

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

Школа: ИШНПТ
 Направление подготовки: 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ): Материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование уровня вибрации привода ручной машины электробур
УДК: 534.647-047.37:622.24.054

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Слезко Андрей Сергеевич		

Руководитель ВКР

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

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова С.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.01	Арляпов А.Ю.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
P2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения
P3	Способность изучать и анализировать необходимую информацию, технические данные, показатели и результаты работы, систематизировать их и обобщать
P5	Способность получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, уметь применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа
Общекультурные компетенции	
P6	Способность выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства
P7	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, для приобретения новых знаний и умений.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Определение уровня вибрации привода ручной машины с волновой передачей с ПТК на различных частотах вращения якоря коллекторного электродвигателя
Перечень графического материала	1. Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point 16 слайдов)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Коротков Владимир Сергеевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Романова Светлана Владимировна
Исследовательский (на англ. яз.)	Ажель Юлия Петровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Приложение А	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.10.2018
---	------------

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Слезко Андрей Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 97 с., 22 рис., 20 табл., 11 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: вибрация, виброактивность, виброскорость, балансировка, ручная машина электробур, волновая передача, якорь электродвигателя, частота вращения.

Целью выпускной квалификационной работы является: определение уровня вибрации привода ручной машины с волновой передачей с ПТК на различных частотах вращения якоря коллекторного электродвигателя.

Постановка задач:

1. Установить влияние параметров вибрации на здоровье человека
2. Выбрать средства контроля уровня вибрации.
3. Модернизировать стенд для проведения натурных испытаний.
4. Определить уровни вибрации привода на различных частотах вращения якоря электродвигателя.

Объектом исследования является виброактивность привода ручной машины электробур и её влияние на человека.

Предметом исследования является уровень вибрации привода РМ электробур на различных частотах вращения двигателя.

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 19.502 – 78 Единая система программной документации. Описание применения. Требования к содержанию и оформлению.
3. ГОСТ 24346-80 ВИБРАЦИЯ. Термины и определения.
4. ГОСТ 24347-80 ВИБРАЦИЯ. Обозначения и единицы величин.
5. ГОСТ 12.1.012-78 Система стандартов безопасности труда. Вибрация. Общие требования безопасности.
6. СН 3041-84 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ	10
1.1 Литературный обзор	10
1.2 Объект и методы исследования.....	10
1.3 Теоретические основы вибрации.....	12
1.3.1 Анализ методов измерения вибрации.....	12
1.3.2 Виды вибродиагностического оборудования	14
1.3.3 Влияние вибрации на человека	26
1.4 Исследование уровня вибрации привода ручной машины электробур	31
1.4.1 Балансировка якоря коллекторного электродвигателя.....	31
1.4.2 Измерение уровня вибрации привода на стенде	35
Выводы и результаты.....	40
2 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	41
2.1 Маршрутная карта изготовления «переходного уголка»	41
2.2 Маршрутная карта изготовления «вентилятора»	42
3 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	46
3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	46
3.2 Профессиональная социальная безопасность	48
3.3 Экологическая безопасность.....	55
3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	55
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕССУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	60
4.1 Краткое описание выполненной работы	60
4.2 Организация и планирование работ	60
4.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта	67
4.4 Оценка экономической эффективности.....	71
Заключение	73
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	74
Приложение А	75
Приложение Б	87

ВВЕДЕНИЕ

Объект исследования: виброактивность привода ручной машины электробур и её влияние на человека.

Предмет исследования: уровень вибрации привода РМ электробур на различных частотах вращения двигателя.

Актуальность работы: Превышение допустимого уровня вибрации в различных машинах и механизмах приводит к снижению надежности и долговечности отдельных элементов в этих устройствах, а также отрицательно влияет на здоровье человека. Поэтому определение уровня вибрации новой машины при различных режимах ее работы позволяет прогнозировать работоспособность устройства в течении срока эксплуатации и давать рекомендации по длительности воздействия вибрации на организм оператора.

Цель: определение уровня вибрации привода ручной машины с волновой передачей с ПТК на различных частотах вращения якоря коллекторного электродвигателя.

Постановка задач:

1. Установить влияние параметров вибрации на здоровье человека
2. Выбрать средства контроля уровня вибрации.
3. Модернизировать стенд для проведения натурных испытаний.
4. Определить уровни вибрации привода на различных частотах вращения якоря электродвигателя.

Научная новизна: заключается в получении экспериментальных данных уровня вибрации привода ручной машины электробур на различных частотах вращения коллекторного двигателя и в определении ее влияния на здоровье человека.

Практическая ценность работы: заключается в выявлении допустимого для здоровья уровня вибрации привода и длительностью ее воздействия на организм.

В исследовательской части: произведен анализ методов вибрации,

рассмотрены различные виды вибродиагностического оборудования и вибропреобразователей, описаны различные виды вибрации, источники их возникновения и её влияние на человека.

В части социальной ответственности: рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, произведён анализ возможных опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды, также рассмотрен вопрос экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

В части экономический раздел: произведено планирование и организация работ, рассчитана смета затрат на выполнение исследования, произведен предполагаемый бюджет исследования.

1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Литературный обзор

Основоположниками теории колебаний являются: Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. В [1] работе описываются основы теории колебаний. И на большом количестве примеров, взятых из наблюдения над колебаниями машин и различных конструкций, показано её применение к решению практических задач.

Вопросами вибродиагностики посвящена работа В.В. Петрухина и С.В. Петрухина. В работе [2] приведены теоретические основы вибродиагностики. Рассмотрены различные виды вибродиагностического и шумоизмерительного оборудования. Изложены современные методы измерения вибрации и приведена их классификация. Проанализировано текущее состояние рынка отечественных виброизмерительных приборов. Изложены основные методы вибродигностики, оценки технического состояния машин, приведены примеры неисправностей машин и оборудования, и методы их обнаружения.

Изучением воздействия вибрации на здоровье человека занимался Ф.М. Диментберг. В [3] рассматриваются типичные случаи передачи вибрации телу человека. Помимо этого рассмотрены характерные особенности вредного влияния вибрации, симптомы, вызванные нарушением физиологического и функционального состояния человека.

В [4] рассматриваются вопросы защиты производственного персонала от вибрационного воздействия. Рассмотрены методы по использованию средств виброизоляции и вибропоглощения для инженеров, рабочих занимающихся монтажом и эксплуатацией оборудования, руководителей цехов и служб.

1.2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является: виброактивность привода ручной машины электробур и её влияние на человека.

Методы исследования использованные в работе:

1. Методы теоретического исследования:

- анализ научной и учебно-методической литературы;
- систематизация и обобщение результатов исследования;
- сравнение;
- аналогия;
- моделирование;
- проектирование.

2. Методы эмпирического исследования:

- наблюдение;
- эксперимент;
- статическая обработка экспериментальных данных;
- графическая и табличная интерпретация результатов эксперимента;
- описание;
- измерение.

1.3 Теоретические основы вибрации

1.3.1 Анализ методов измерения вибрации

Выделяют два основных метода измерения вибрации: кинематический и динамический.

Суть кинематического метода состоит в том, что относительно неподвижной системы координат измеряются координаты точек объекта. Измерительные преобразователи, основанные на этом методе измерения, называют преобразователями относительной вибрации.

Динамический метод основан на том, что параметры вибрации измеряют относительно искусственной неподвижной системы отсчета, большинстве случаев инерционного элемента, связанного с объектом через упругий подвес. Такие приборы называют преобразователями абсолютной вибрации.

Измерительные преобразователи вибрации основаны на различных физических принципах преобразования механических колебаний в электрический сигнал (табл.1) [6].

Таблица 1 – Типы измерительных преобразователей

	Преобразователи абсолютной вибрации	Бесконтактные измерители относительной вибрации
Генераторные	Пьезоэлектрические	Магнитные
	Индукционные	Радиоволновые
	На основе эффекта Холла	Электромагнитные
Параметрические	Резисторные	Электромагнитные
	Пьезорезисторные	Акустические
	Индуктивные	Радационные
	Трансформаторные	Оптические
	Магнитоупругие	

продолжение таблицы 1

	Преобразователи абсолютной вибрации	Бесконтактные измерители относительной вибрации
Параметрические	Емкостные	
	Импедансные	
	Вибрационно-частотные	
	Электронно-механические	

В бесконтактных измерителях реализуют кинематический метод измерения параметров относительной вибрации на основе использования оптических радиоволновых и др. электромагнитных полей.

Измерение параметров вибрации, основанное на измерении частоты излучения оптического квантового генератора, отраженного от объекта, проводят измерительными устройствами, действие которых основано на использовании эффекта Доплера.

Преобразователи значений вибрации в электрический сигнал делят на *два класса*: генераторные, преобразующие энергию механических колебаний в электрическую; параметрические, преобразующие механические колебания в изменение параметров электрических цепей, например, индуктивности, емкости, активного сопротивления, частоты или сдвига фаз и т.д.

Пьезоэлектрические преобразователи применяют для измерения параметров абсолютных колебаний не вращающихся частей механизмов.

Пьезоэлектрические преобразователи имеют ряд преимуществ:

- высокие метрологические свойства
- широкий амплитудный и частотный диапазон
- высокой надежностью
- относительно низкая стоимость.

Они позволяют проводить измерения с высокой точностью в диапазоне низких частот и относительно больших амплитуд вибрации, но вследствие

своей высокой инерционности, приводящей к искажению формы сигнала, делает невозможным измерение вибраций высокой частоты и малой амплитуды. Кроме того, если масса исследуемого объекта, а, следовательно, и его инерционность не велика, то такой датчик может существенно влиять на характер вибрации, что вносит дополнительную ошибку в измерения.

Основными их недостатками являются:

- высокое выходное сопротивление
- низкая помехозащищенность.

Электродинамические преобразователи применяют для измерения параметров вибрации в частотном диапазоне измерения от 1 Гц–2 кГц.

Электродинамический преобразователь содержит магнитную систему, в зазоре которой расположена катушка с проводом. Обычно магнитная система закреплена на основании, а катушка жестко соединена с сейсмической массой.

Чаще всего, в современном вибродиагностическом оборудовании используются датчики вибрации с пьезоэлектрическими преобразователями, ниже будет рассмотрено оборудование, работающее с данным видом преобразователей [6].

1.3.2 Виды вибродиагностического оборудования

1.3.2.1 Анализатор вибрации ВАСТ СД-12М



Рисунок 1 – Виброанализатор СД-12М

Это цифровой анализатор спектров и сборщик данных с расширенными возможностями и полным комплектом вибрационных измерений, сертифицированный по целому ряду стандартов ГОСТ и ИСО.

СД-12М сочетает в себе современные технологии цифровой обработки сигналов, обеспечивающие исключительную

надежность и точность измерений, с простотой и удобством пользовательского интерфейса [2,7].

Таблица 2 – Технические характеристики анализатора вибрации СД-12М

Типы преобразователей	акселерометр, токоизмерительные клещи, датчики оборотов, микрофон
Частотный диапазон:	0,5-25600 Гц
Параметры вибрации	
Измеряемые величины:	Виброускорение, виброскорость, виброперемещение, пик-фактор
Детектор	СКЗ, пик, пик-пик (размах)
Полосы для измерения вибрации:	2..200, 3..300, 5..500, 10..5000, 5000..10000, 10000..25000 Гц
Диапазоны измерения	
виброускорение	от 0,02 до 1000 м/с ²
виброскорость	от 0,01 до 1000 мм/с
виброперемещение	от 0,1 до 10000 мкм
Спектральный анализ	
Граничные частоты	25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800, 25600 Гц
Частотное разрешение	400, 800, 1600 полос
Число усредняемых спектров	1-256
Детектор огибающей с полосовыми фильтрами	
1/3 октавные:	800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000, 6400, 8000, 10000, 12800, 16000, 20000 Гц
1/1 октавные:	8000, 16000 Гц
Измерение амплитуды и фазы для балансировки	
Диапазон частот вращения	0,5-1700 Гц
Единицы измерения амплитуды	дБ, g, м/с ² , мм/с, мкм (СКЗ, Пик, Пик-Пик)
Амплитудно-фазочастотные характеристики при разгоне-выбеге	
Диапазон частот вращения	от 0.5 до 1700 Гц
Диапазон частот	от 0.5 Гц до 10-й гармоники частоты вращения
Количество отсчетов	до 200 по двум гармоникам
Измеряются параметры на	1-6 гармониках частоты вращения

1.3.2.2 Анализатор вибрации КВАРЦ-2 от компании ДИАМЕХ

Анализатор вибрации КВАРЦ имеет максимальный набор функций и возможностей реализованных в современной виброизмерительной аппаратуре. Использование прибора совместно с программным обеспечением ДИАМАНТ-2



позволяет решать практически все задачи вибрационной диагностики [2].

Виброизмерительный прибор используется в качестве автономного анализатора вибрации. Для этого в нем предусмотрена аккумуляторная батарея длительной работы который составляет до 8 часов.

Рисунок 2 – Анализатор вибрации КВАРЦ 2

Также виброанализатор имеет 8 gb энергонезависимой памяти в

которую записываются все измерения и данные анализа.

Для детальной диагностики подшипников и зубчатых передач в виброанализаторе КВАРЦ возможно использование замеров пик-фактора и спектра огибающей.

Для оценки уровня вибрации низкооборотных машин, анализатор вибрации КВАРЦ может поставляться в комплекте с низкочастотными вибродатчиками РА-057 (с частотой от 0 до 300 Гц).

Измерение фазы первой оборотной частоты дает возможность пользователям виброанализатора КВАРЦ осуществлять балансировку ротора в собственных подшипниках. При этом балансировочная программа позволяет использовать до 16 точек измерения в 16 плоскостях коррекции [2].

Таблица 3 – Технические характеристики анализатора вибрации КВАРЦ 2

Диапазон измерения:	2 - 40000 Гц (от 0,5 Гц - низкочастотная версия прибора)
Измерительные каналы:	2 канала вибрации (синхронные, аналоговые) 1 канал тахометра 1 канал пирометра
Аудиоканал:	1 (запись голосовых комментариев)
Тип используемых преобразователей:	Акселерометры, велосиметры, проксиметры, токовые клещи (с внешним источником питания)
Вибрационные параметры	
Измеряемые величины:	Виброперемещение, виброускорение, виброскорость.
Функции обработки:	• Общий уровень • Форма сигнала • Дамп временного сигнала • Разгон / Выбег • Амплитуда / Фаза • Пик-фактор • Эксцесс • Орбита • Спектр огибающей • Спектр собственных частот • Спектр 1/3 октавный
Представление величин:	Пик, СКЗ, размах
Усреднения:	Линейные, пиковые, экспоненциальные, без усреднений
Полосы измерения вибрации:	Стандартные: виброперемещение 10 - 200 Гц виброскорость 10 - 1000 Гц виброускорение 100 - 10000 Гц Произвольные: 2 - 40000 Гц, устанавливаемые пользователем
Графическое представление результатов измерения:	2D, полярное

продолжение таблицы 3

Спектральный анализ	
Разрешение спектрального анализа:	100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400, 12800, 25600 линий
Окна:	Ханнинга, прямоугольное
Полосовой фильтр детектора огибающей:	1/3 октавный
Центральные частоты полосового фильтра:	Произвольные
Измерение амплитуды и фазы	
Диапазон измерения скорости вращения:	30 - 180000 об/мин
Представление оборотной частоты:	об/мин
Точность измерения фазы:	2 градуса
Измерение температуры	
Датчик температуры:	Встроенный инфракрасный пирометр, интегральный, с лазерным указателем
Диапазон измеряемых температур:	-50...+300 °C
Параметры отражающей поверхности:	Настраиваемые
Расстояние до измеряемой поверхности:	до 1 м

1.3.2.3 Анализатор вибрации АГАТ-М

АГАТ-М — это современный двухканальный анализатор параметров вибрации, а также лучший в своем классе прибор для проведения 2-х плоскостной динамической балансировки вращающегося оборудования в собственных опорах [2].

