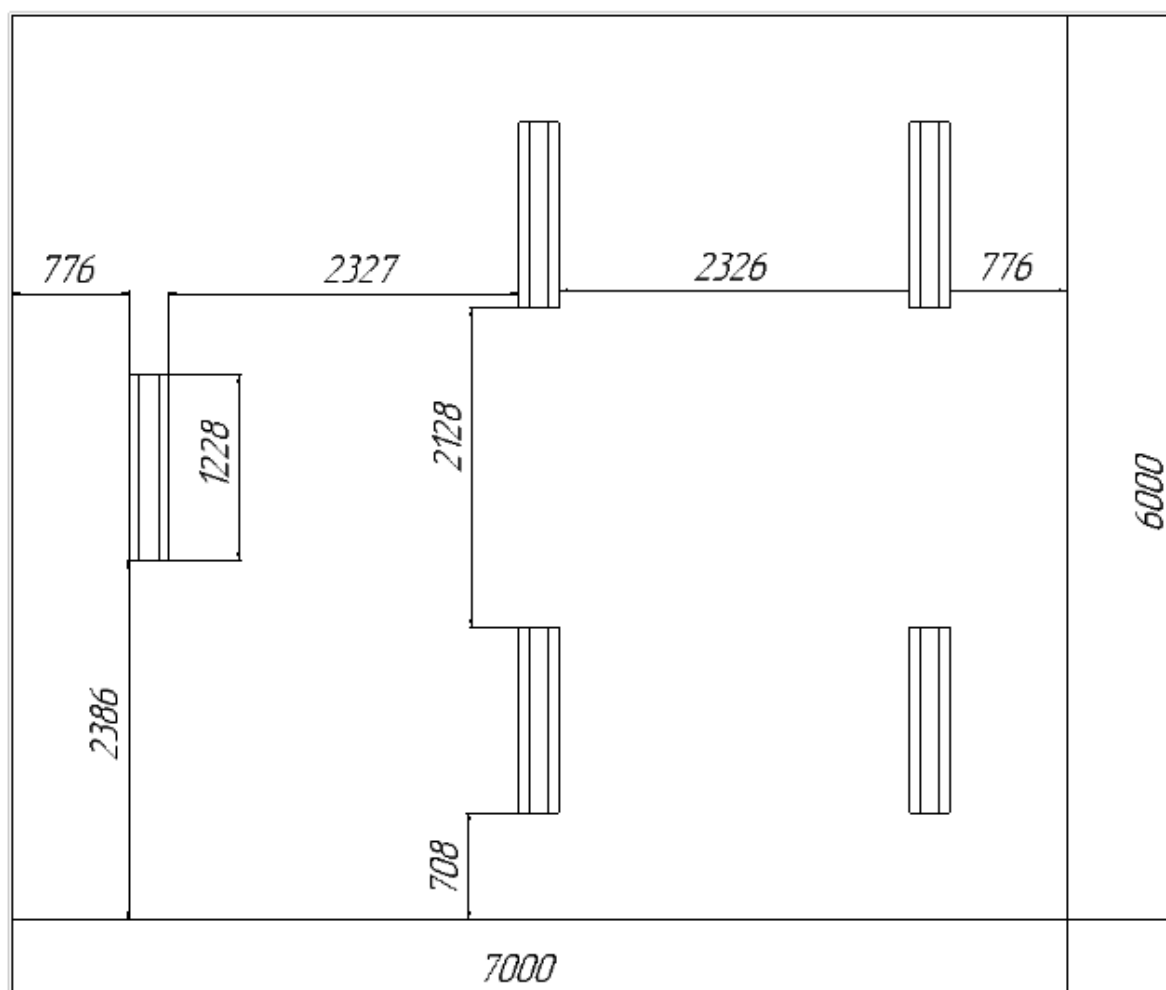


Рис.31 План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{7 \cdot 6}{2,0 \cdot (7 + 6)} = 1,6$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{п}} = 70 \%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,6$ равен $\eta = 0,47$.

Потребные группы люминесцентных ламп светильника по формуле:

$$N = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{п}} \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2300 \cdot 0,47} = 9,6 = 10$$

Общее число светильников: $N = 5$.

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$2L_2 + \frac{2}{3}L_2 + 3 \cdot 265 = 7000$$

$$L_2 = 2327 \text{ мм}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$L_1 + \frac{2}{3}L_1 + 2 \cdot 1227 = 6000$$

$$L_1 = 2128 \text{ мм}$$

Расчет световой поток группы люминесцентных ламп светильника по формуле:

$$\Phi_{\text{рас}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{150 \cdot 7 \cdot 6 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{10 \cdot 0,47} = 2212 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{2300 - 2212}{2300} \cdot 100\% = 3,8\%.$$

Таким образом: $-10\% \leq 3,8\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

3.2.4 Электромагнитные поля

В установке используются магнетронные генераторы при помощи которых происходит подвод СВЧ-энергии к различным частям установки. Таким образом, при организации безопасности труда, необходимо учитывать воздействие электромагнитных полей сверхвысоких частот на организм человека.

Эффект воздействия СВЧ электромагнитного поля на биологические объекты в известной степени определяется количеством проникающей в них и поглощаемой ими электромагнитной энергии. Значительная часть энергии микроволн поглощается тканями организма и превращается в тепло, что объясняют возникновением колебания ионов и дипольных молекул воды,

содержащихся в тканях. Наиболее эффективное поглощение микроволн отмечается в тканях с большим содержанием воды: кровь, тканевая жидкость, слизистая желудка, кишок, хрусталик глаза и др.

Нагрев тканей в СВЧ-поле является наиболее простым и очевидным эффектом действия микроволн на организм человека. Положение максимума температуры, его удаление от поверхности тела зависит от проводимости среды, а, следовательно, и от частоты радиоволны, действующей на ткань: с увеличением частоты (укорочением волны) максимум температуры приближается к поверхности.

Длительное и систематическое воздействие на организм СВЧ-излучения вызывает повышенную утомляемость, периодически появляющуюся головную боль, сонливость или нарушение сна, повышение артериального давления и боли в области сердца. Под воздействием электромагнитных полей сверхвысоких частот наблюдаются изменения в крови, увеличение щитовидной железы, катаракта глаз, а у отдельных лиц — изменения в психической сфере (неустойчивые настроения, ипохондрические реакции) и трофические явления (выпадение волос, ломкость ногтей).

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

В диапазоне СВЧ = 300...300000 МГц допустимая плотность потока мощности (ППМ_{доп}) при времени облучения (τ обл.) в течение всего рабочего дня составляет 10 мкВт/см², при τ обл., равном 2 ч, - 100 мкВт/см² и при τ обл., равном 15...20 мин, - 1000 мкВт/см² (при обязательном использовании защитных очков!). В остальное рабочее время интенсивность облучения не должна превышать 10 мкВт/см². Для лиц, профессионально не связанных с облучением, и для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника;
- защита рабочего места от излучения;

СИЗ

Применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые включают в себя

- Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

- Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO_2).

Экранирование источника излучения и рабочего места осуществляется специальными экранами по ГОСТ 12.4.154.

К средствам защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят комбинезоны, очки, спецобувь, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

3.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

3.3.1 Факторы электрической природы

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электроустановки классифицируют по напряжению: с номинальным напряжением до 1000 В (помещения без повышенной опасности), до 1000 В с присутствием агрессивной среды (помещения с повышенной опасностью) и свыше 1000 В (помещения особо опасные).

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.

2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим

соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

3. Особо опасные помещения, которые характеризуются наличием оборудования свыше 1000 В и одного из следующих условий, создающих особую опасность: особой сырости, химически активной или органической среды, одновременно двух или более условий повышенной опасности. Территории размещения наружных электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравниваются к особо опасным помещениям.

Лаборатория относится к помещению с особой опасностью поражения электрическим током. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Основными электробезопасными средствами в электроустановках напряжением выше 1000 В являются изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения, а также изолирующие устройства и приспособления для ремонтных работ (площадки, изолирующие звенья телескопических вышек и пр.).

Работать со штангой разрешается только специально обученному персоналу в присутствии лица, контролирующего действия работающего. При операциях с изолирующей штангой необходимо пользоваться дополнительными изолирующими защитными средствами — диэлектрическими перчатками и изолирующими основаниями (подставками, ковриками) или диэлектрическими ботами.

Изолирующие клещи применяют в электроустановках до 35 кВ для операций под напряжением с плавкими вставками трубчатых предохранителей, а также для надевания и снятия изолирующих колпаков на ножи однополюсных разъединителей.

При пользовании изолирующими клещами оператор должен надевать диэлектрические перчатки и быть изолированным от пола или грунта; при смене патронов трубчатых предохранителей он должен быть в очках. Клещи нужно держать в вытянутых руках.

Дополнительные электробезопасные средства в электроустановках. К дополнительным изолирующим электробезопасным средствам относятся

диэлектрические перчатки, боты, резиновые коврики и дорожки, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах и переносные заземления.

Освобождение пострадавшего от действия тока напряжением свыше 1000 В может быть произведено только одним способом. Это отключение соответствующей части электрической установки специально обученными людьми. Пострадавшему следует оказать посильную доврачебную помощь.

3.3.2 Факторы пожарной и взрывной природы

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории A_n , B_n , B_{n1} , B_{n2} , B_{n3} , B_{n4} , C_n и D_n .

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории Д - негорючие вещества и материалы в холодном состоянии, процесс обработки которых используется материалом алюмином, и без искра.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (использование открытого огня);

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения и локализации пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) использование только исправного оборудования;
- б) проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- в) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- г) курение в строго отведенном месте;
- д) содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Кроме того, порошковые применяют для тушения документов.

Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых или углекислотных огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу (рисунок).

План эвакуации из лаборатории

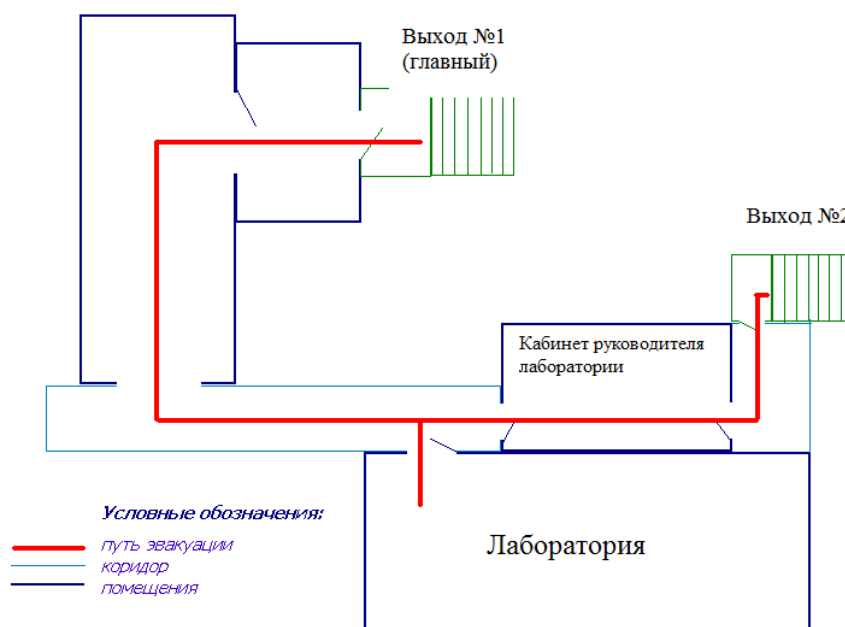


Рис.32 Пути эвакуации.

3.4 Охрана окружающей среды

Охрана окружающей среды - это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения - это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства.

Для перехода к безотходным производствам в лаборатории необходимо осуществлять сбор в специальные емкости.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика. Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

3.5 Защита в ЧС

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. В случае перемерозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

Чрезвычайные ситуации, возникающие в результате диверсий, возникают все чаще.

Зачастую такие угрозы оказываются ложными. Но случаются взрывы и в действительности.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

3.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

1. ОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности

2. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”

3. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".

4. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

6. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

8. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.

9. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

10. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

11. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности

12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха

13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.

14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.

15. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

16. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение"

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

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

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

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

Рассмотрено состояние рынка ручных машин в России. Обоснованы параметры ручной машины электробур с волновой передачей с промежуточными телами качения (ПТК). Описаны области ее применения в строительстве и в других отраслях народного хозяйства. В строительстве наиболее широкое применение ручные машины получили при выполнении монтажных и отделочных работ. Ручными машинами называют машины, у которых главное движение (движение рабочего органа).









Волновая передача с промежуточными телами качения, это специальная передача, составная с пластической деформированной конструкции и волновым генератором. К достоинству передачи заключается вышнюю КПД и надежность,

высокую точность, малую массу и объём. С изучение полувековой, волновая передача с ПТК широко используется на аэрографической, военной и гражданской промышленности, и появление успешности. Используется на привода с быстро вращающимся частей ручной машины электробура, возможно снизить массу привода и уменьшить его габаритные размер.

Конструкций 2 диск передачу с ПТК уравновешенного генератора волн. Это не является минимальными габаритными размерами и массой привода. На рис.2 показал конструкций 1 диск передачу с ПТК с ненеуравновешенного генератора волн, это передача с ПТК с минимальными габаритными размерами и массой. Его центр масс диска генератора волн не находится на вращающемся валу, для нормальной работы, необходимо произвести балансировку быстро вращающихся частей. Это возможно снижает себестоимость и повышает точность работы.

4.1.2 Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов

Сегментировать рынок услуг по разработке интернет-ресурсов можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, вид интернет-ресурса (таб. 10).

		Вид интернет-ресурса			
		Корпоративный сайт	Интернет-каталог	Интернет-магазин	Информационный портал
Размер компании	Крупные				
	Средние				
	Мелкие				



-Компания Mora Ice;



- Компания НПО;



-Компания Iron Mole

Результатом сегментирования: Основные сегменты являются интернет-каталог и Корпоративный сайт. Для крупного и среднего производства, важно существует интернет-магазин. Для мелкого производства можно отсутствует интернет-магазин.

4.1.3 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Для оценки продукта с конкурирующими разработками необходимо провести систематический анализ, так как рынки постоянно изменяются. Данный анализ помогает корректировать исследование для более успешного противостояния с конкурентами, а также определить направление для будущего повышения эффективности научного исследования.

Для данного анализа в качестве сравнения могут быть использованы все информационные данные о конкурентах.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты (таблица. 11).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Универсальность продукта	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
2. Энергоэкономичность	0,1	3	4	4	0,3	0,4	0,4
3. Уровень шума	0,05	5	3	2	0,25	0,15	0,1
4. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	4	1	0,25	0,2	0,05
5. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	2	4	5	0,1	0,2	0,25

6. Научная новизна	0,1	4	5	1	0,4	0,5	0,1
7. Конкурентоспособность продукта	0,1	2	4	4	0,2	0,4	0,4
8. Уровень проникновения на рынок	0,1	1	4	3	0,1	0,4	0,3
9. Цена	0,1	3	3	3	0,3	0,3	0,3
10. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
11. Послепродажное обслуживание	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2
12. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
13. Срок выхода на рынок	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
14. Наличие сертификации разработки	0,05	2	4	4	0,1	0,2	0,2
Итого	1	49	55	51	3,35	3,90	3,30

Примечание: Конкурент 1 – Компания Moга Ice; 2-Компания НПО;

3- Компания Iron Mole

Основываясь на проведенном анализе следует отметить то, что наиболее эффективным направлением повышения конкурентоспособности исследования для компании Moга Ice является повышение качества интеллектуального интерфейса и уровни проникновения на рынок. А для компании Iron Mole наиболее эффективным направлением повышения конкурентоспособности исследования является повышение научной новизны.

Одним из главных преимуществ продукта компании Moга Ice является его универсальность, что позволяет расширить выбор рынка реализации продукта.

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 3.

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

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

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i$$

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

B_i – балл по i -му показателю.