В анализаторе вибрации АГАТ-М представлено большинство основных функций современного вибрационного анализа: замеры общего уровня вибрации, амплитуды/фазы, прямых и гармонических спектров, а также формы сигнала.

Для детальной диагностики подшипников и зубчатых передач возможно использование замеров пик-фактора и спектра огибающей. Помимо всего



Рисунок 3 – Виброанализатор АГАТ-М

прочего в виброанализаторе имеется специализированная функция экспресс-диагностики подшипниковых узлов.

Для определения собственных частот и резонансов в приборе реализована функция разгона/выбега и замер спектра собственных частот [6].

Таблица 4 – Технические характеристики виброанализатора АГАТ-М

Диапазон измерений, Гц	2-10000
Количество каналов для измерения вибрации	2
Тип используемых датчиков вибрации	
Вибродиагностические датчики	пьезоэлектрические ICP
Функции обработки	
Общий уровень, пик-фактор, амплитуда/фаза, спектр, форма сигнала, спектры огибающей сигнала, одно и двухканальные выбег и временные характеристики	

продолжение таблицы 4

Основные режимы работы	
Экспресс диагностика подшипников Балансировочный прибор - до 2 плоскостей коррекции, до 4 измерительных точек	
Усреднения	Линейные, без усреднений
Количество линий спектра:	100, 200, 400, 800
Длина выборки сигналов:	256, 512, 1024, 2048
Число точек на характеристике:	100

1.3.2.4 Виды вибропреобразователей

На данный момент отечественной промышленностью производится большое количество различных типов вибропреобразователей. Все они отличаются чувствительностью (диапазоном измерения), массогабаритными показателями, способами закрепления датчиков вибрации, условиями работы и т.д. Среди всех этих датчиков имеется достаточно схожих друг другу по аналогичным характеристикам, которые выпускаются разными предприятиями. Ниже приведены датчики (табл.5) наиболее известных отечественных производителей. Одним из таких производителей является компания ЗАО «ЗЭТ», Данная компания является одним из лидеров по выпуску высокоточного измерительного оборудования, в том числе и вибропреобразователей, среди которых около десяти различных датчиков общего назначения.

Функции датчиков общего назначения: измерение виброускорения с использованием портативных либо стационарных вибродиагностических систем. Технические характеристики приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Датчики общего назначения ЗАО «ЗЭТ»

 AP37	-осевая чувствительность: 10 <u>пКл/г</u>; -масса: 9 г (титановый сплав)/12 г (нержавеющая сталь); -рабочий температурный диапазон: -60...+150°C; -зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений.
 AP39	-осевая чувствительность: 10 <u>пКл/г</u>; -масса: 9 г (титановый сплав)/12 г (нержавеющая сталь); -рабочий температурный диапазон: -60...+150°C; -зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений.
 AP40	-осевая чувствительность: 20 <u>пКл/г</u>; -масса: 12 г (титановый сплав)/14 г (нержавеющая сталь); -рабочий температурный диапазон: -60...+150°C; -зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений.
 AP57	-осевая чувствительность: 80 <u>пКл/г</u>; -масса: 32 г (титановый сплав)/40 г (нержавеющая сталь); -рабочий температурный диапазон: -60...+150°C; -зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений.
 AP77	-осевая чувствительность: 20 <u>пКл/г</u>; -масса: 10 г (титановый сплав)/12 г (нержавеющая сталь); -рабочий температурный диапазон: -60...+150°C;
 AP90	-осевая чувствительность: 20 <u>пКл/г</u>; -масса: 42 г (титановый сплав); -рабочий температурный диапазон: -60...+150°C;
 AP95	-осевая чувствительность: 3 <u>пКл/г</u>; -масса: 2 г (титановый сплав); -рабочий температурный диапазон: -70...+250°C;

продолжение таблицы 5

 AP96	-осевая чувствительность: 10 пКл/г; -масса: 11 г (титановый сплав); -рабочий температурный диапазон: -70...+250°C;
 AP97	-осевая чувствительность: 10 пКл/г; -масса: 11 г (титановый сплав); -рабочий температурный диапазон: -70...+250°C;

Также компания ЗАО «ЗЭТ» занимается выпуском трехкомпонентных вибропреобразователей. Особенность их заключается в том, что возможно проводить измерение одновременно в трех взаимноперпендикулярных составляющих виброускорения, с использованием портативных или стационарных систем вибродиагностики. [9].

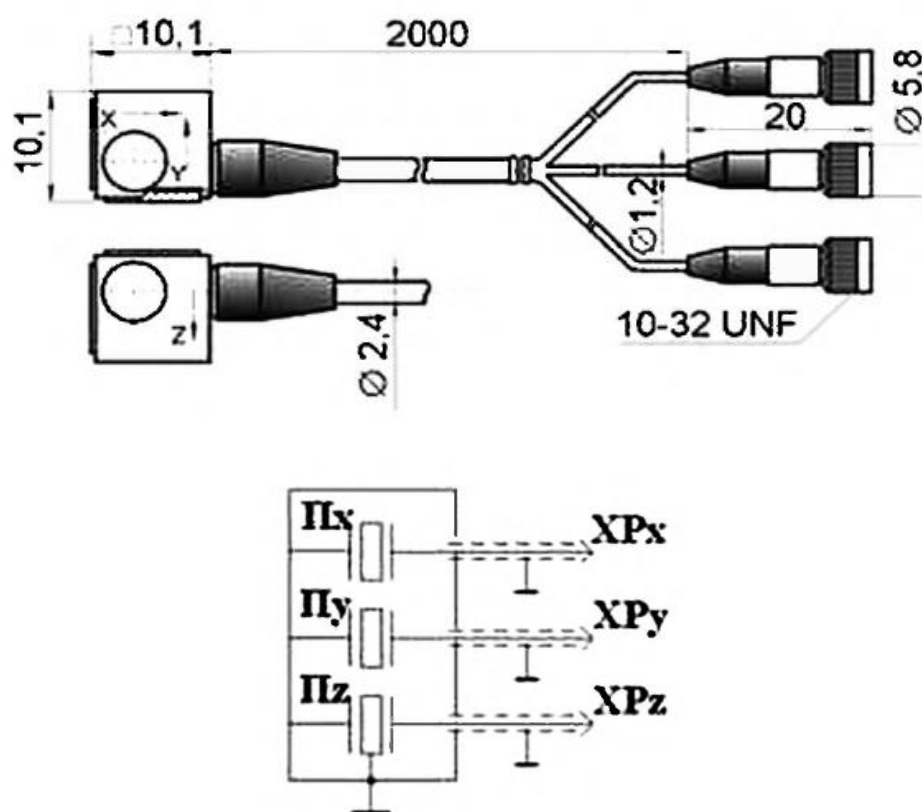


Рисунок 4 – Общий вид и электрическая схема датчика AP20

Таблица 6 – Трехкомпонентные вибропреобразователи

 AP20	осевая чувствительность: 2 пКл/г; относительная поперечная чувствительность: < 5%; амплитудный диапазон: ± 5000 г; максимальный удар (пиковое значение): ± 10000 г; частотный диапазон (неравномерность ± 1 дБ): 0,5...18000 Гц; собственная частота в закреплённом состоянии: > 50 кГц; деформационная чувствительность: < 0,005 г х м/мкм; электрическая ёмкость: 600...900 пФ; сопротивление изоляции в нормальных условиях: > 10000 Мом; масса (без кабеля): 5 г (титановый сплав)/ 8 г (нержавеющая сталь); рабочий температурный диапазон: -60...+150°C;
 AP21	осевая чувствительность: 2 пКл/г; относительная поперечная чувствительность: < 5%; амплитудный диапазон: ± 10000 г; максимальный удар (пиковое значение): ± 20000 г; частотный диапазон (неравномерность ± 1 дБ): 0,5...20000 Гц; собственная частота в закреплённом состоянии: > 55 кГц; деформационная чувствительность: < 0,005 г х м/мкм; электрическая ёмкость: 600...900 пФ; сопротивление изоляции в нормальных условиях: > 10000 Мом; масса (без кабеля): 5 г (титановый сплав)/ 8 г (нержавеющая сталь); рабочий температурный диапазон: -60...+150°C;
 AP22	осевая чувствительность: 1 пКл/г; относительная поперечная чувствительность: < 5%; амплитудный диапазон: ± 25000 г; максимальный удар (пиковое значение): ± 50000 г; частотный диапазон (неравномерность ± 1 дБ): 0,5...22000 Гц; собственная частота в закреплённом состоянии: > 80 кГц; деформационная чувствительность: < 0,005 г х м/мкм; электрическая ёмкость: 500...700 пФ;

Помимо компании ЗАО «ЗЭТ» выпуском различных видов вибропреобразователей, а также аксессуаров к ним занимается фирма «ДИАМЕХ».

Таблица 7 – Датчики вибрации и аксессуары для виброанализаторов фирмы «Диамех 2000»

РА-023 Особенности: • имеет высокую чувствительность • помехозащищённость • линейность характеристик в диапазоне 5...5000 Гц • температурный диапазон -10...+60°C	
М/АС102-1А Особенности: • имеет высокую чувствительность • линейность характеристик в диапазоне 0,5...15000 Гц • встроенный предусилитель сигнала • температурный диапазон -50...+121°C • измерение ускорения: от 0 до 500 м/с²	
МВ-035 Особенности: • имеет высокую чувствительность • диапазон измерения вибрации: 5...12000 Гц • температурный диапазон -60...+260 °C • внешний предусилитель сигнала	

РА-031 Особенности: • диапазон измерения вибрации: 5...10000 Гц • температурный диапазон -60...+260 °С • внешний предусилитель сигнала	
РА-057 Особенности: • низкочастотный датчик • диапазон измерения вибрации: 0...300 Гц • температурный диапазон -10...+60 °С • встроенный предусилитель сигнала	
Высокотемпературный магнит для крепления датчиков к металлическим поверхностям.	
Щуп для различных датчиков вибрации с наконечником. Наконечник изготовлен из особо твердого металла.	

Преобразователь числа оборотов КР-020Л

Принцип действия преобразователя числа оборотов ротора КР-020Л основан на фиксации сигнала лазерного излучателя, отраженного от установленной на роторе светоотражающей метки, и формировании последовательности прямоугольных импульсов, частота следования которых равна частоте вращения ротора.



Рисунок 5 – Преобразователь числа оборотов лазерный КР-020Л

1.3.3 Влияние вибрации на человека

1.3.3.1 Виды вибрации и её влияние на человека

По характеру влияния вибрации на человека различают два типа вибрации: общая и локальная. *Общая вибрация* с учетом свойств источника ее возникновения подразделяется на:

- *транспортную* (для транспортных рабочих, водителей и т.д.);
- *транспортно–технологическую* (для операторов прокатных станов, сборочных конвейеров и т.д.);
- *технологическую*, которая возникает при работе стационарного технологического оборудования и передается на рабочие места, не имеющие источников вибрации (сюда можно отнести категорию лиц, занимающихся умственным трудом) [2].

При *локальной вибрации* происходит сотрясение кистей рук, отдельных частей тела, например, при работе с ручным механизированным инструментом (бурильщики, сверловщики, а также кузнецы и т.д.).

Влияние вибрации на человека зависит от её спектрального состава, направления, места подключения, продолжительности воздействия. Детальная классификация вредного влияния вибрации приведена на схеме (рис.6.).[3,5]

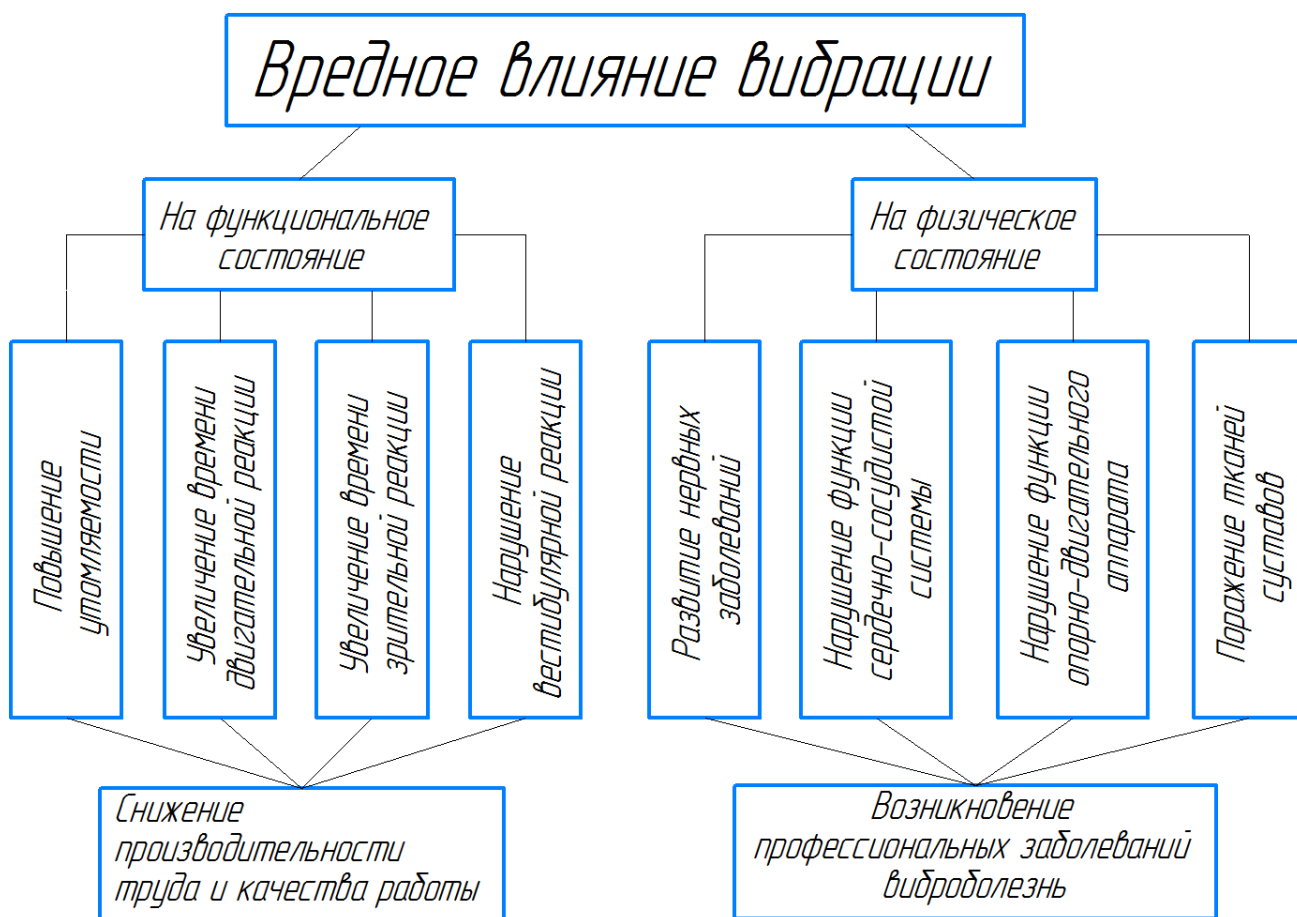


Рисунок 6 – Классификация вредного влияния вибрации на человека

Тело человека, рассматриваемое как вязкоупругая механическая система, обладает собственными частотами с достаточно выраженными резонансными свойствами. Резонансные частоты тела человека:

- глаза 12 – 27 Гц;
- грудная клетка 2 – 12 Гц;
- ноги и руки 2 – 8 Гц;
- голова 8 – 27 Гц;
- позвоночник 4 – 14 Гц.