Таблиц.12 Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	4	3
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического	3	4

	задела		
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	3
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	5
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	5
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	5
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	5	4
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	4
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	4	4
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	5
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	4	4
15	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	5	5

15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	Итого баллов	61	64

Значение $B_{\text{сум}}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и её разработчика к коммерциализации. Значение $B_{\text{сум}}$ находится в пределах от 75 до 60, то такая разработка считается перспективной, а знания разработчика достаточными для успешной ее коммерциализации.

4.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить (использовать, вложить) полученный коммерческий эффект.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела магистерской диссертации – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

Выделяют следующие методы коммерциализации научных разработок.

1. Торговля патентными лицензиями, т.е. передача третьим лицам права использования объектов интеллектуальной собственности на лицензионной основе. При этом в патентном законодательстве выделяющие виды лицензий: исключительные (простые), исключительные, полные лицензии, сублицензии, опционы.

2. Франчайзинг, т.е. передача или переуступка (на коммерческих условиях) разрешения продавать чьи-либо товары или оказывать услуги в некоторых областях.

3. Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

4. Организация совместных предприятий, работающих по схеме «российское производство – зарубежное распространение».

Проанализировав перечисленные методы коммерциализации, магистрант обязан выбрать один из них (можно несколько) и обосновать, почему выбран

именно этот метод и каким образом он поможет успешному продвижению разработки на той стадии, на которой находится научный проект.

4.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы (табл. 13).

Таблица. 13 Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Управление проектов	7	20.09.15	27.09.15	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
2	Планирование	2	01.10.15	03.10.15	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
3	Совещания	1	10.10.15	11.10.15	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
4	Администрирование	6	15.10.15	21.10.15	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
5	Требования продукту	2	27.10.15	29.10.15	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
6	Исследование литературы	5	01.11.15	06.11.15	Ван Юнчжэн
7	Исследование конструкций передачи с ПТК	10	04.11.15	15.11.15	Ван Юнчжэн
8	Изучение теорий о балансировке	150	10.11.15	12.04.16	Ван Юнчжэн

9	Балансировка диск генератор волн	30	10.06.16	10.07.16	Коротков В.С Ван Юнчжэн
10	Расчёт дисбаланс якорь с диском	30	06.10.16	21.11.16	Ван Юнчжэн
11	Проектировани е балансира	30	08.12.16	09.01.17	Ван Юнчжэн
12	Подготовка балансир	7	10.03.17	18.13.17	Коротков В.С Ван Юнчжэн
13	Изменение осточного дисбаланса	1	05.04.17	05.04.17	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
14	Улучшение балансира	10	10.04.17	20.04.17	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
15	Подготовка нового балансир	7	23.04.17	30.04.17	Коротков В.С. Ван Юнчжэн
26	Контроль остаточного дисбаланса	1	09.05.17	09.05.17	Коротков В.С. Ван Юнчжэн

В линейном графике не учитываются периоды зимних и весенних каникул. Следует также учесть, что данный график составляется индивидуально, некоторые периоды времени работ могут не совпадать с календарным планом учебного заведения.

4.3 Реестр рисков исследования

Возможные риски проекта включают в себя непредвиденные обстоятельства, которые могут возникнуть в данном проекте и вызвать череду последствий, которые приведут к негативным эффектам. Для анализа рисков необходимо привести объективную оценку имеющейся информации по данным рискам.

Данные по рискам приведем в таблице 14.

Таблица. 14

№	Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска*	Способы смягчения	Условия наступления
1	Нелинейность поправочных коэффициентов	Ошибка в вычислениях	5	5	Высокий	Корректировка коэффициентов	Ошибка при проектировании метода
2	Ошибка характеристик материала	Ошибка в вычислениях	1	5	Высокий	Экспериментальное определение требуемых характеристик	Ошибка или неточность данных по материалам
3	Ошибка оборудования	Ошибка в вычислениях	3	4	Средний	Калибровка оборудования	Штамм оборудования
4	Неверный выбор основополагающей методики	Ошибка в вычислениях	2	2	Высокий	Выбор аналогичной методики	Ошибка при проектировании
5	Ошибка в расчетной программе	Ошибка в вычислениях	4	5	Средний	Повторное программирование	Ошибка программиста

Примечание: Уровень риска может быть: высокий, средний или низкий в зависимости от вероятности наступления и степени влияния риска. Риски с наибольшей вероятностью наступления и высокой степенью влияния будут иметь высокий уровень, риски же с наименьшей вероятностью наступления и низкой степенью влияния соответственно низкий уровень.

Исходя из таблицы 3. наиболее характерными рисками являются ошибки при обработке с данными. Все перечисленные риски воздействуют на ошибки в вычислениях, другими словами при получении конечных данных. Основным условием возникновения данных рисков является человеческий фактор, так как проектирование методики производится исключительно вручную. Единственным

надежным и эффективным направлением смягчения данных рисков является периодическая перепроверка расчетов, сохранение старых вычислений и их сравнение с актуальными. Иначе исключить человеческий фактор невозможно.

4.4 Предположительный бюджет научного исследования

Следующий раздел предлагает на рассмотрение одну из возможных ситуаций постановки бюджета для научного исследования. Следует отметить то, что в реальном проекте не было потрачено средств (не считая зарплату руководителя и т.п.) на само исследование. Единственным ресурсом являлось время. Поэтому для оценки бюджета предположим картину, когда теоретическое проектирование был уже проведено, и исследование подошло к этапу практической апробации с использованием оборудования, которое рассматривалось в предыдущих разделах.

При непосредственном планировании бюджета должно быть в полной мере отражены те или иные планируемые расходы, которых требует проект. Обозначим основные группы планируемых расходов как:

- Расход на оборудование, СОЖ и инструмент. (испытательные стенды, производственные станки);
- Расход на рабочий персонал (заработная плата, обучение и т.п.);
- Расход на материалы;
- Прочие расходы.

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Таким образом обозначим планируемые затраты в таблице. 15

Вид работ	Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Конструирование механизма	50	0	20	10	8	20	0	10	10	128
Разработка технологии производства механизма	20	0	20	10	8	20	0	10	10	98
Автоматизированный расчет	0	0	20	10	8	20	0	10	10	78
Контролировать качества	100	50	15	10	8	20	0	30	25	258
Испытание	30	60	15	10	8	20	50	15	10	218

*Значения в ячейках указаны в тысячах рублей.

Финансирование проекта: ТПУ частично компенсировал затраты (оплатил сырье и материалы и т.п.) .

Литература

1. Гусаров А. А. Балансировка гибких роторов с распределенной массой. М.: Наука, 1974. - 144 с.
2. Диментберг Ф.М., Шаталов К.Т., Гусаров. А.А. Колебания машин. -М.: Машиностроение, 1964. 308 с.
3. Крылов А. Н. Об определении критических скоростей вращающегося вала. — Л.: Изд-во АН СССР, 1932. 31 с. // Собр. трудов акад. А.Н. Крылова.
4. Кушуль М. Я. Автоколебания роторов. М.: АН СССР. 1963.- 168 с.
5. Левит М.Е., В.М. Рыженков Балансировка деталей и узлов М., 1986. 248 с
6. Митрофанов Ю. А. Определение критических скоростей и амплитуд колебаний быстровращающихся валов Томск 1981. - 64 с.
7. Натанзон В. Я. Колебания валов. — М.: Оборонгиз, 1954.
8. Основы балансировочной техники / Под ред. В.А. Щепетильникова, -М.: Машиностроение, 1975. Т.1: Уравновешивание жестких роторов и механизмов. 528 с. Т.2: уравновешивание гибких роторов и балансировочное оборудование. - 679 с.
9. Chung J. Effect of gravity and angular velocity on an automatic ball balancer. // Proc. IMechE Part C: J. Mechanical Engineering Science, 2005, Vol. 219(1) p. 43-51.
10. Föppl A. Das Problem det Laval'schen Turbinenwelle // Der Civilingenieur. Vol. 41. 1895. S.333-342.
11. Grammel R. Kritische Drehzahl und Kreiselwirkung. // Zeitschr. VDI.— 1919. Vol. 63. P. 32. - Vol.64, p.44, 1920.
12. Huang W.-Y., Chao C.-P., Kang J.-R., Sung C.-K. The application of balltype balancers for radial vibration reduction of high-speed optic drives. // Journal of Sound and Vibration, 2002, Vol. 250(2) p. 415-430.
13. Jeffcott H.H. The Lateral Vibration of the Loaded Shafts in the Neighbourhood of a Whirling Speed // Phil. Mag. 1919. Vol. 6. N 37. P. 303-314.0 k
14. Rankine W.J. McQ. On the Centrifugal Whirling of Shaft / / The Engineer. Vol. 27. 1869. P. 249.
15. Thearle E.L., Schenectady N. Y. A new type of dynamic-balancing machine 11 Transaction of ASME N54(12), P. 131-141. 1932.

16. Yamamoto T., Ishida Y. Linear and Nonlinear Rotordynamics: A Modern Treatment with Applications (Wiley Series in Nonlinear Science) Wiley-Interscience. 2001. 348 p.
17. Гусаров А.А. Балансировка роторов машин : В 2 т. М., т. 1. - 2004. -267 е., т. 2. - 2005. - 383 с.
18. Гусаров А.А. Автобалансирующие устройства прямого действия. М., 2002. -119 с.
19. Genta, G. Dynamics of Rotating Systems — Springer, 2005. 658 p.
20. ГОСТ ИСО 1940-1-2007 1-10С Вибрация требования к качеству балансировки жестких роторов
21. Тимошенко С.П. Колебание в инженерном деле.1959г -235с
22. Панкратов Э.Н. Проектирование механических систем автоматизированных комплексов для механообрабатывающего производства, 1998,-263с
23. Ян ЦинГаьн. Анализ колебания вращательных тел и применение в инжнере, 2002. – 457с.
24. Михаевич Е.П. Разработка технологического процесса сборки изделия в машинотстроении. ТПУ.2013. – 24с.
25. Ло Гинхуо Исследования балансировки ротор ручной машин. 2007. –59с.
26. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин. Серийное производство. М.АНИИ,1976. – 155с.
27. Коротков В.С. Создание ручной машины с волновой передачей и исследование ее работоспособности. ТПУ,2005. –130с.
28. Разумов С.И. Разработка консрукции привода для ручной машины электробур с редуктором с ПТК. –199с.
29. ГОСТ 19774-74. Смазка ВНИИ НП-207 1975.
30. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1,004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
31. Гигиенические требования к ВДТ, ПЭВМ и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2.542 – 96. –М. 1996.

32. Белова С.В. Безопасность жизнедеятельности Под ред. – М.: Высшая школа. 2002. – 357с.

33. Белова С.В. Окружающей среды Под ред. – М.: Высшая школа. 2002. – 357с.оустановок. Минэнерго СССР,6-е издание – Энерготомаиздат. 1996. – 640с.

34. Правила устройства электроустановк. Минэнерго СССР. 6-е издание – Энергоатомиздат. 1996. – 640с.

35. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение : учебно-методическое пособие // ИГ Видяев, ГН Серикова, НА Гаврикова, НВ Шаповалова, ЛР Тухватулина, ЭВ Криницына. – 2014.

Приложение

Раздел на английском языке

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ51	Ван Юнчжэн		

Консультант кафедры ТМСПР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коротков В.С.	К.Т.Н		

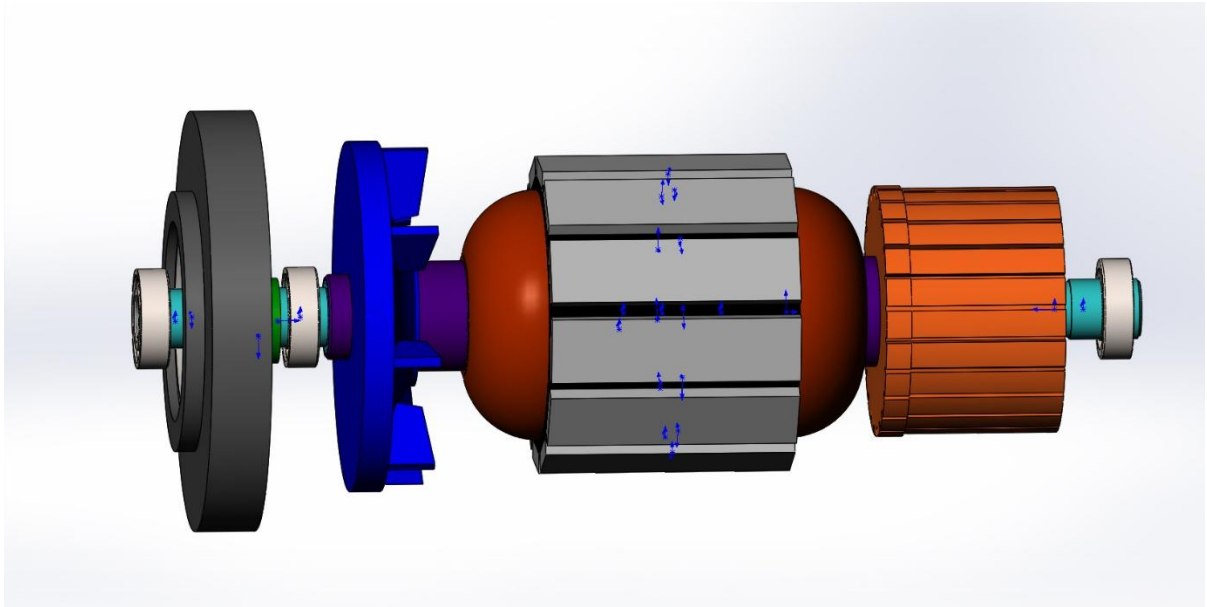
Консультант – лингвист кафедры ИЯИК

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шепетовский Д.В.			

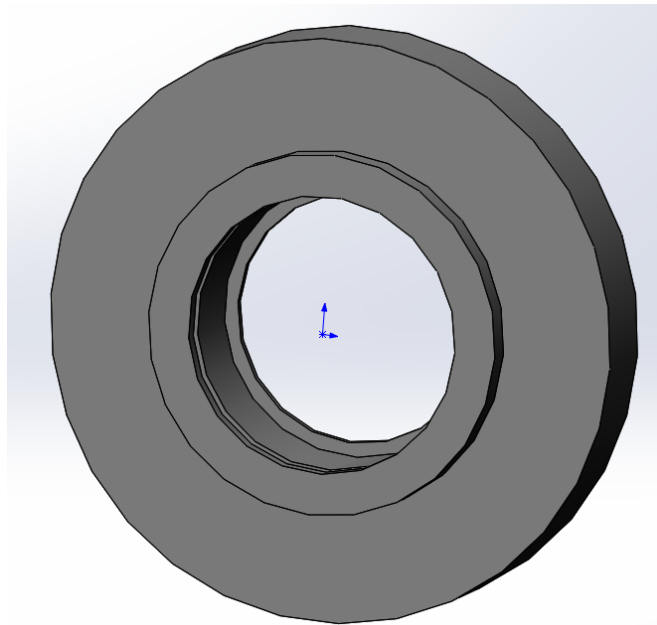
4 Balancing of fast-rotating parts of the gear of manual machines

4.1 Waveform Disk Balancing

The gear of manual electric drill machines consists of 2 parts, an armature of the motor and a wave generator disc.



Pic.11 The gear of manual electric drill machines

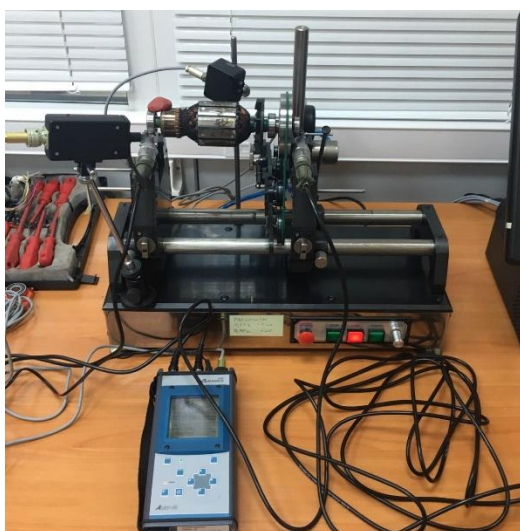


Pic.12 A wave generator disc

Balancing the gear of manual electric drill machines divides into 2 steps, balancing the wave generator disc and balancing the armature of the motor with a wave generator disk.