Влияние вибрации при различных частотах и амплитудах колебаний вибраций, описано в таблице 8[5].

Таблица 8 – Влияние вибрации на организм человека

Амплитуда колебаний вибраций, мм	Частота вибрации, Гц	Результат воздействия
До 0,015	Различная	Не влияет на организм
0,016-0,050	40-50	Нервное возбуждение с депрессией
0,051-0,100	40-50	Изменение в центральной нервной системе, сердце и органах слуха
0,101-0,300	50-150	Возможное заболевание
0,101-0,300	150-250	Вызывает виброболезнь

При значительных уровнях вибрации в диапазоне частот 4 – 10 Гц человек может испытывать болевые ощущения и дискомфорт вследствие резонансных колебаний системы «грудь-живот». Резонансы головы вызывают снижение остроты зрения вследствие смещения изображения объекта относительно сетчатки глаза, а также вызывают возрастание ошибок оператора.

Особо опасны вибрации с частотой, совпадающей с собственной частотой внутренних органов человеческого организма – 6 – 9 Гц, могут вызывать механическое повреждение или даже разрыв этих органов.

Систематическое воздействие общей вибрации с высоким уровнем виброскорости может стать причиной профессионального заболевания – *вибрационной болезни (виброболезни)*. Её проявления – головные боли, головокружение, нарушение сна, плохое самочувствие, пониженная работоспособность. Виброболезнь лечится медленно и лишь на ранних стадиях. Появление необратимых изменений в организме приводит к инвалидности [3,5].

Вероятность отсутствия виброболезни при различном стаже работы на виброопасном производстве представлена на рис.7.

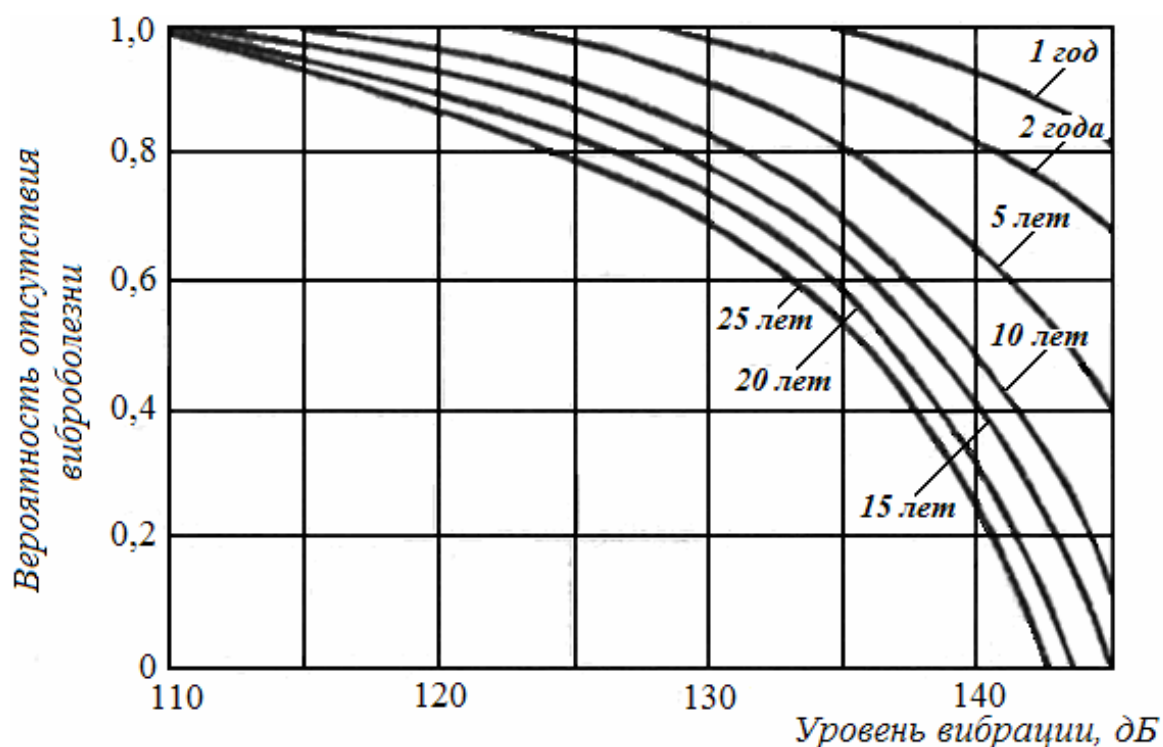


Рисунок 7 – Вероятность отсутствия вибрационной болезни при различном стаже работы на виброопасном производстве

1.3.3.2 Нормирование вибраций

Для исключения возможности возникновения вибрационной болезни введено гигиеническое и техническое нормирование вибраций. Нормируются параметры вибрации в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.012 – 90 «ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности», выписка из которого представлена в таблице 9 [5].

Общая вибрация с частотой менее 1 Гц нормируется по величине смещения x в зависимости от значения основной частоты колебаний.

Указанные нормативы соответствуют непрерывному воздействию вибрации в течение рабочего дня [11].

Для предотвращения развития вибрационной болезни для работников подвергающихся локальной вибрации регламентируется режим труда: снижение продолжительности рабочей смены, перерывы, отдых.

Таблица 9 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Направления, по которым нормируется вибрация	Средние квадратичные значения виброскорости, м/с · 10 ⁻²						
		Логарифмические уровни виброскорости, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц						
Общая вибрация Транспортная	Вертикальная (по оси Z)	1	2	4	8	16	31,5	63
		$\frac{20}{132}$	$\frac{7.1}{123}$	$\frac{2.5}{114}$	$\frac{1.3}{108}$	$\frac{1.1}{107}$	$\frac{1.1}{107}$	$\frac{1.1}{107}$
	Горизонтальная (по осям X и Y)	$\frac{6.3}{122}$	$\frac{3.5}{117}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$
Транспортно- технологическая	Вертикальная (по оси Z) или горизонтальная (по осям X и Y)		$\frac{3.5}{117}$	$\frac{1.3}{108}$	$\frac{0.63}{102}$	$\frac{0.56}{101}$	$\frac{0.56}{101}$	$\frac{0.56}{101}$
В заводоуправлени- ях, конструкторских бюро, лабораториях, уч. пунктах, вычис- лительных центрах, конторских помеще- ниях, рабочих ком- натах и др. помеще- ниях для работников умственного труда	Вертикальная (по оси Z) или горизонтальная (по осям X и Y)		$\frac{0.18}{91}$	$\frac{0.063}{82}$	$\frac{0.032}{76}$	$\frac{0.028}{75}$	$\frac{0.028}{75}$	$\frac{0.028}{75}$

1.4 Исследование уровня вибрации привода ручной машины электробур

1.4.1 Балансировка якоря коллекторного электродвигателя

Исследованием неуравновешенности генератора волн передачи с промежуточными телами качения в своей магистерской диссертации занимался студент Томского Политехнического Университета Ван Юнчжен.

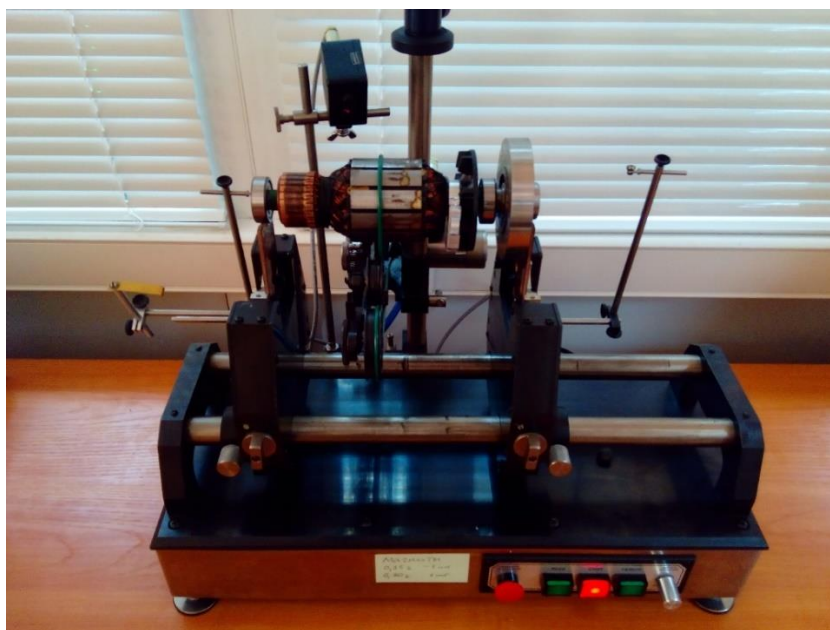


Рисунок 8 – Балансировка якоря электродвигателя с пластиковым вентилятором

Балансировка якоря электродвигателя происходила в двух плоскостях коррекции (рис.9), в «плоскости А» слева был установлен балансир, представляющий собой кольцо с тремя винтами (рис. 10), «в плоскости Б» - 3 металлических балансира прикручиваются к пластиковому вентилятору (рис. 11).

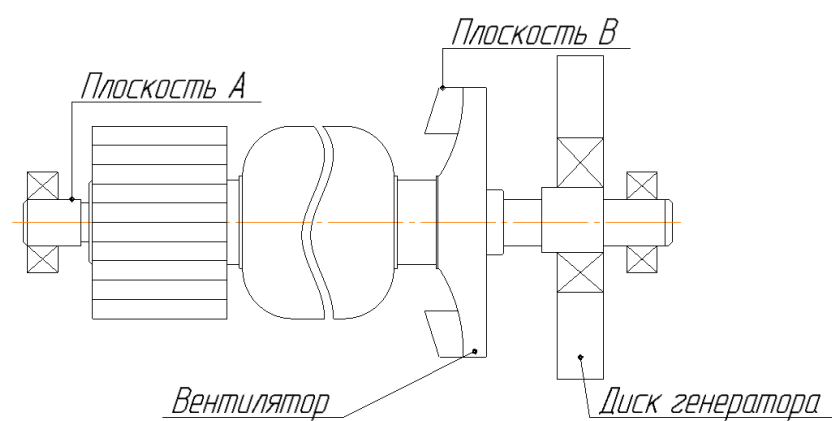


Рисунок 9 – Плоскости балансировки якоря электродвигателя



Рисунок 10 – Балансир 1 (Плоскость А)

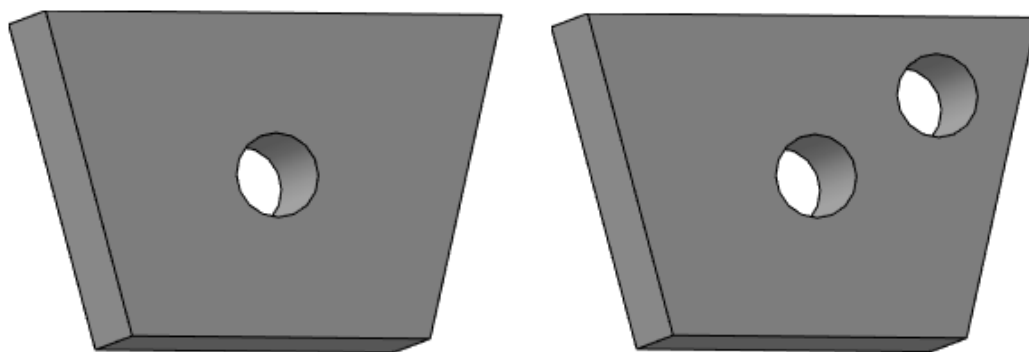


Рисунок 11 – Балансир 2 (Плоскость Б)

В дальнейшем, в ходе нагрузочных испытаний привода ручной машины электробур, балансировочный груз закрепленный на пластиковом вентиляторе, под воздействием вибрации провернулся относительно оси крепления, тем самым произошел контакт ребер балансира с лопастями вентилятора, в следствии чего пластиковый вентилятор треснул.



Рисунок 12 – Плавное изменение числа оборотов двигателя

После ремонта вентилятора, было принято решение изменить конструкцию балансира (рис.11) и закрепить его вторым винтом. Но впоследствии из-за нарушения баланса вентилятора, при постепенном повышении оборотов якоря электродвигателя на стенде (рис.12), на 12000 об/мин произошло его полное разрушение (рис.13).



Рисунок 13 – Разрушенный вентилятор

После этого, было принято решение изменить конструкцию в целях увеличения надежности и изготовить металлический вентилятор охлаждения коллекторного двигателя. Затем была проведена повторная балансировка (рис.14). Для лучшей балансировки, помимо балансиров, описанных выше, для максимального уменьшения уровня дисбаланса использовались шайбы и винты (рис.14).



Рисунок 14 – Отбалансированный якорь электродвигателя

Для балансировки якоря электродвигателя использовался балансировочный станок ВМ-010 от компании Дdiamex. Якорь электродвигателя помещается на двух опорах станда, затем устанавливается ремень, приводящий его в движение. Для определения частоты вращения используется преобразователь числа оборотов КР-020Л.

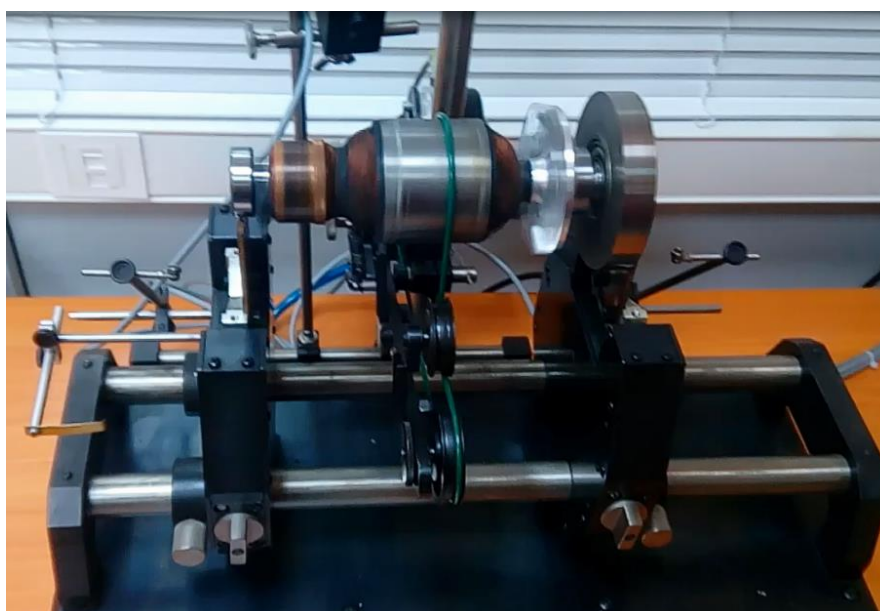


Рисунок 15 – Балансировка якоря электродвигателя с металлическим вентилятором

После устранения причин дисбаланса и проведения балансировки якоря электродвигателя, величина дисбаланса в первой плоскости составляет 0,7 гмм/кг, во второй 0,8 гмм/кг.

На следующем этапе, после сборки РМ, произведен замер уровня вибрации привода.

1.4.2 Измерение уровня вибрации на стенде

Измерение вибрации привода РМ электробур проводились совместно с измерением крутящего момента. Для этого, на один из стендов, разработанных Томским заводом ООО «Сибмаш», установили привод с помощью заранее изготовленной переходной плиты.