Balancing the wave generator disc with the following steps:

1. Place the wave generator disk on the BM-010 balancing machine (650n / min), and connect the 2-channel АГАТ-M vibration analyzer.



Pic.13 Preparation of measuring instruments and parts

2. Open the equipment and measure the parameter, get imbalance of the disk.



Pic.14 Eccentric masses



Pic.15 Imbalance of the disk.

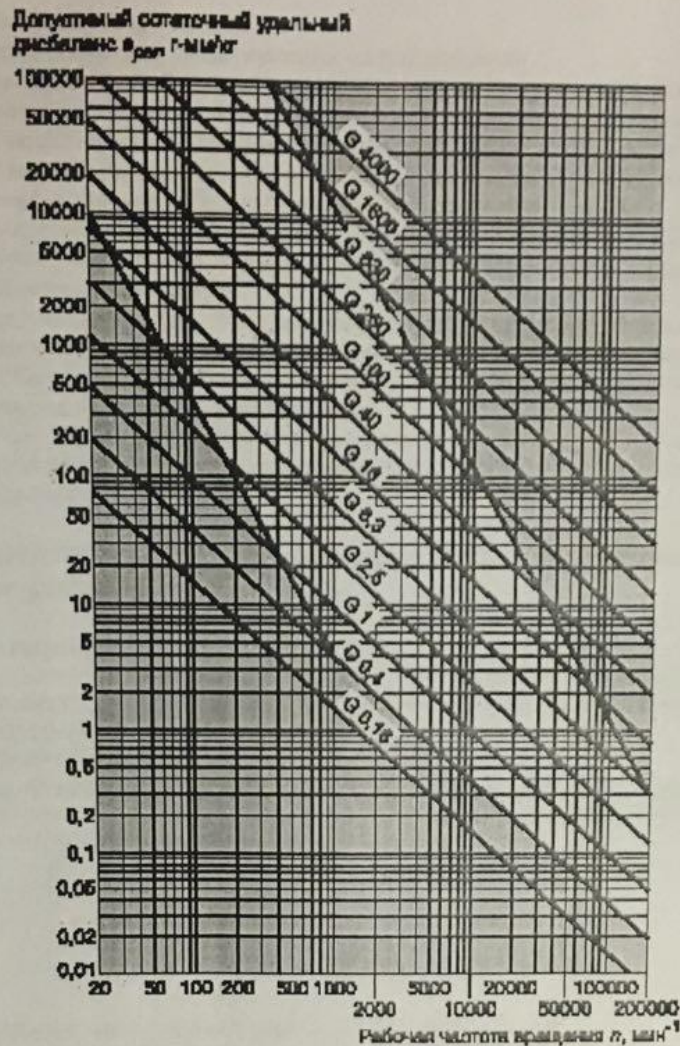
Proofread according to GOST ISO 1940-1-2007

Т а б л и ц а 1 — Рекомендуемые классы точности балансировки для жестких роторов

Виды машин (роторов)	Класс точности балансировки	Значение $e_{per} \text{ в } \mu\text{м/с}$
Приводные коленчатые валы (конструктивно не уравновешенные) для крупных низкоскоростных судовых дизельных двигателей (скорость движения поршня менее 9 м/с)	G 4000	4000
Приводные коленчатые валы (конструктивно уравновешенные) для крупных низкоскоростных судовых дизельных двигателей (скорость движения поршня менее 9 м/с)	G 1600	1600
Приводные коленчатые валы (конструктивно не уравновешенные) на виброизоляторах	G 630	630
Приводные коленчатые валы (конструктивно не уравновешенные) на жестких опорах	G 250	250
Двигатели возвратно-поступательного действия в сборе для легковых автомобилей, грузовиков и локомотивов	G 100	100
Детали автомобилей: колеса, колесные диски, колесные пары, трансмиссии	G 40	40
Приводные коленчатые валы (конструктивно уравновешенные) на виброизоляторах		
Сельскохозяйственные машины	G 16	16
Приводные коленчатые валы (уравновешенные) на жестких опорах		
Дробилки		
Приводные валы (карданные валы, винтовые валы)		
Авиационные газовые турбины	G 6,3	6,3
Центрифуги (сепараторы, отстойники)		
Электрические двигатели и генераторы (с высотой оси вала не менее 80 мм) с максимальной номинальной частотой вращения до 950 мин ⁻¹		
Электрические двигатели с высотой оси вала менее 80 мм		
Вентиляторы		
Зубчатые передачи		
Машины общего назначения		
Металлорежущие станки		
Бумагоделательные машины		
Насосы		
Турбоагрегаты		
Водяные турбины		
Компрессоры	G 2,5	2,5
Приводы с управлением от компьютера		
Электрические двигатели и генераторы (с высотой оси вала не менее 80 мм) с максимальной номинальной частотой вращения свыше 950 мин ⁻¹		
Газовые и паровые турбины		
Приводы металлорежущих станков		
Текстильные станки		
Приводы аудио- и видеоаппаратуры	G 1	1
Приводы шлифовальных станков (машин)		
Шпиндели и приводы высокоточного оборудования	G 0,4	0,4
Гироскопы		
<p>П р и м е ч а н и я</p> <p>1 Данные относятся к роторам в сборе. Рекомендации для частей роторов даны в разделе 9.</p> <p>2 Если иное специально не оговорено или не самоочевидно (как, например, в случае приводных коленчатых валов), предполагают, что данные приведены для машин и оборудования вращательного действия.</p> <p>3 В отношении ограничений, связанных с условиями установки (балансировочные станки, инструменты), см. примечания 4 и 5 к 5.2.</p> <p>4 Некоторая дополнительная информация в отношении выбора класса точности приведена на рисунке 2, на котором указаны типичные области применения (в параметрах рабочей частоты вращения и класса точности G), основанные на накопленном опыте.</p> <p>5 В состав приводных коленчатых валов могут входить коленчатый вал, маховик, муфта сцепления, виброизоляторы, вращающиеся элементы шатунов. «Конструктивно не уравновешенные коленчатые валы» означает, что такие валы теоретически не могут быть уравновешены, «конструктивно уравновешенные коленчатые валы» означает, что такие валы теоретически могут быть уравновешены.</p> <p>6 Для машин некоторых видов допустимые дисбалансы могут быть установлены соответствующими стандартами (см., например, [1], [2]).</p>		

9

Pic.16 Recommended balancing accuracy classes for rigid rotors



П р и м е ч а н и е — Белым цветом выделена область параметров, наиболее часто используемых на практике.

Рисунок 2 — Допустимый остаточный удельный дисбаланс для разных классов точности G и рабочих частот вращения n (см. 6.2)

$U_{\text{пер}}$ определяют как значение допустимого дисбаланса в плоскости центра масс ротора. В случае динамической балансировки это значение следует представить в виде значений допустимых дисбалансов в двух заданных плоскостях (см. раздел 7).

6.3 Экспериментальное определение допустимого дисбаланса

Для продукции массового производства часто требования к качеству балансировки можно установить на основе экспериментальных данных. Испытания проводят обычно на месте эксплуатации изделия. Последовательно устанавливая различные дисбалансы в каждой плоскости коррекции, определяют допустимые остаточные дисбалансы на основе наиболее представительного критерия (например, уровня вибрации, силы или шума, связанных с дисбалансом).

Если при проведении динамической балансировки плоскости, в которых определены допустимые значения, не заданы, следует сравнить влияние пар дисбалансов, фазовые углы которых сначала совпадают, а затем различаются на 180° .

Pic.17 Allowable residual imbalance

3. Select the G6.3 balancing accuracy class, and get the value of $e_{per}\Omega$ equal to 6.3mm / s.

4. Proofread the permissible residual imbalance for accuracy class G6.3 and rotation frequency $n = 15000$ n / min. By the following form:

$$U_{per} = 1000 * \frac{(B_{per}\Omega) * m}{\Omega}$$

Where U_{per} —the permissible residual imbalance

$(B_{per}\Omega)$ —Index of balance accuracy class, mm / s

m —Rotor mass, kg

Ω —Angular velocity of rotation of the rotor, rad / s, (This value can be obtained from the operating rotational frequency of the rotor $n \cdot \text{min}^{-1}$, in form $\Omega \approx n/10$).

$$e_{per} = 1000 * \frac{B_{per}\Omega}{\Omega} = 1000 * \frac{10B_{per}\Omega}{n} = 1000 * \frac{6.3 * 10}{15000} = 4.2 \mu\text{m}$$

$$m = v * \rho = \frac{\pi d^2}{4} * h * \rho = \frac{3.14 * 84^2}{4} * 15 * 7800 = 647\text{g};$$

$$U_{per} = e_{per} * m = 4.2 * 10^{-3} * 647 = 2.7\text{g} * \text{mm}$$

The permissible residual mass: $m_1 = \frac{U_{per}}{r} = \frac{2.7}{42} \approx 0.065\text{g}$

Residual mass is greater than the permissible residual mass, it is necessary to remove residual mass.

Process to remove Residual masses



Рис.18 Vice

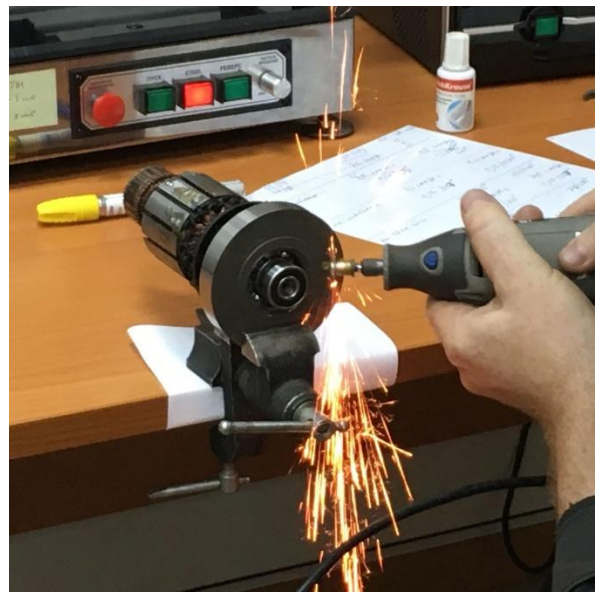


Рис.19 Mass removal



Рис.20 The result is a mass removal

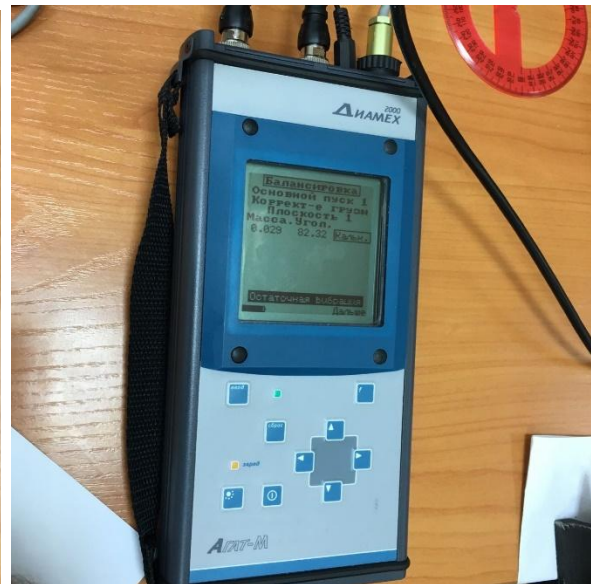


Рис.21 Residual mass

Got residual mass $m_2 = 0.029\text{g}$, this mass is less than the permissible residual mass $m_1 = 0.065\text{g}$. The imbalance of the wave generator disk does not exceed the requirement of the standard, we have obtained the balancing of the wave generator disk.

4.2 Balancing the armature of the motor with a wave generator disk

Balancing the armature of the motor with a wave generator disk with the following steps:

Measurement eccentric distance.

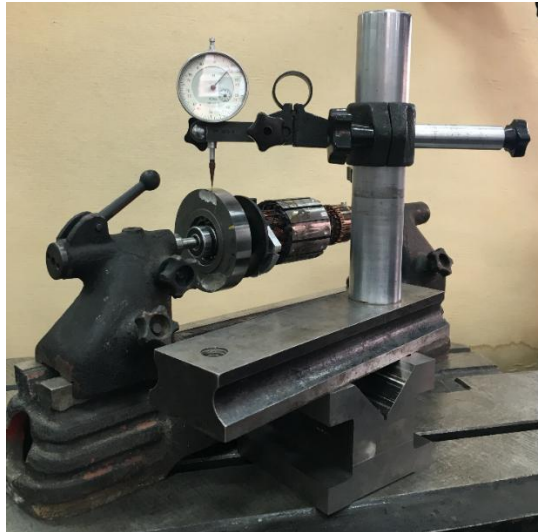


Рис.22 Install the armature of the motor with a wave generator disk

Got data measurement: 1,30, 1,31, 1,32, 1,31, 1,32.

Hence the eccentric distance:

$$e_3 = \frac{1,30 + 1,31 + 1,30 + 1,31 + 1,32}{5 \times 2} = 0,655 \text{ mm}$$

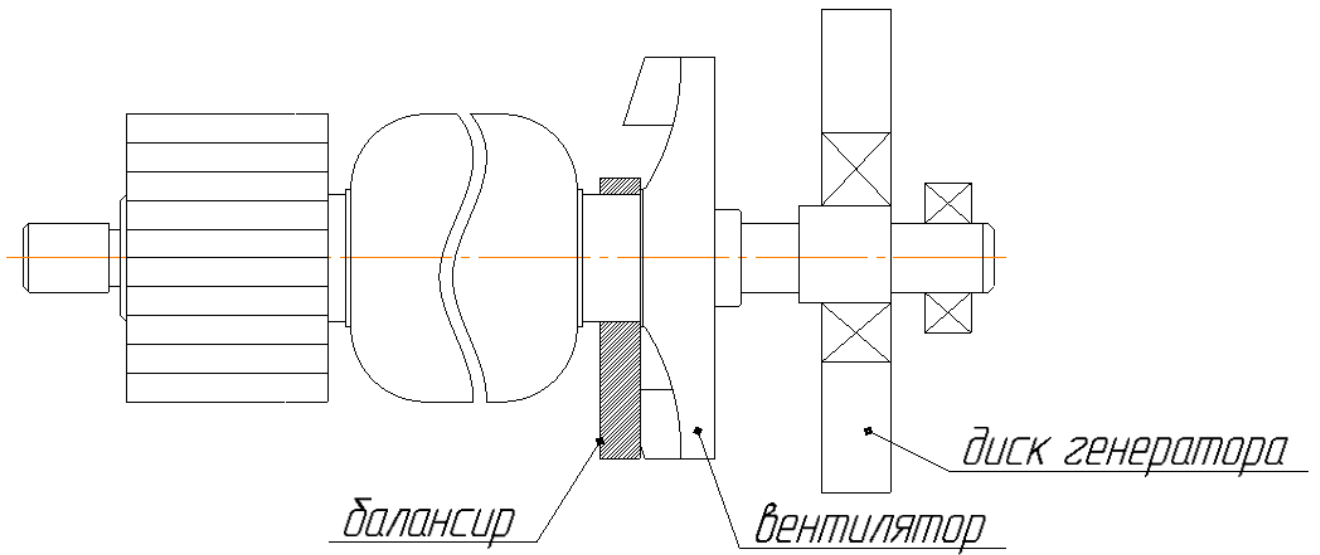
Got the radial run-out tolerance

$$e_6 = 0,04 \text{ mm}$$

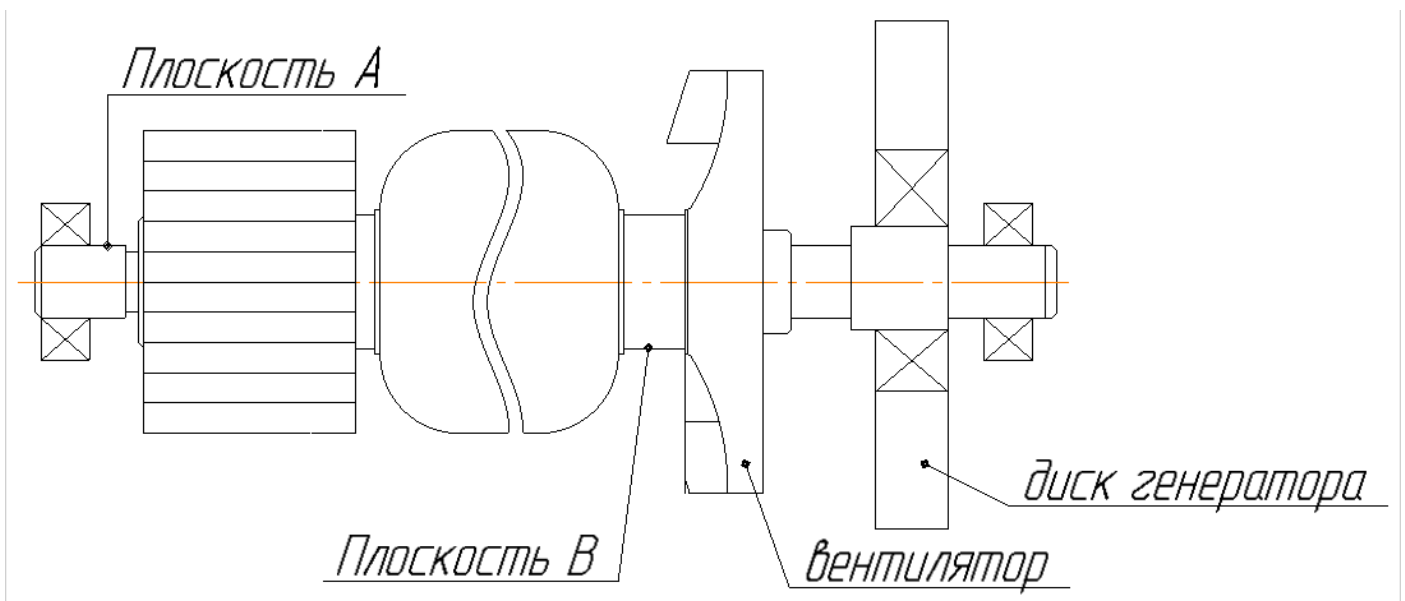
2. Calculating the imbalance of the armature of the motor with a wave generator disk, to design a balancer .

$$D_d = m \cdot e = 574 \times 0,655 = 375,97 \text{ g} \cdot \text{mm}$$

3. We designed the 2nd option for balancing. Option 1: added loads in one plane, this is a single balancing range; Option 2: added loads in the 2nd plane, this is the two balancing halves.



Pic.23 Calculation system for option 1



Pic.24 Calculation system for option 2

4. Design of the balancer

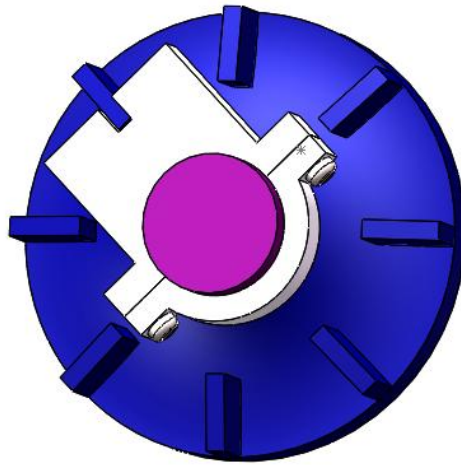
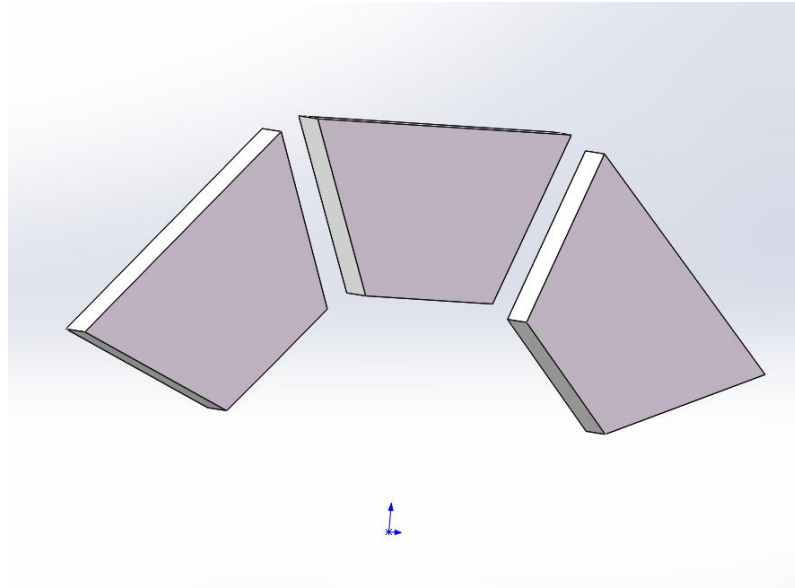


Рис. 25 Balancer



Pic.26 Balancer 1



Pic.27 Balancer 2

Mounted the balancer on the ventilator, set the balance 1 on the plane A, balance 2 on the ventilator.

5. Calculating the imbalance of the balancer

$$D_b = m \cdot e = 17.1 \cdot 15.3 = 261.63 \text{ g} \cdot \text{mm}$$

$$D_{b1} = m \cdot e = 21.3 \cdot 17.6 = 375.2 \text{ g} \cdot \text{mm}$$

$$D_{b2} = m \cdot e = 17.8 \cdot 21.5 = 380.70 \text{ g} \cdot \text{mm}$$

$$D_b \approx D_d$$

$$D_d \ll D_{b1} + D_{b2} \ll 2D_d$$

For option 1, the balancer imbalance is equal to the imbalance of the armature of the motor with a wave generator disk, it is possible to adjust the center of mass on the rotation shaft; For option 2, the amount of imbalance is in such a flow, this is enough balancing.

6. Calculation of the permissible residual imbalance according to GOST ISO 1940-1-2007 (Pic.16, Pic.17).

$$e_{per} = 1000 \cdot \frac{B_{per} \Omega}{\Omega} = 1000 \cdot \frac{10 B_{per} \Omega}{n} = 1000 \cdot \frac{6.3 \cdot 10}{15000} = 4.2 \text{ } \mu\text{m}$$

$$U_{per} = e_{per} \cdot m = 4.2 \cdot 10^{-3} \cdot 3550 = 14.7 \text{ g} \cdot \text{mm}$$

7. For option 2, must be divide the permissible residual imbalance in 2 planes:

$$U_{per}A = U_{per} \cdot \frac{K \cdot L}{(L - a) + R \cdot (L - a - b)}$$

$$U_{per}A = U_{per} \cdot \frac{K \cdot L}{(L - a) - R \cdot (L - a - b)}$$

$$U_{per}A = U_{per} \cdot \frac{(1 - K) \cdot L}{a + R \cdot (a + b)}$$

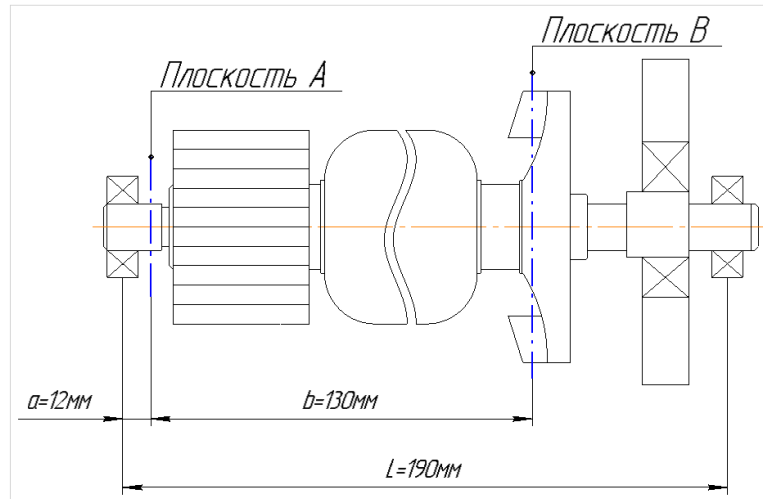
$$U_{per}A = U_{per} \cdot \frac{(1 - K) \cdot L}{a - R \cdot (a + b)}$$