Привод, через кулачковую муфту, вращает ступицу совместно с тормозным диском, нагружение привода происходит путем подачи тормозной жидкости в цилиндры суппорта, а те в свою очередь начинают прижимать колодки к тормозному диску. Таким образом, можно сказать, что работа привода РМ в некотором роде приближена к реальным условиям (например, бурение почвы либо льда).



Рисунок 16 – «Стенд нагрузочный СИ.111.00.00.000»

Чертежи и спецификация нагрузочного стенда представлены в приложении.

Для определения виброскорости использовался анализатор вибрации «Диамех 2000 Агат-М» (Рис.18.), а для определения частоты вращения выходного вала «Преобразователь числа оборотов лазерный КР-020л» (Рис.17.), для этого в переходной плите предусмотрено технологическое отверстие, чтобы лазерный луч смог считывать частоту вращения выходного вала привода РМ.

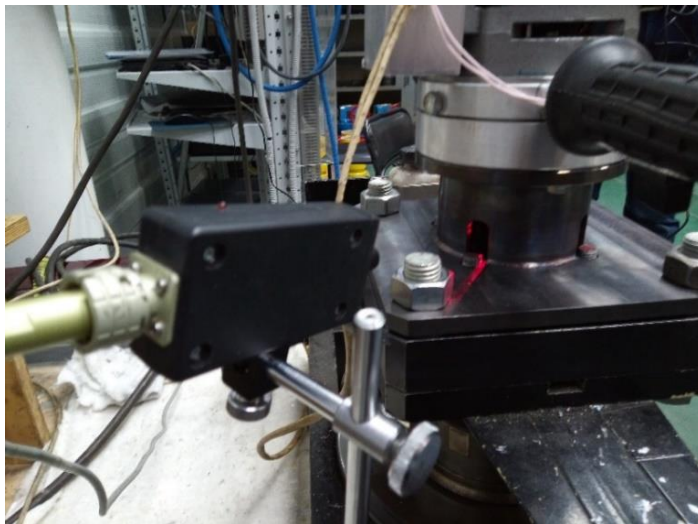


Рисунок 17 – «Преобразователь числа оборотов лазерный КР-020л»

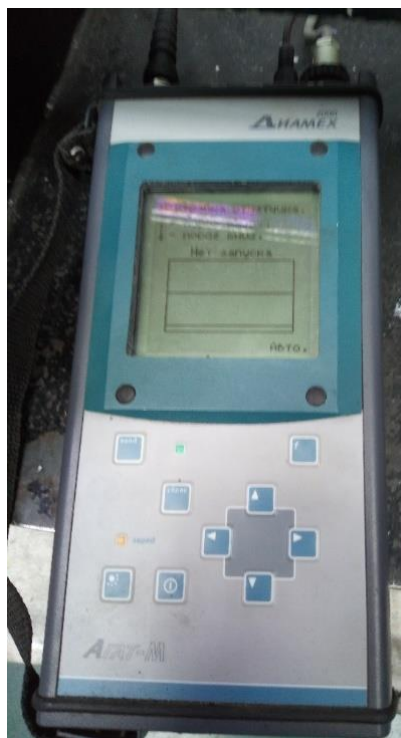


Рисунок 18 – «Анализатор вибрации АГАТ-М»

Замеры происходили в 3-х плоскостях, первые три плоскости измерения находятся на редукторе, вторые три на рукоятках, с которых вибрация непосредственно распространяется на кисти, руки, плечевой пояс оператора.

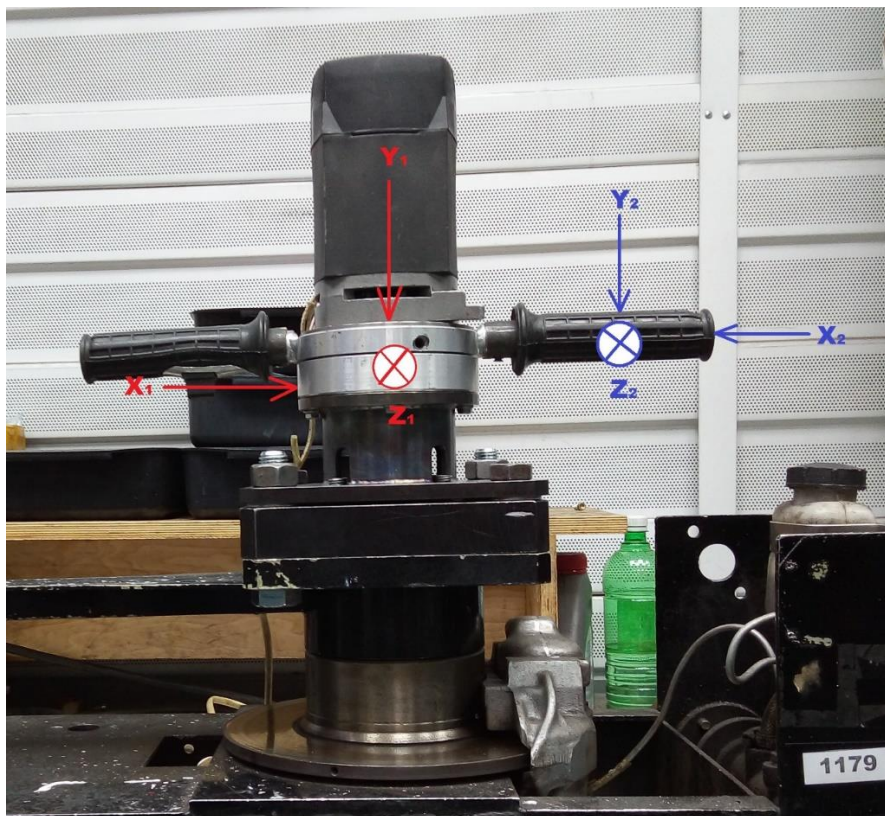


Рисунок 19 – Плоскости измерения виброскорости привода

Таблица 10 – Результаты измерения виброскорости

об/мин	Рукоятка В(X_1) мм/с	Рукоятка О(Y_1) мм/с	Рукоятка П(Z_1) мм/с	Редуктор В(X_2) мм/с	Редуктор О(Y_2) мм/с	Редуктор П(Z_2) мм/с
30	0,93	1,49	0,71	0,89	2,16	0,91
50	1,47	2,75	0,77	1,74	3,45	2,01
70	2,49	2,47	1,52	2,55	4,1	2,6
90	11,29	8,61	1,65	6,57	19,55	5,29
110	6,46	23,5	5,86	6,75	10,78	6,5
130	9,49	26,3	2,2	7,47	18,06	9
150	16,6	10,84	5,28	11,21	14,72	17,91
200	6,7	10,2	16,1	19,2	17,5	26,6

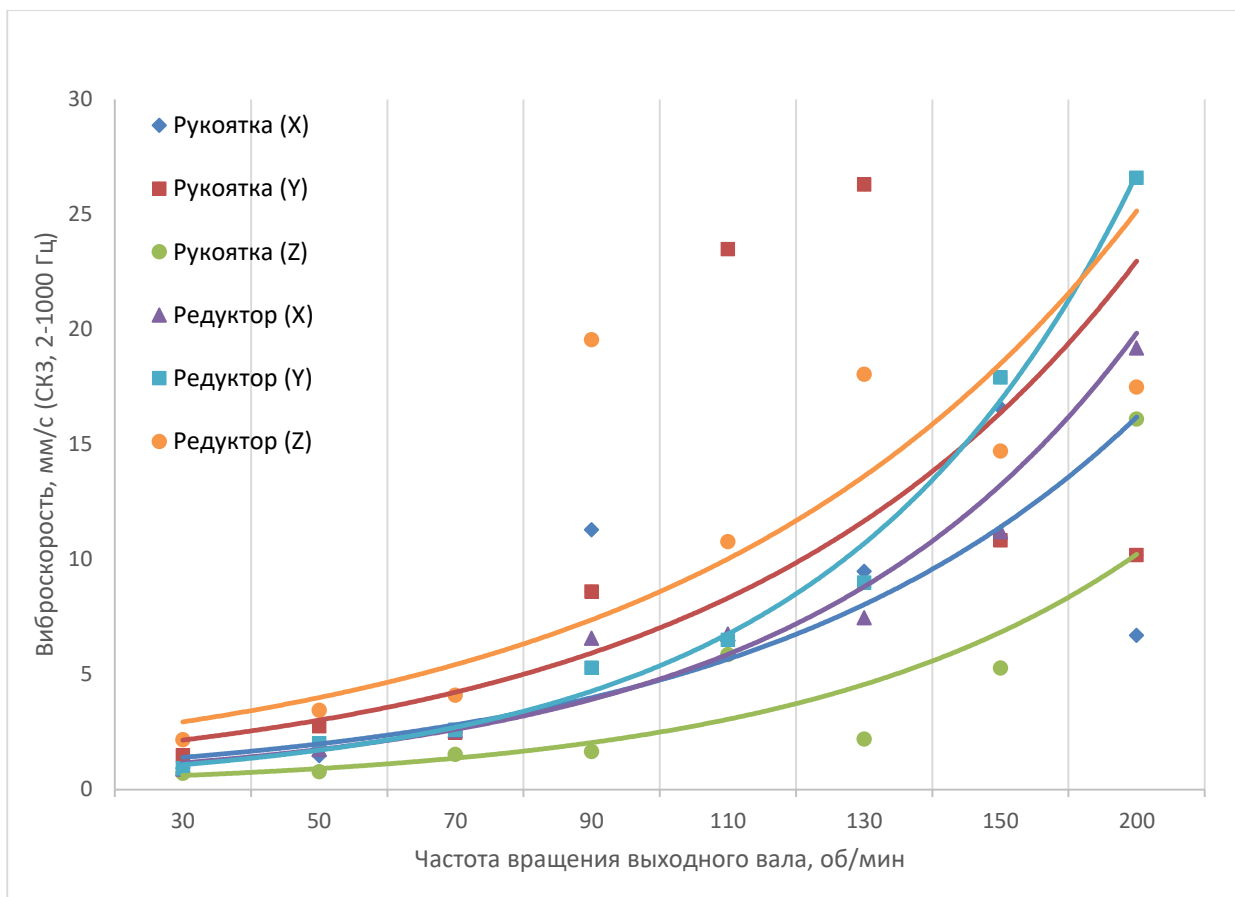


Рисунок 20 – График зависимости виброскорости от частоты вращения выходного вала

1. На основании полученных результатов из графика видно, что с увеличением числа оборотов двигателя и как следствие частоты вращения выходного вала уровень вибрации возрастает во всех точках измерения.

2. Максимальная величина виброскорости зарегистрирована на корпусе редуктора и составляет 26,6 мм/с в направлении оси Z. На рукоятках наибольшая величина вибрации равна 26,3 мм/с, что на 1,13% меньше чем на корпусе редуктора.

3. В соответствии с ГОСТ 12.1.012-78 и СН 3041-84 максимальная величина виброскорости на рукоятках, равная 26,3 мм/с, превышает допустимые значения локальной вибрации на 88% (см. табл. 11). Данная величина выбивается из других

значений, поэтому можно сделать вывод, что остальные значения не превышают стандартных требований. Причиной высоких значений может быть нестабильная работа тормоза (с рывками из-за перегрева тормозного диска). Поэтому в целом можно сделать вывод, что значения вибрации соответствуют требованиям ГОСТ.

Таблица 11 – Допустимые уровни локальной вибрации

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	*Предельно допустимые значения по осям X_L, Y_L, Z_L			
	виброускорения		виброскорости	
	м/с ²	дБ	м/с · 10 ⁻²	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,8	129	1,4	109
63	5,6	135	1,4	109
125	11,0	141	1,4	109
250	22,0	147	1,4	109
500	45,0	153	1,4	109
1000	89,0	159	1,4	109

Выводы и результаты

1. В результате проведённой работы исследована виброактивность привода ручной машины электробур на различных частотах вращения якоря электродвигателя. Для этого проводился анализ вибродиагностического оборудования, для измерения величины виброскорости выбрано оборудование фирмы ДИАМЕХ 2000:

- анализатор вибрации Агат-М;
- датчик вибрации РА-031;
- щуп измерительный для датчика;
- преобразователь числа оборотов КР-020Л.

В ходе испытаний зафиксирован максимальный уровень виброскорости на корпусе редуктора РМ равный 26,6 мм/с. На рукоятках величина наибольшего уровня виброскорости составляет 26,3 мм/с, что на 1,13% меньше чем на корпусе редуктора. Данная величина выбивается из других значений, поэтому можно сделать вывод, что остальные значения не превышают стандартных требований. Причиной высоких значений может быть не стабильная работа тормоза (с рывками при нагреве). Поэтому в целом можно сказать, что значения вибрации соответствуют требованиям ГОСТ. Следовательно, можно сделать вывод, что измеренный уровень вибрации не будет оказывать существенного воздействия на здоровье человека.

2. Также проведена балансировка якоря электродвигателя в двух плоскостях коррекции (рис.15). Для этого изготовлен металлический вентилятор охлаждения (рис.14), взамен разрушившегося пластикового, изменена конструкция балансиров. После этого измерена величина дисбаланса в двух плоскостях, в первой плоскости она составляет 0,7 гмм/кг, во второй 0,8 гмм/кг. Также был разработан и изготовлен переходной уголок для установки привода на стенд (рис.12). Для того чтобы провести испытания сбалансированного якоря электродвигателя и плавно вывести его на номинальные обороты.