$K = 0.5$ This is the ratio of the support force near the plane A to the force of gravity

$R = 1$ This ratio is the distance of the center of mass from the plane A to the distance of the center of mass from the plane B, if the imbalance of A and B is similar, then $R = 1$



Pic.28 Initial imbalance A and B



Pic. 29 Data for calculation

$$U_{perA} = |U_{perA}|_{min} = 6.2 \text{ g} \cdot \text{mm}$$

$$U_{perB} = R \cdot U_{perA} = 6.2 \text{ g} \cdot \text{mm}$$

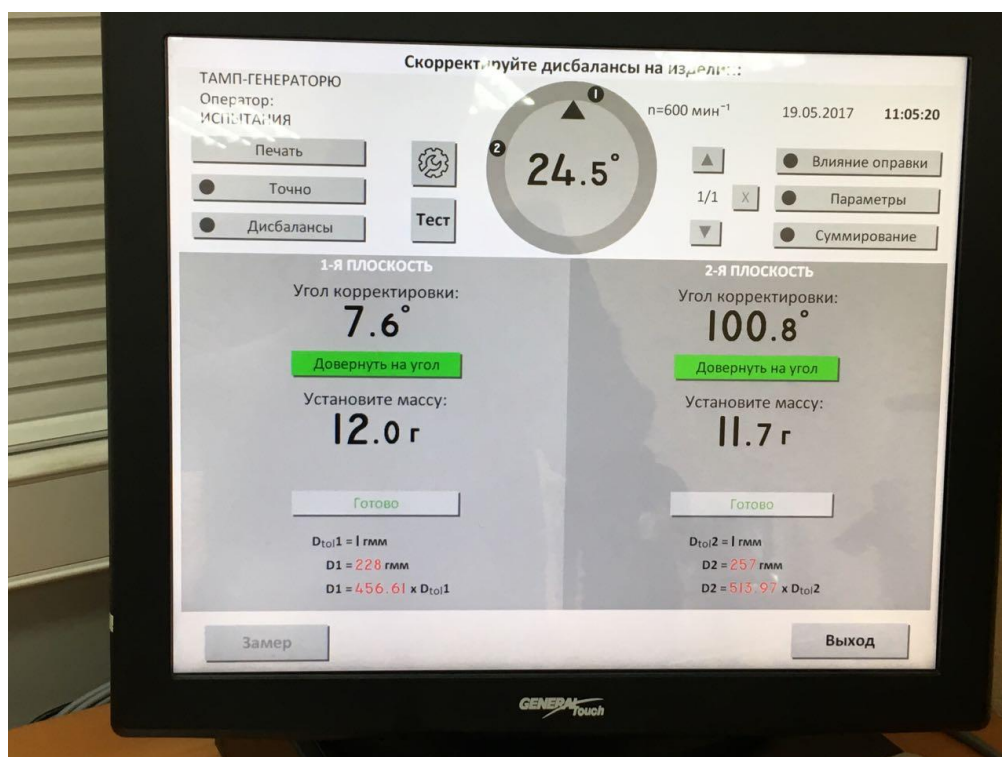
This is the permissible residual imbalance of the plane A and B

8. Install the armature of the motor with a wave generator disk with balancer on the balancing machine and start measuring.



Pic.30 Preparing the measurement

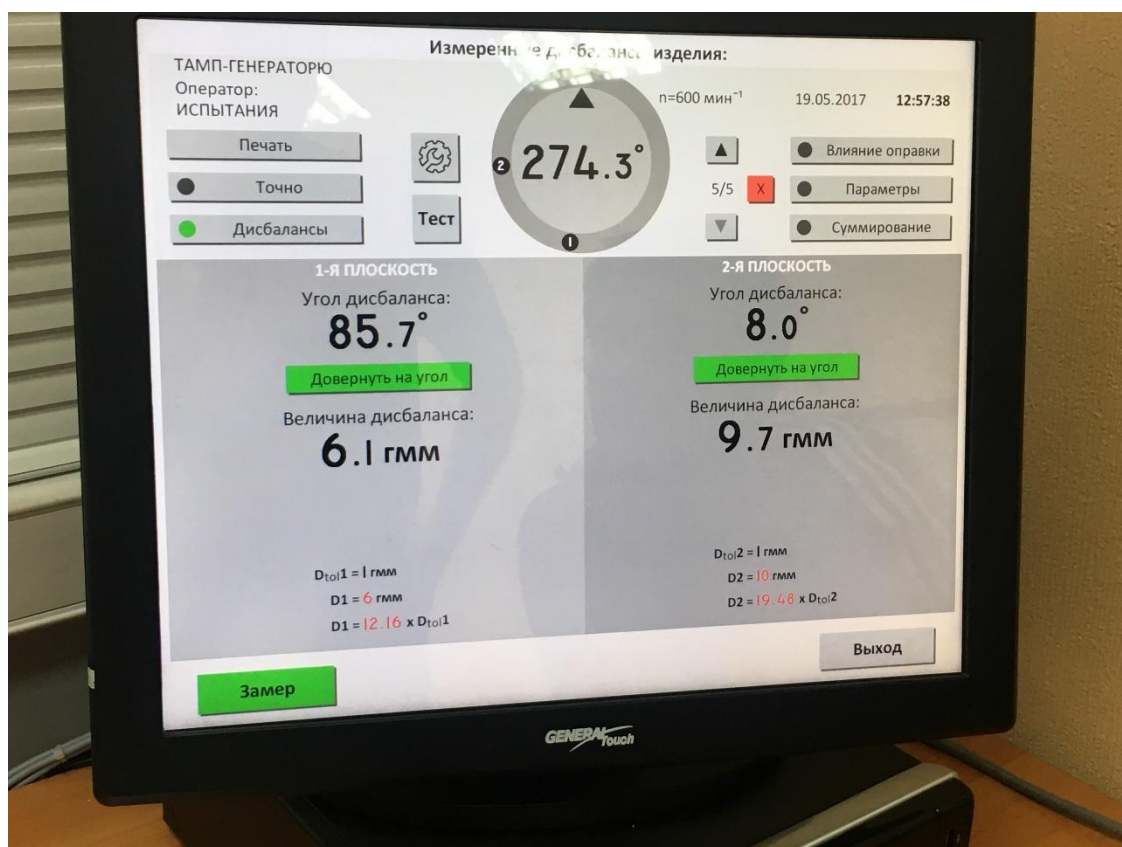
After regulation, and received the results



Pic. 32 Balancing results for option 1

Table. 7 Imbalance data for option 2

	Плоскость А			Плоскость В		
	Residual mass г	Imbalance г· мм	Phase °	R e	Imbalance г· мм	Phase °
1	0,3	8,3	32	0,2	8,4	275
2	1,1	21	73,6	0,6	21	190
3	1,1	20	68	0,5	17	186
4	0,3	6,2	16,8	0,7	23,5	245
5	0,1	4,8	353	0,3	13	268
6	0,1	2,3	5	0,5	16,7	264
7	0,19	16,5	68	0,5	18,2	194
8	0,3	6,1	85,7	0,2	9,7	8,0



Pic. 32 Balancing results for option 2

Imbalance of the plane is smaller than the permissible residual imbalance, we had obtained balancing the armature of the motor with a wave generator disk, and had obtained balancing of fast-rotating parts of the gear of manual machines