2.2 Маршрутная карта изготовления «вентилятора»

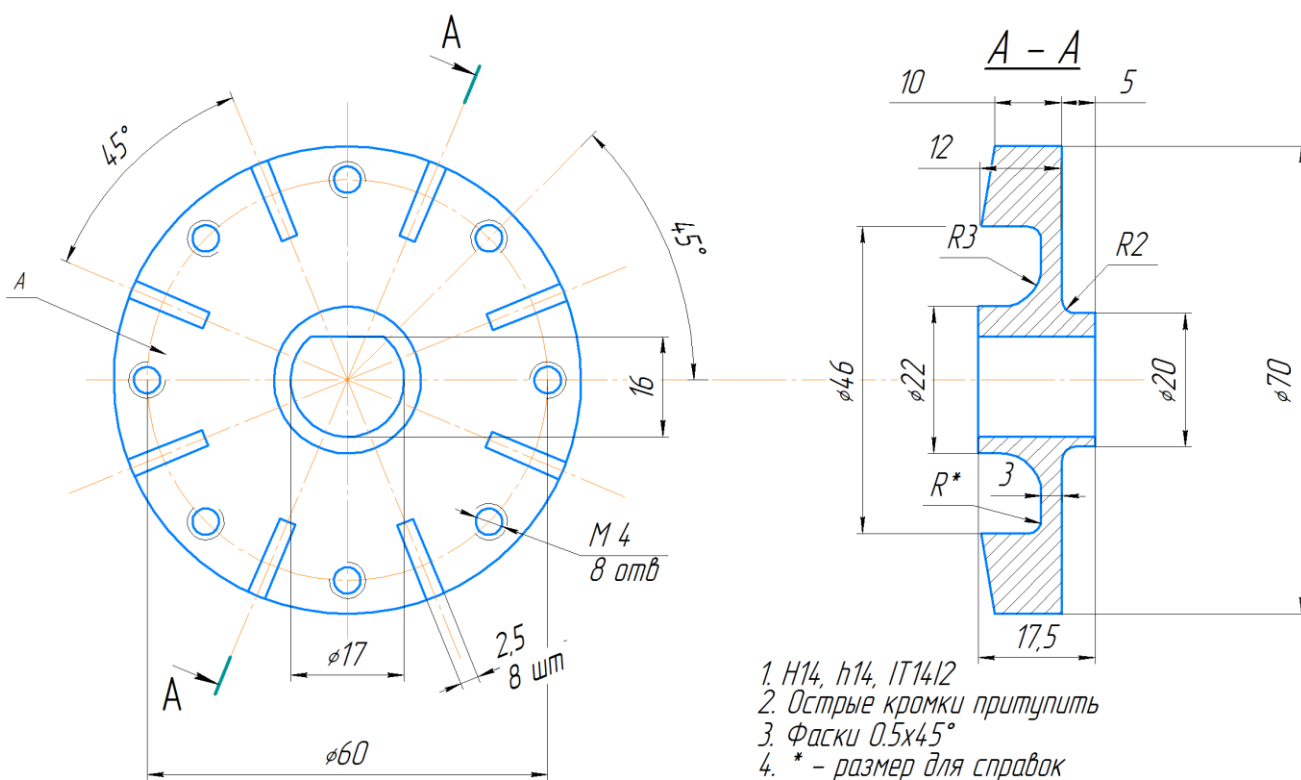


Рисунок 22 – Чертеж металлического вентилятора

1. Заготовительная

1.1. Отрезать пруток $\varnothing 75$ мм, выдерживая длину 20 ± 1 мм;

2. Токарная

Установ А

- 2.1. Установить в токарный патрон;
- 2.2. Подрезать торец, выдерживая длину $18 \pm 0,5$ мм;
- 2.3. Точить начерно, выдерживая $\varnothing 71^{+0,5}$ мм;
- 2.4. Точить начисто, выдерживая $\varnothing 70^{+0,5}$ мм;
- 2.5. Сверлить центровое отверстие;
- 2.6. Сверлить отверстие $\varnothing 5$ мм;
- 2.7. Точить уступ, шириной 13 мм, выдерживая размеры 5 мм, R2 мм;

Установ Б

- 2.8. Переустановить;
- 2.9. Подрезать торец, выдерживая длину 17,5 мм, выдерживая размеры 10 мм, 12 мм;
- 2.10. Точить начерно, выдерживая $\varnothing 71^{+0,5}$ мм;
- 2.11. Точить начисто, выдерживая $\varnothing 70^{+0,5}$ мм;
- 2.12. Точить торцевую канавку, выдерживая размеры R3, R*, 3 мм;
- 3. Фрезерная с ЧПУ
 - 3.1. Установить в токарный патрон
 - 3.2. Фрезеровать плоскость А, выдерживая размеры 2,5 мм, 3 мм;
 - 3.3. Сверлить 8 центровых отверстий;
 - 3.4. Сверлить 8 отверстий $\varnothing 3,3$ мм;
 - 3.5. Нарезать резьбу М4 в 8 отверстиях
- 4. Электроэрозионная
 - 4.1. Вырезать согласно эскизу, выдерживая размеры $\varnothing 17$ мм, 16 мм;
- 5. Слесарная
 - 5.1. Снять заусенцы;
- 6. Контрольная
 - 6.1. Контролировать размеры согласно чертежу.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Слезко Андрей Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

Тема ВКР: Исследование уровня вибрации привода ручной машины электробур

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является виброактивность привода ручной машины электробур. Рабочая зона: испытательный участок Томского завода ООО «Сибмаш»
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	• Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ. (ред. от 27.12.2018); • ГОСТ 12.2.032-78 • ГОСТ 12.2.033-78; • ГОСТ 29322-2014;
2. Производственная безопасность : 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	• Отклонение показателей микроклимата; • Отсутствие или недостаток естественного света; • Недостаточная освещенность рабочей зоны; • Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; • Повышенный уровень вибрации.
3. Экологическая безопасность	• На атмосферу: ртутные лампы. • На литосферу: смазка.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	• Пожар; • Диверсия

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романова Светлана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Слезко Андрей Сергеевич		

3 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

3.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

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

Режим рабочего времени.

Режим рабочего времени должен предусматривать продолжительность рабочей недели (пятидневная с двумя выходными днями), продолжительность ежедневной работы (смены), время начала и окончания работы, время перерывов в работе, чередование рабочих и нерабочих дней, которые устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права, коллективным договором, соглашениями, а для работников, режим рабочего времени которых отличается от общих правил, установленных у данного работодателя, - трудовым договором согласно трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ. (ред. от 27.12.2018).

Оплата и нормирование труда.

Базовый оклад (базовый должностной оклад), осуществляющего профессиональную деятельность по профессии рабочего, входящим в соответствующую профессиональную квалификационную группу, без учета компенсационных, стимулирующих и социальных выплат.

В соответствии с коллективным договором или трудовым договором по письменному заявлению работника оплата труда может производиться и в иных формах, не противоречащих законодательству Российской Федерации и международным договорам Российской Федерации. Доля заработной платы, выплачиваемой в неденежной форме, не может превышать 20 процентов от начисленной месячной заработной платы.

Заработная плата работника зависит от его квалификации, сложности

выполняемой работы, количества и качества затраченного труда и максимальным размером не ограничивается, за исключением случаев, предусмотренных настоящим Кодексом.

Виды компенсаций при работе во вредных условиях труда

В ручной машине электробур существует один вредный фактор – это «повышенный уровень шума», величина которого составляет 95 дБ. За работу с таким вредным фактором полагаются следующие компенсации:

- Ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в соответствии со ст. 117 трудового кодекса РФ.
- Сокращенная продолжительность рабочего времени в соответствии со ст. 92 трудового кодекса РФ.
- Повышение оплаты труда в соответствии со ст. 147 трудового кодекса РФ.

Досрочное назначение трудовой пенсии в соответствии со ст. 27 и 27.1 трудового кодекса РФ.

3.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны инженера исследователя.

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя или в положении и сидя, и стоя. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимости передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ.

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78, в положении стоя – ГОСТ 12.2.033. – 78.

3.2 Профессиональная социальная безопасность

Таблица 12 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. СанПиН 2.2.4.548-96.
2. Превышение уровня шума		+	+	Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2016 <i>Естественное и искусственное освещение.</i>
4.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	Напряжения стандартные. ГОСТ 29322-2014.
5.Повышенный уровень вибрации		+	+	ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.

3.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при эксплуатации объектов исследования

Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат в производственных условиях регламентируется СанПиН 2.2.4.548-96. И имеет следующие параметры:

- 1) температура воздуха в пределах от 20 до 24°C;
- 2) относительная влажность воздуха φ – от 30 до 60 %;
- 3) скорость движения воздуха $V = 0,5$ м/с;
- 4) барометрическое давление $P = 760$ мм. рт. ст.

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 ($\varphi > 85\%$) затрудняет терморегуляцию организма, т.к. происходит снижения испарения пота, а пониженная влажность ($\varphi < 20\%$) 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, инженера исследователя, относится к категории средних работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица 13 – 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 методов борьбы с данными факторами являются:

- 1) обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления
- 2) тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.
- 3) вентиляция и кондиционирование воздуха

Превышения уровня производственного шума

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.

Источником повышенного шума являются промежуточные тела качения в волновой передаче, которые обкатываются по внутреннему профилю венца. И в процессе работы при максимальных оборотах привода уровень шума составляет 95 дБА. Такое значение уровня шума негативно влияет на здоровье человека, а именно приводит к ослаблению слуха.

Поэтому при значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

СКЗ

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования (изменение конструкции узлов создающих шум);
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения (пенобетон; базальтовая, минеральная, хлопковая вата; шумопоглощающие экраны из фанеры, древесноволокнистые плиты, звуконепроницаемые ткани);
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения (звукопоглощающие щиты, размещаемые на потолке и верхних частях стен);

СИЗ

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

Для снижения воздействия данного фактора на предприятии ООО «Сибмаш» в испытательном цехе используются средства индивидуальной защиты: беруши или наушники. Средствами коллективной защиты являются: звукопоглощающие щиты, а также стены, которые выполнены из пенобетона.

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95 в исследовательском цехе, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственных испытаний 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.

В нашем случае при площади помещения в $S=A \times B=6 \times 7=42 \text{ м}^2$, используются 5 светильников с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Эти светильники имеют 2 лампы мощностью 40 Вт каждая, световой поток которых равен $\Phi_{\text{лд}} = 2200 \text{ Лм}$.

Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Источником возникновения замыкания может стать не заземленные агрегаты стендов, оголенные или поврежденные провода всего оборудования. Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, биологическое и механическое воздействие. Действие электрического тока на человека приводит к травмам или гибели людей.

Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи для человека устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82 (таблица 12) при аварийном режиме работы электроустановок постоянного тока частотой 50 и 400 Гц. Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока -- 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц соответственно - 2 В и 0,4 мА; для постоянного тока -- 8 В и 1 мА. Указанные данные приведены для продолжительности воздействия тока не более 10 мин в сутки.

Таблица 14 – Предельно допустимые уровни напряжения и тока

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые уровни, не более, при продолжительности воздействия тока I_a , с				
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
0,01...0,08	0,1					
Переменный, 50 Гц	$U_a, В$ $I_a, МА$	650	500	250	165	125
Переменный, 400 Гц	$U_a, В$ $I_a, МА$	650	500	500	330	250
Постоянный	$U_a, В$ $I_a, МА$	650	500	400	350	300

В настоящее время, согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Классификация», существуют следующие средства защиты от повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;
- молниеотводы и разрядники;
- знаки безопасности.

В нашем случае общетехническими средствами защиты являются: оградительные устройства;

Специальными: защитное заземление, защитное зануление, защитное отключение, плакаты безопасности

Индивидуальными: изолирующие штанги, указатели напряжения и фазировки, диэлектрическая экипировка, изолирующие накладки и подставки.

Повышенный уровень вибрации

Источниками вибрации являются механизмы, машины, механизированный инструмент. Вибрация на человека способствует в повышении утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений.

Основные методы борьбы и средства защиты с данными факторами являются:

- устранение непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации;
- уменьшение интенсивности вибрации непосредственно в источнике;
- применение вибродемфирования, динамического виброгашения, активной и пассивной виброизоляции;
- рациональная организация режима труда и отдыха;
- создание комплексных бригад с взаимозаменяемостью профессий;
- использование средств индивидуальной защиты;
- организация активной дифференцированной диспансеризации работников виброопасных профессий;
- тепловые процедуры для рук в виде гидропроцедур или сухого воздушного обогрева;
- взаимомассаж и самомассаж рук и плечевого пояса;
- производственная гимнастика;
- ультрафиолетовое облучение;
- витаминoproфилактика.

Для уменьшения уровня вибрации при работе с электробуром применяются виброперчатки, рукоятки, выполненные из резины, а также рациональная организация режима труда и отдыха.

3.3 Экологическая безопасность

3.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Экологическая безопасность - 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 освещения рабочей зоны используются ртутные лампы, которые требуют последующей утилизации. Ртутные лампы могут загрязнить атмосферу.

При сборке используется смазка, которая может навредить литосфере.

Нет значительных выбросов вредных веществ, пыли в атмосферу. Выбросы соответствуют допустимым по ГОСТ 17.2.3.02–2014, поэтому их очистка не предусмотрена.

3.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Ртутные лампы при выходе из строя необходимо упаковать в герметичную тару и отправить на утилизацию в специализированную компанию.

Смазочную жидкость фильтровать и вернуть в цикл, собрать и сдать в строительную или дорожную промышленность в качестве инертного материала.

3.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Самой вероятной чрезвычайной ситуацией в производстве является пожар.

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 *Ан*, *Бн*, *Вн*, *Гн* и *Дн*.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории Д - негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

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;
- д) отключение электрооборудования, освещения и электропитания при предполагаемом отсутствии обслуживающего персонала или по окончании работ;
- е) курение в строго отведенном месте;
- ж) 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 (Рис.10).

План эвакуации из лаборатории

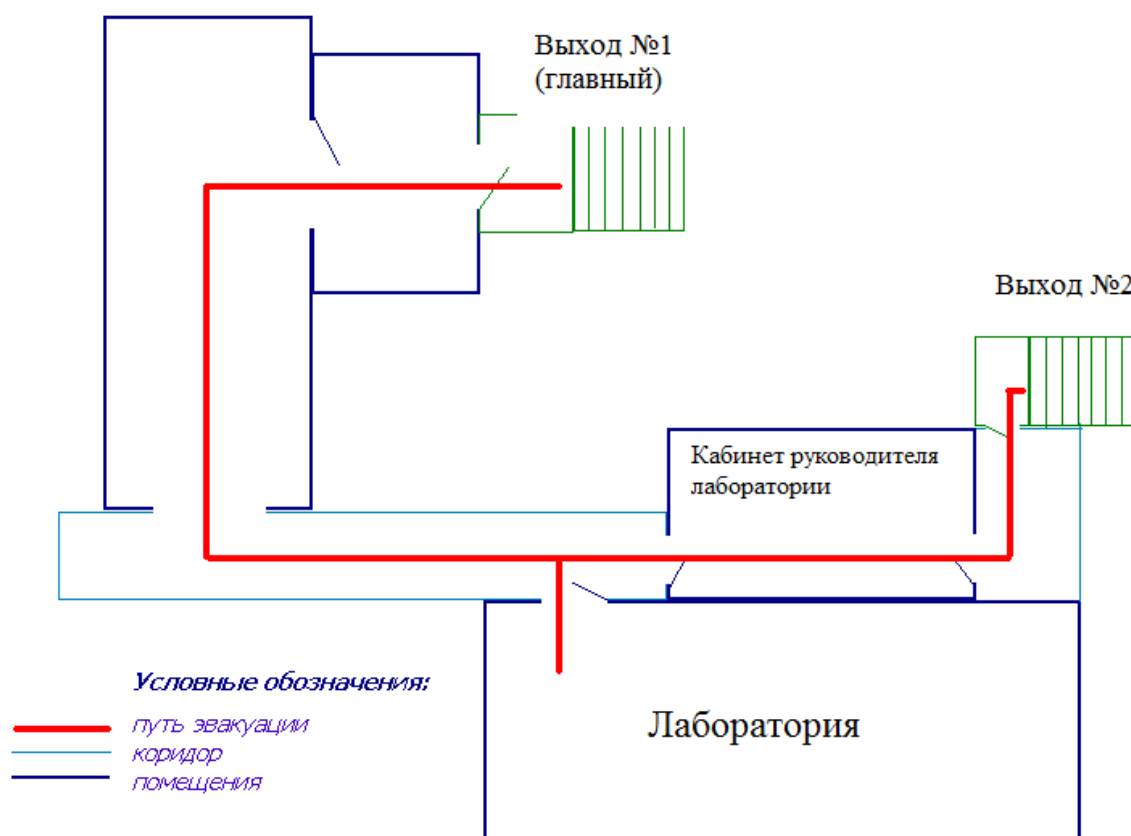


Рисунок 23 – Пути эвакуации

3.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Для предупреждения вероятности осуществления террора 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.

Заключение (выводы)

В результате выполнения раздела «Социальная ответственность» были исследованы правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Проанализирована производственная безопасность, выявлены опасные и вредные факторы, были обоснованы мероприятия по снижению воздействия этих факторов.

Так же были рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасность в ЧС.

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЛМ71	Слезко Андрей Сергеевич

Школа	ИШНПТ	Отделение	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	150401/Машиностроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Слезко Андрей Сергеевич		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Краткое описание выполненной работы

Целью данной научно-исследовательской работы является определение уровня вибрации привода ручной машины с волновой передачей с промежуточными телами качения на различных частотах вращения якоря коллекторного электродвигателя. Это необходимо для улучшения эксплуатационных качеств машины, увеличения ее надежности и долговечности, а также для снижения влияния вибрации на оператора.

Ручные машины данного предназначения существуют в нескольких модификациях. Это электрические, бензиновые, механические, а также установки для тракторов и автомобилей с гидравлическим приводом на рабочий орган. Преимуществом данной ручной машины является относительно небольшая масса, высокий крутящий момент, высокий к.п.д. привода.

4.2 Организация и планирование работ

В данном пункте составляется полный перечень проводимых работ, определяются их исполнители и рациональная продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Так как число исполнителей двое (степень распараллеливания всего комплекса работ незначительна), то предпочтительным является построение линейного графика. Хронологически упорядоченные вышеуказанные данные сведены в таблице 1.

Таблица 15 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

№	Название	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
2	Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 50%
3	Изучение литературы	И	И – 100%
4	Анализ литературы и интернет-источников по теме исследования	НР, И	НР – 100% И – 50%
5	Анализ методов измерения вибрации	И	И – 100%
6	Выбор вибродиагностического оборудования	И	И – 100%
7	Анализ конструкции ручной машины электробур	НР, И	НР – 30% И – 100%
8	Поиск места проведения стендовых испытаний	НР, И	НР – 100% И – 40%
9	Анализ конструкции стенда, изучение сборочного чертежа	НР, И	НР – 20% И – 100%
10	Конструирование переходника для стенда	НР, И	НР – 100% И – 50%
11	Изготовление переходника для стенда	НР	НР – 100%
12	Составление плана проведения испытаний	НР, И	НР – 100% И – 70%
13	Проведение испытаний на стенде	НР, И	НР – 100% И – 100%
14	Анализ результатов испытания	НР, И	НР – 60% И – 100%
15	Оформление пояснительной записки	НР, И	НР – 20% И – 100%
16	Подведение итогов	НР, И	НР – 100% И – 80%

Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется формула:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.; t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рд}$) ведется по формуле:

$$T_{рд} = \frac{t_{ож}}{K_{вн}} \cdot K_{д}, \quad (2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.; $K_{вн}$ – коэффициент выполнения работ,

учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{\text{вн}} = 1$; $K_{\text{Д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, $K_{\text{Д}}=1,2$. Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; $T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, $T_{\text{К}} = 1,22$ [28].

В таблице 16 приведена продолжительность этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.

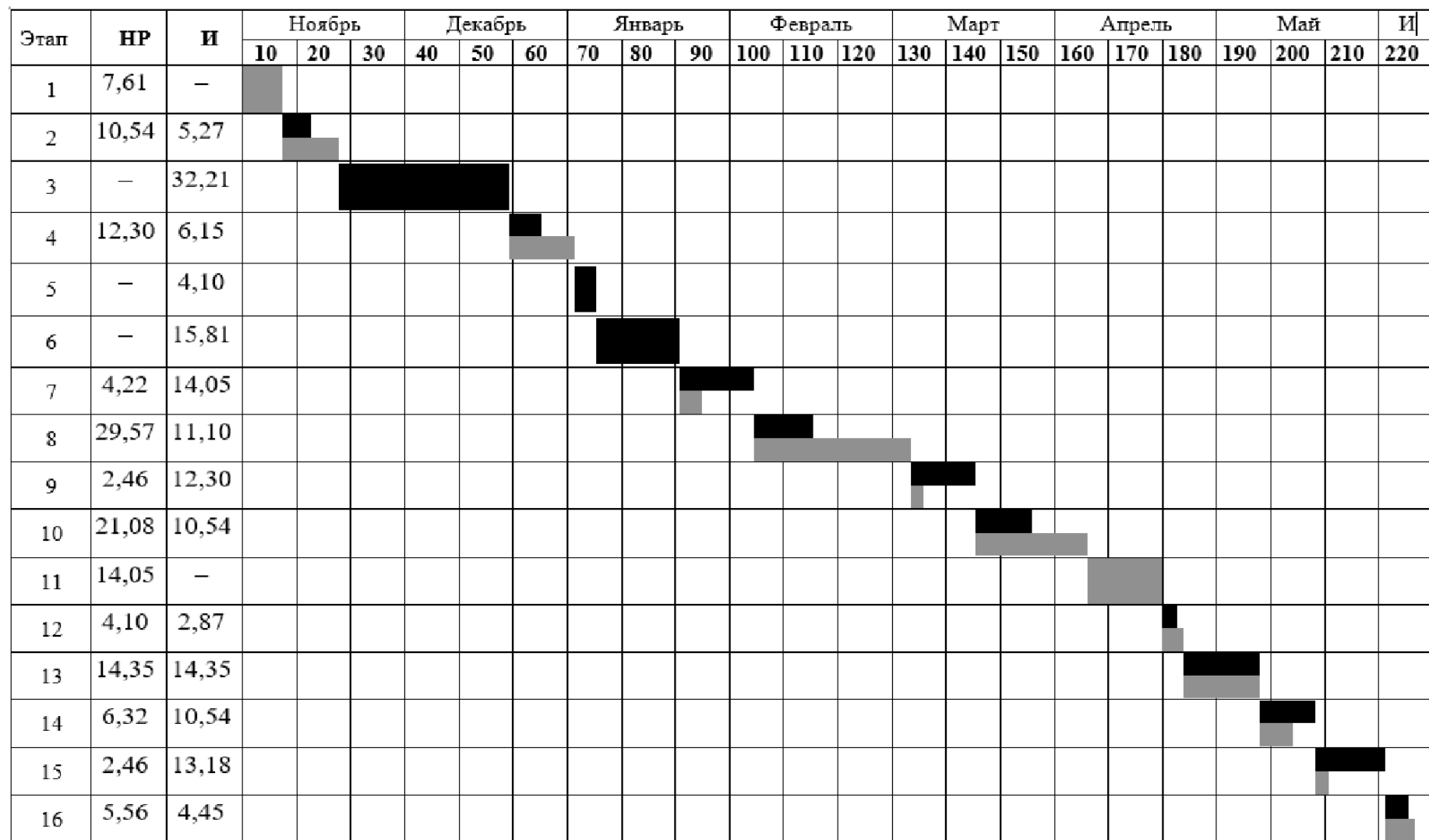
Таблица 16 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					Т _{рд}		Т _{кд}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	4	7	5,2	6,24	–	7,61	–
Разработка календарного плана	НР, И	6	9	7,2	8,64	4,32	10,54	5,27
Изучение литературы	И	20	25	22	–	26,4	–	32,21
Анализ литературы и интернет-источников по теме исследования	НР, И	6	12	8,4	10,08	5,04	12,30	6,15
Анализ методов измерения вибрации	И	2	4	2,8	–	3,36	–	4,10
Выбор вибродиагностического оборудования	И	10	15	10,8	–	12,96	–	15,81
Анализ конструкции ручной машины электробур	НР, И	8	12	9,6	3,46	11,52	4,22	14,05

продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Поиск места проведения стендовых испытаний	НР, И	17	25	20,2	24,24	9,70	29,57	11,10
Анализ конструкции стенда, изучение сборочного чертежа	НР, И	6	12	8,4	2,02	10,08	2,46	12,30
Конструирование переходника для стенда	НР, И	12	18	14,4	17,28	8,64	21,08	10,54
Изготовление переходника для стенда	НР	6	15	9,6	11,52	–	14,05	–
Составление плана проведения испытаний	НР, И	2	4	2,8	3,36	2,35	4,10	2,87
Проведение испытаний на стенде	НР, И	7	14	9,8	11,76	11,76	14,35	14,35
Анализ результатов испытания	НР, И	4	12	7,2	5,18	8,64	6,32	10,54
Оформление пояснительной записки	НР, И	6	12	8,4	2,02	10,08	2,46	13,18
Подведение итогов	НР, И	3	5	3,8	4,56	3,65	5,56	4,45
Итого:				150,6	110,36	128,5	134,62	156,92

Таблица 17 – Линейный график работ



■ – НР ■ – И

4.3. Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальные отчисления;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки [24]. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю. Сюда же включаются расходы на совершение сделки купли-продажи (т.н. транзакции). Приблизительно они оцениваются в

процентах к отпускной цене закупаемых материалов, как правило, это 5...20 %. Исполнитель работы самостоятельно выбирает их величину в указанных границах.

Таблица 18 – Затраты на материалы

Наименование материалов	Размеры, мм; масса, кг	Цена за ед. (с НДС) руб.	Кол- во	Сумма, руб.
Уголок горячекатаный равнополочный	75x75 1500 мм 10,44 кг	614	1	614
Сверло по металлу	Ø6,5 мм -	216	1 шт.	216
Картридж для принтера	-	1800	1 шт.	1800
Бумага для принтера формата А4	-	300	1 уп.	300
Всего за материалы				2930
Транспортно-заготовительные расходы 5%				147
Итого по статье				3077

Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, где исполнитель проходил преддипломную практику.

Заработная плата научно-производственного персонала.

Заработная плата (ЗП) руководителя и инженера (магистранта) рассчитывается по следующей формуле:

$$ЗП = З_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4)$$

где: ЗП – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{П}_{\text{дн-т}}} = \frac{З_{\text{м}}}{24,917}, \quad (5)$$

учитывающей, что в 2019 году 299 рабочий день и, следовательно, в месяце в среднем 24,917 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе)

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot K_{\text{и}}, \quad (6)$$

где: $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $K_{\text{и}}$ – интегральный коэффициент (используется для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки),
Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 27.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$З_{\text{б}}$, руб.	$K_{\text{и}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	33 664	1,699	57195	2295	111	254745
Инженер	15 470	1,62	25061	1006	129	129774
Итого:						384519

Расчет затрат на социальные отчисления

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту.

$$C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,30, \quad (7)$$

$$C_{\text{соц}} = 384519 \cdot 0,30 = \mathbf{115356}$$

Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования.

Таблица 19

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Стоимость кВт*ч, руб	Затраты, руб.
Персональный компьютер	760	0,4	5,75	1748
Ручная машина электробур	5	1,5	5,75	43
Итого:				1791

Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Используется формула:

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A \Pi_{\text{об}} t_{\text{рф}} \cdot n}{F_d}, \quad (8)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; $\Pi_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР; F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году; $t_{\text{рф}}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Амортизация персонального компьютера составит:

$$C_{\text{ам}} = \frac{0,4 \cdot 40000 \cdot 760 \cdot 1}{2408} = 5050$$

Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта,

которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{пр}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1 \quad (9)$$

$$C_{\text{проч}} = (3077 + 384519 + 115356 + 1791 + 5050) \cdot 0,1 = \mathbf{50979}$$

Расчет общей себестоимости исследования

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 20

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	3077
Заработная плата	$C_{\text{зп}}$	384519
Социальные отчисления	$C_{\text{соц}}$	115356
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл}}$	1791
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	5050
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	50979
ИТОГО:		560772

Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку, т.е. $560772 \cdot 0,2 = \mathbf{112154}$

Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае

$$C_{\text{НИР}} = 560772 + 112154 = \mathbf{672926}$$

4.4. Оценка экономической эффективности проекта

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Так как последние являются единовременными, то мы имеем дело с частным случаем задачи оценки экономической эффективности инвестиций,

т.е. вложением денежных средств в предприятие, организацию, отраслевую, региональную социально-экономическую систему и т.п. с целью получения определенного результата в будущем.

Отличительными особенностями инвестиций, особенно когда речь идет о вложениях в нематериальные активы в форме НИР являются:

- результат может быть получен в течение ряда последующих лет в общем случае – на протяжении жизненного цикла создаваемой системы;
- результаты инвестиций содержат элементы риска и неопределенности;
- связывание на некоторое время финансовых средств инвестора.

Но к сожалению, в данной работе провести оценку экономической эффективности проекта, а также определить сроки окупаемости инвестиций, так как данный проект является исследовательским, не представляется возможным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы выполнен анализ методов измерения вибрации, выбрано вибродиагностическое оборудование для измерения вибрации привода ручной машины электробур. Также рассмотрено влияние параметров вибрации на здоровье человека. Разработана конструкция и технология изготовления «металлического вентилятора» охлаждения якоря электродвигателя и «переходного уголка» необходимого для установки на испытательный стенд.

В ходе эксперимента проведена балансировка якоря электродвигателя в двух плоскостях коррекции, величина дисбаланса в первой плоскости составляет 0,7 гмм/кг, во второй 0,8 гмм/кг. Измерена виброскорость на различных частотах вращения двигателя, максимальное значение на корпусе редуктора составляет 26,6 мм/с, на рукоятках 26,3 мм/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С. П., Янг Д. Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле пер. с англ. Л.Г. Корнейчука; под ред. Э.И. Григорюка, 1985. – 472 с.
2. Петрухин В. В., Петрухин С. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации. Инфра-Инженерия, 2010. — 168 с.
3. Диментберг Ф. М., Фролов К. В. Вибрация в технике и человек. – Знание, 1987. – 576 с.
4. Ивович В. А., Онищенко В. Я. Защита от вибрации в машиностроении. – Машиностроение, 1990. – 272 с.
5. Алешков Д. С., Столяров В. В., Суковин М. В. Методы снижения вредного воздействия производственной вибрации на организм человека-оператора строительно-дорожных машин //Интернет-журнал Науковедение. – 2015. – Т. 7. – №. 5 (30).
6. Ширман, А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования /А.Р. Ширман. – М.: Библиогр, 1996, –276 с.
7. Колосов Ю. В., Барановский В. В. Защита от вибраций и шума на производстве //Учебное пособие. Редакционно-издательский отдел Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2011. – Т. 2. – С. 44.
8. Белов, Сергей Викторович. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с.
9. ГОСТ 12.0.001-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Основные положения;
- 10.ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
- 11.СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;

Приложение А

Investigation of the level of vibration drive manual machine electric drill

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЛМ71	Слезко Андрей Сергеевич		

Консультант школы отделения материаловедения ИШНПТ:

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

Консультант – лингвист отделения ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Ю.П.			

1.1.1. The effect of vibration on humans

1.1.1.1. Types of vibrations and human exposure

By the impact nature general and local vibrations are distinguished. General vibration taking into account the properties of the source can be divided into:

- *transport vibration*
- *transport and technological vibration*
- *technological vibration*, which occurs during the operation of stationary process equipment and is transmitted to the workplaces without sources of vibration.

When the local vibration occurs, the hands and the parts of the body shake, for example, when working with a handheld mechanized tool.

The effect of vibration on a person depends on its spectral composition, direction, place of connection, duration of exposure. Detailed classification of the harmful effects of vibration is shown in the diagram. (Figure.6).

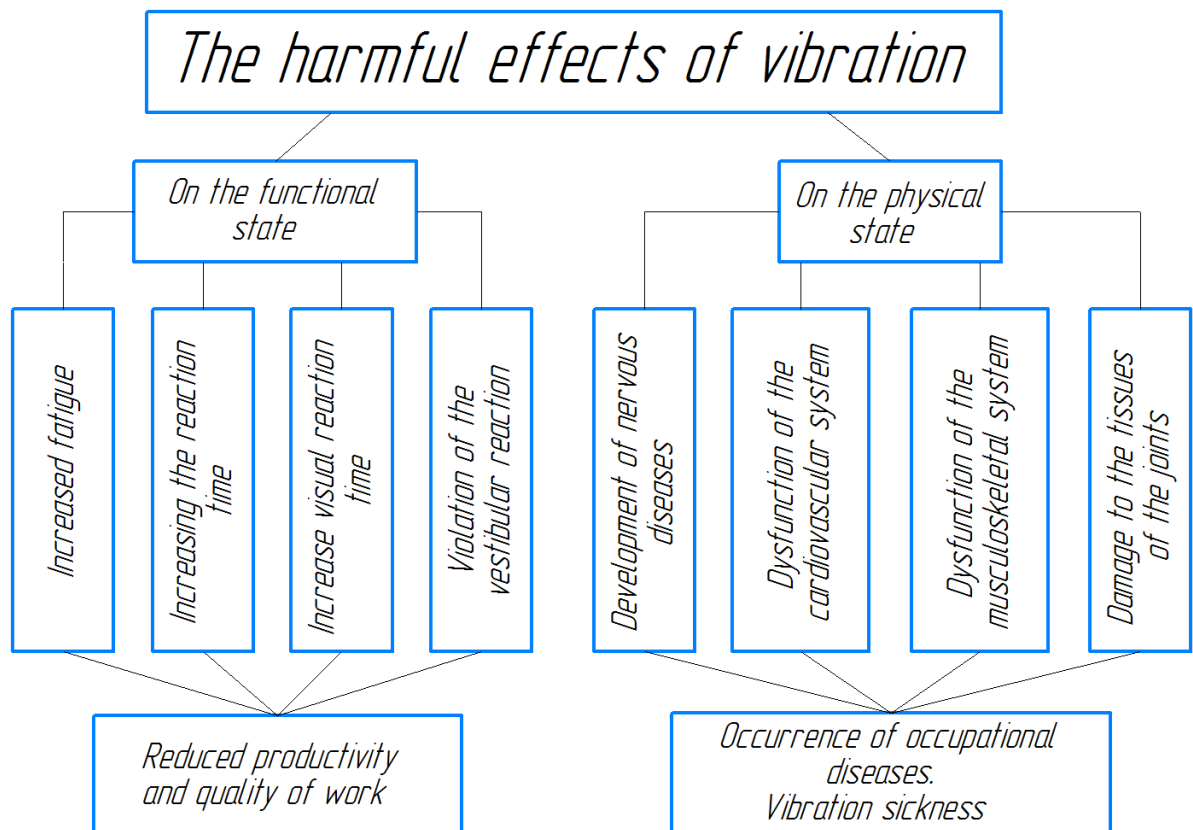


Figure 6. Classification of the harmful effects of vibration on humans.

The human body is considered as viscoelastic mechanical system having its own frequency and sufficiently pronounced resonance properties. Resonant frequency of the human body is as follows: eyes 12 - 27 Hz, thorax 2 - 12 Hz, hands and feet 2 -

8 Hz, head 8–27 Hz, spine 4–14 Hz. The vibration effect at the different frequencies and amplitudes of vibration is described in Table 8.

Table 8 – The effect of vibration on the human body

Vibration amplitude, mm	Vibration frequency, Hz	Impact Result
До 0,015	Different	Does not affect the body
0,016-0,050	40-50	Nervous excitement with depression
0,051-0,100	40-50	Changes in the central nervous system, heart and organs of hearing
0,101-0,300	50-150	Possible disease
0,101-0,300	150-250	Causes Vibration Disease

With significant levels of vibration in the frequency range of 4 - 10 Hz, a person may experience pain and discomfort due to resonant vibrations of the «chest-belly» system. The head resonances cause a decrease in visual acuity due to the displacement of the object image relative to the retina, as well as an increase in the operator errors.

A vibration with a frequency coinciding with the natural frequency of the internal organs of the human body - 6 - 9 Hz, which can cause mechanical damage or even rupture of these organs, is particularly dangerous.

Systematic exposure to general vibration with a high level of vibration velocity can cause occupational disease – *Vibration Disease*. Its manifestations are headaches, dizziness, sleep disturbance, feeling unwell, reduced performance. The vibration disease is treated slowly and only in the early stages. The appearance of irreversible changes in the body leads to disability.

The probability of the absence of vibration disease with different work experience in the vibration-hazardous production is presented in Figure 7.

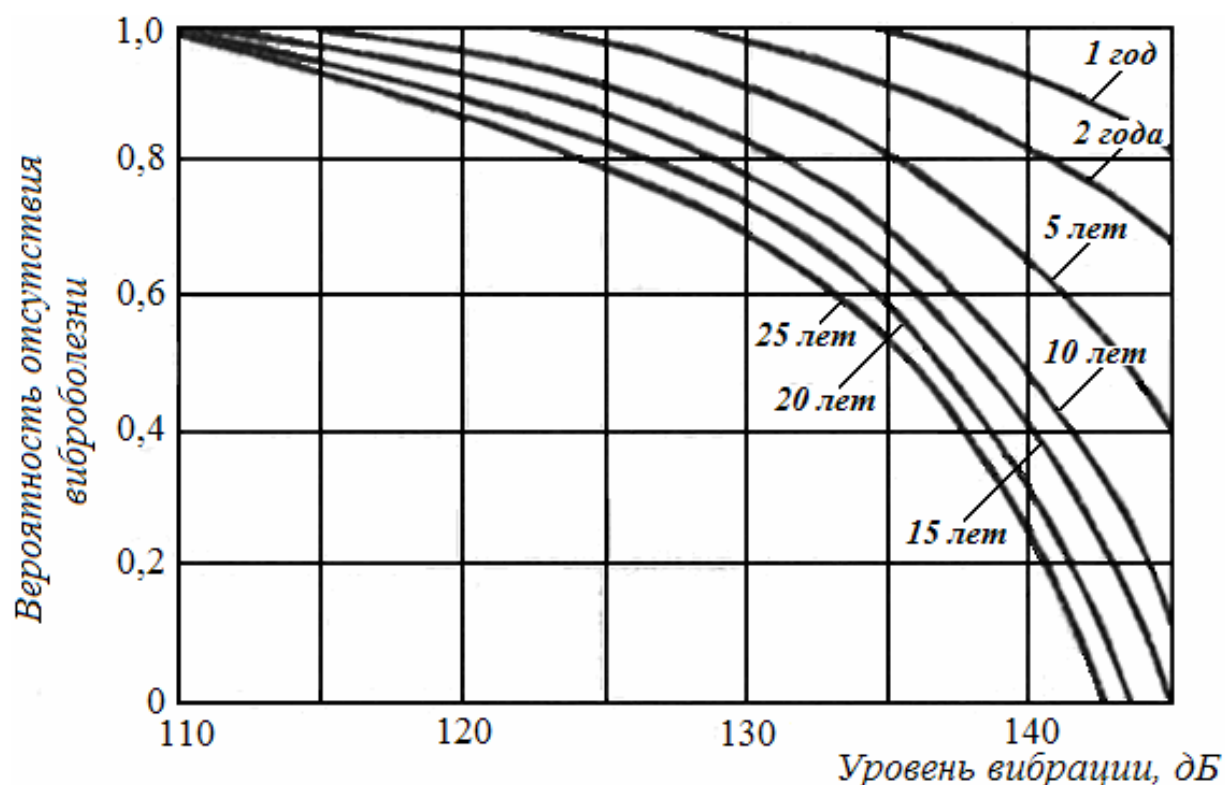


Figure 7. The probability of the absence of vibration disease with different work experience in the vibration-hazardous production

1.1.1.2. Rationing vibrations

To exclude the possibility of vibration disease, hygienic and technical regulation of vibrations was introduced. The vibration parameters are normalized according to the requirements of GOST 12.1.012 – 90: “SSBT. Vibration. General safety requirements”, the extract of which is presented in Table 9. The normalized parameters of general and local vibrations are the mean square value of the vibration velocity V_D and the logarithmic level of the vibration velocity L_V in each octave frequency band.

The standards for limiting general vibrations (the floor, bases of cars, seats, etc.) set the maximum permissible values V_D and L_V in octave frequency bands with geometric mean values 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Hz, and the norms for limiting local vibration in octave bands with geometric average frequencies 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000 Hz.

Table 9 – Hygienic vibration standards affecting the people in a production environment

Vibration type	Directions in which the normalized vibration	The mean square value of vibration velocity, m/s 10^{-2}						
		Logarithmic vibration velocity levels, dB in octave bands with geometric mean frequencies, Hz						
		1	2	4	8	16	31.5	63
General vibration transport vibration	Vertical (axis Z)	$\frac{20}{132}$	$\frac{7.1}{123}$	$\frac{2.5}{114}$	$\frac{1.3}{108}$	$\frac{1.1}{107}$	$\frac{1.1}{107}$	$\frac{1.1}{107}$
	Horizontal (axes X and Y)	$\frac{6.3}{122}$	$\frac{3.5}{117}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$	$\frac{3.2}{116}$
Transport and vibration Technology	Vertical (axis Z) or Horizontal (axes X and Y)		$\frac{3.5}{117}$	$\frac{1.3}{108}$	$\frac{0.63}{102}$	$\frac{0.56}{101}$	$\frac{0.56}{101}$	$\frac{0.56}{101}$
In factories, design bureaus, laboratories, training centers, computer centers, work rooms and other facilities for knowledge workers.	Vertical (axis Z) or Horizontal (axes X and Y)		$\frac{0.18}{91}$	$\frac{0.063}{82}$	$\frac{0.032}{76}$	$\frac{0.028}{75}$	$\frac{0.028}{75}$	$\frac{0.028}{75}$

General vibration with a frequency less than 1 Hz is normalized by the offset value x depending on the value of the fundamental frequency.

These standards correspond to the continuous exposure of vibration during the working day.

1.1.1.3. Personal protective equipment

When working with manual mechanized and pneumatic tools, personal protective equipment from vibrating objects for hands specified in GOST 12.4.002 - 74 "SSBT. Personal protective equipment against vibration. General technical requirements" is used. These include anti-vibration gloves with foam pads or handholds made of rubber. To isolate workers from the vibrating floor, special shoes with an anti-vibration sole; rubber felt mats; anti-vibration platforms; anti-vibration seats are used.

In order to prevent the development of vibratory disease for people working with vibrating equipment, the mode of operation is regulated, i.e. the duration of the work shift, mandatory breaks, rest.

1.2. Investigation of the vibration level of the manual machine electric drill drive

1.2.1. Balancing the armature of the commutator motor

A student of Tomsk Polytechnic University, Van Yongzhen, was engaged in the study of the imbalance of the transmission wave generator with intermediate rolling bodies in his master's thesis.

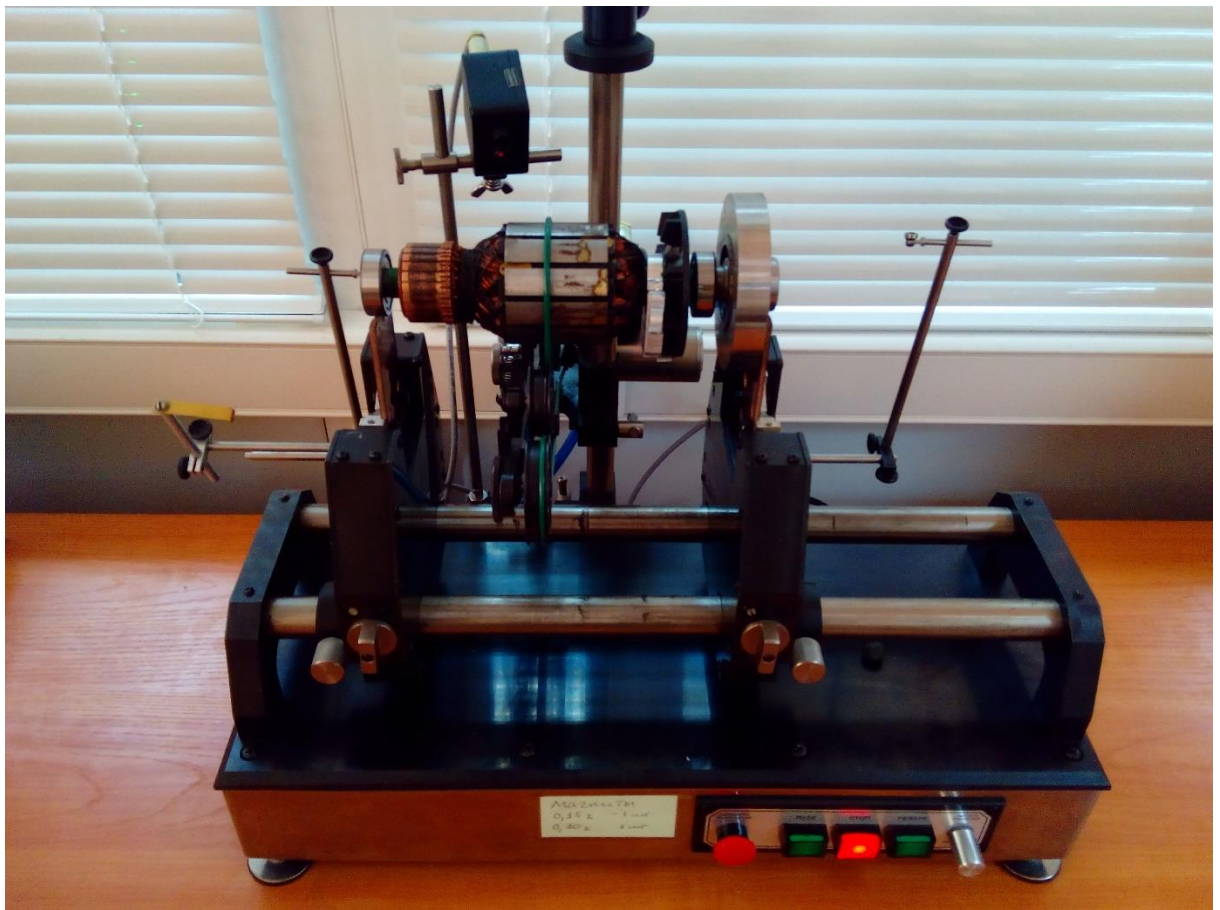


Figure 8 – Electric motor armature balancing

The motor armature was balanced in two planes; in the “plane A” on the left, a balance bar was mounted, which was a ring with three screws (Figure 9.); “in plane B” - 3 metal balancers were screwed to a plastic fan (Figure 10). In the course of further tests, at idle with the rotation speed of the motor armature equals to 20,000 rpm, the balancers were rotated relatively to the axis of their attachment resulting in a face end runout, which provoked further destruction of the plastic fan (Figures 11, 12)



Figure 9 – Balance 1 (Plane A)

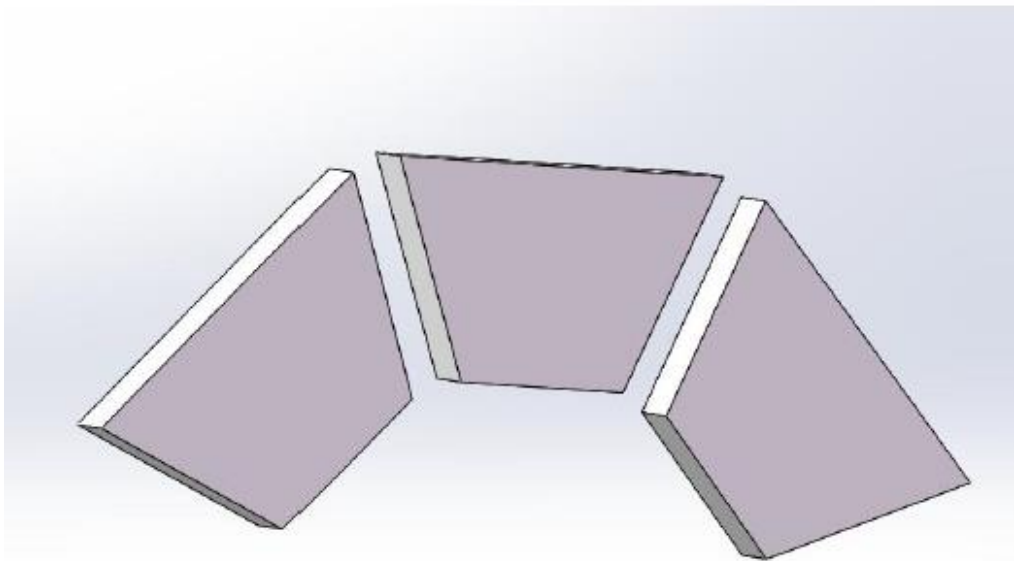


Figure 10 – Balance 2 (Plane B)



Figure 11 – Destruction of the plastic fan



Figure 12 – Destruction of the plastic fan

In the future, in order to increase the reliability and durability of the electric motor, it was decided to change the design and manufacture a metal cooling fan for the collector engine, followed by its further balancing.

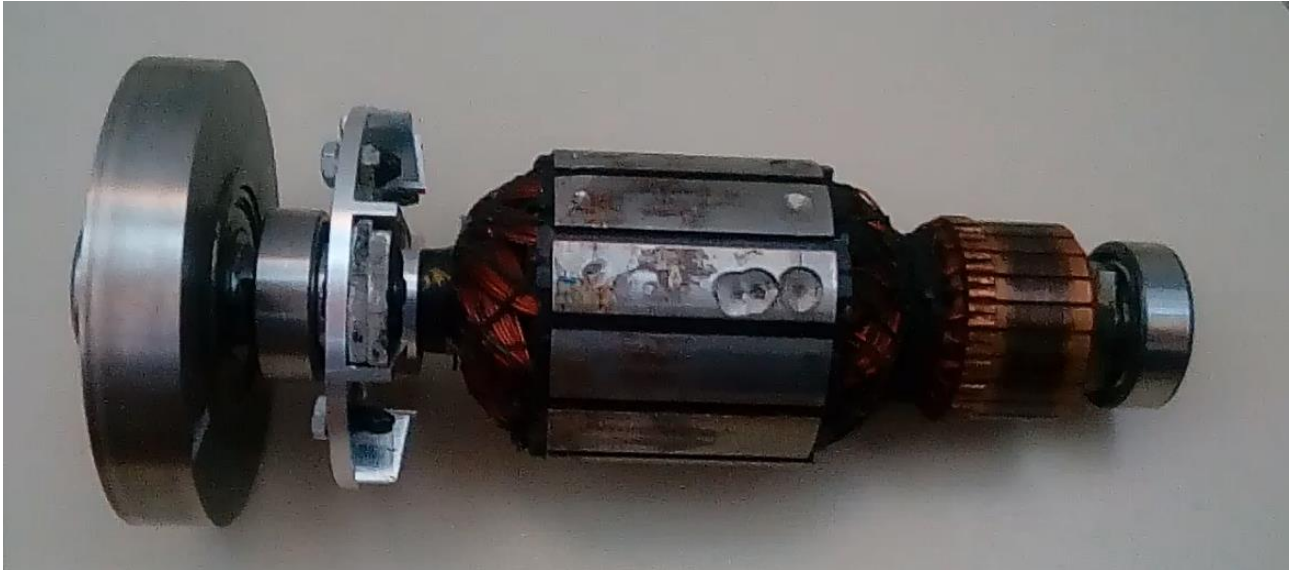


Figure 14 – Electric motor

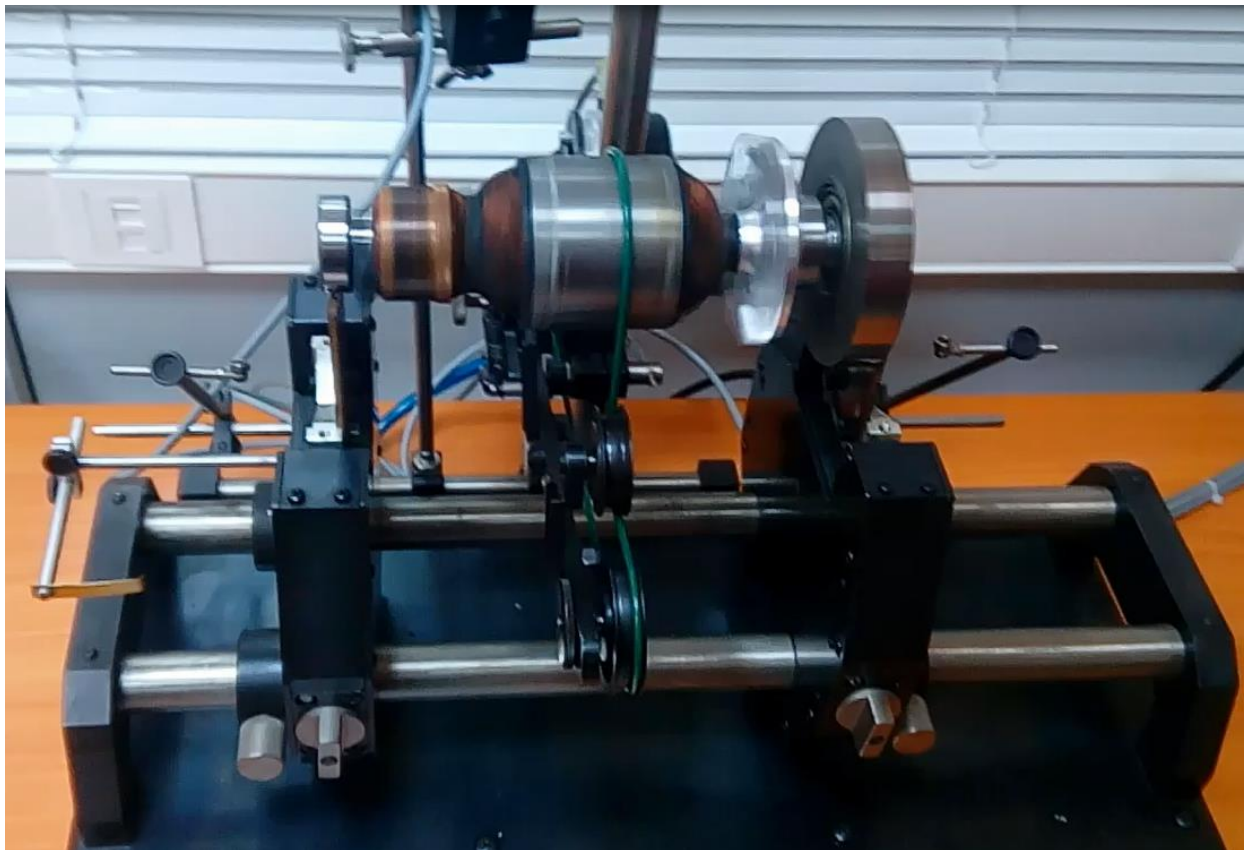


Figure 15 – Electric motor armature balancing

1.2.2. Measurement of the drive vibration level on the stand

The vibration measurement of the electric drill drive was carried out in conjunction with the torque measurement. To do this, a drive was installed on one of the stands developed by the Tomsk plant «Sibmach» using a prefabricated adapter plate.

The drive, through the cam clutch, rotates the hub together with the brake disc, the drive is loaded by supplying brake fluid to the caliper cylinders, and they, in turn, begin to press the pads against the brake disc. Thus, it can be said that the operation of the PM drive is in some way close to real conditions (for example, drilling of soil or ice). Drawings and specification of the loading stand are presented in Appendix 1.

To determine the vibration velocity, «Diameh 2000 Agat-M» (Figure 3.) was used, while to determine the frequency of rotation of the output shaft- a vibration



Figure 16 – «Stand load СИ.111.00.00.000»

analyzer converter laser KR-0201” (Figure 16) was used; for this purpose, a technological opening is provided in the transition plate, so that the laser beam can read the rotational speed of the output shaft of the manual machine drive.

Measurements were taken in three planes, the first three planes are on the gearbox, the second three -on the handles, the vibration of which directly spreads to the hands, arms, shoulder area of the operator.

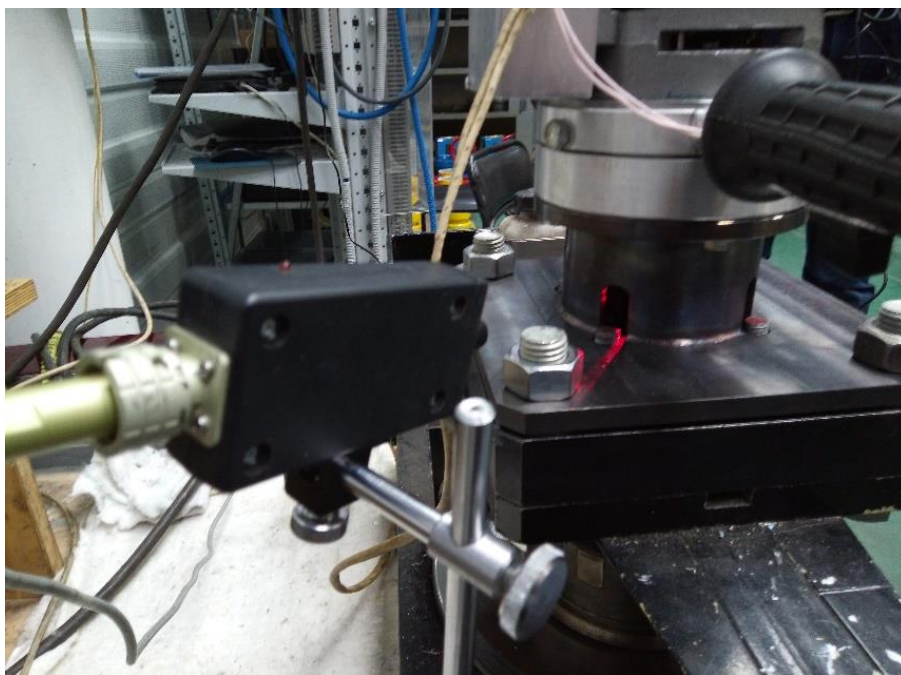


Figure 17 – «Converter of speed of laser KR-020l»

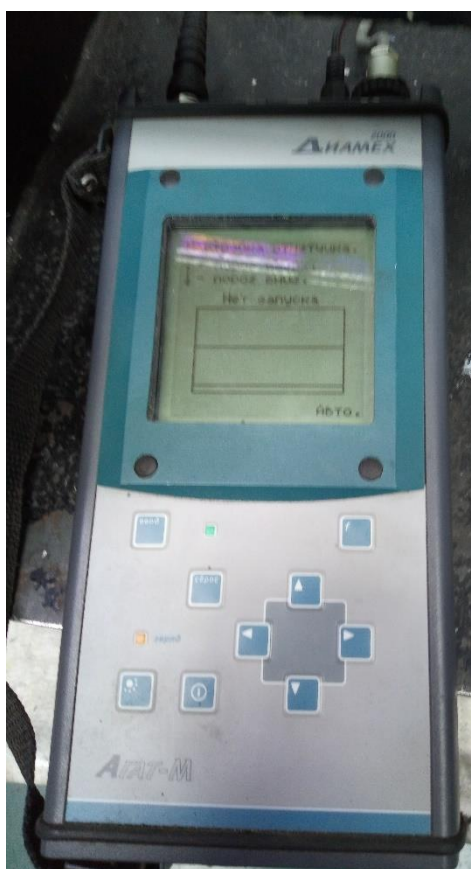


Figure 18 – «Vibration Analyzer AGAT-M»

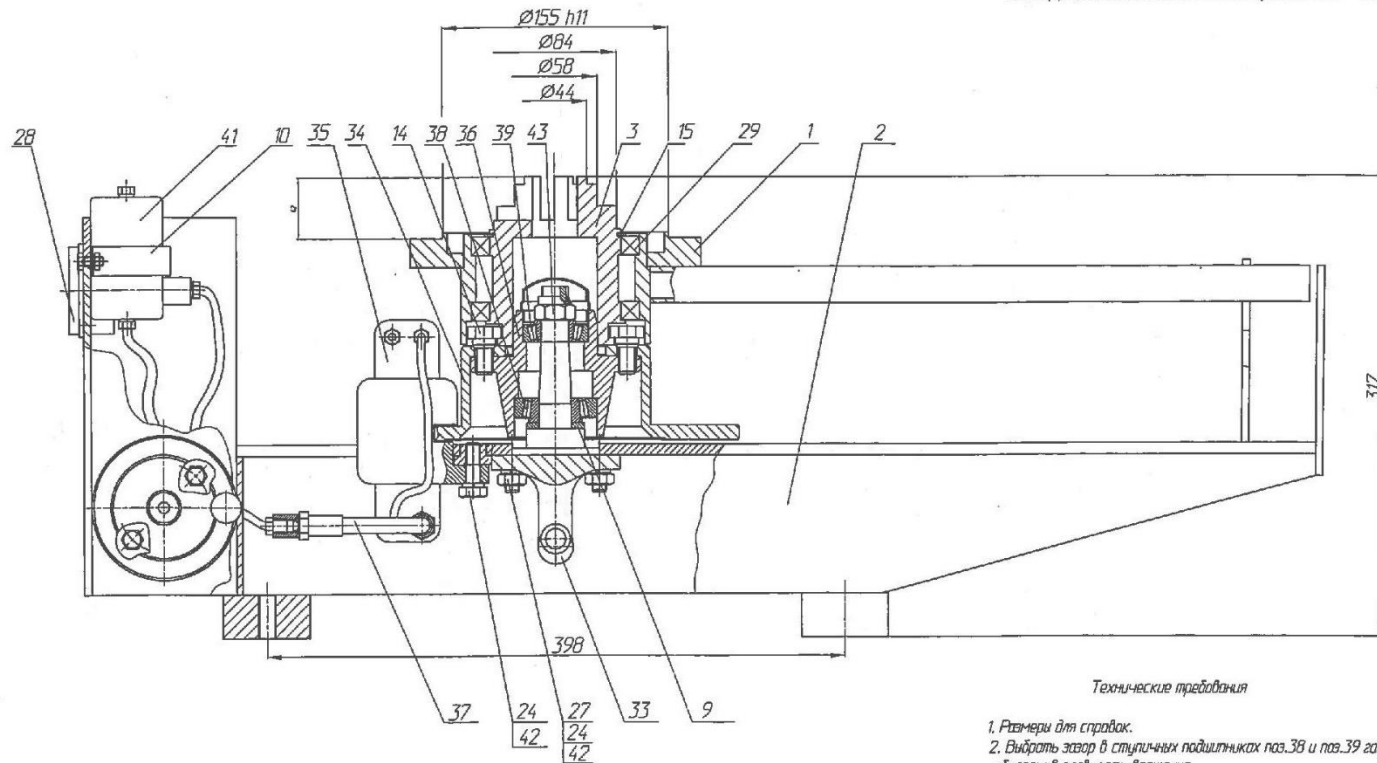
Приложение Б
(справочное)

Конструкторская документация
«Стенд нагрузочный СИ.111.00.000.СБ»

СИ.111.00.000СБ

Технические характеристики

1. Тип присоединительного места (под электроприбор) – А, Б, В
2. Диапазон испытательного момента, Н·м – 10...1000
3. Коэффициент к показаниям индикатора УСС-200 – 1/2



Технические требования

1. Размеры для справок.
2. Выбрать зазор в ступичных подшипниках поз.38 и поз.39 гайкой поз.43, обеспечив плавность вращения.
3. Застопорить гайку поз.43 кернением в поз.кулака поворотного поз.33.
4. Прокладать гидравлическую систему для удаления воздуха, используя гидравлическую жидкость поз.45.

СИ.111.00.000СБ					Лист	Масштаб	Масштаб
Стенд нагрузочный							1:2,5
(А, Б, В)					Лист 1	Листов 2	
(Сборочный чертеж)					ООО НПО "Сибмаш"		
Изм.	Лист	Исполн.	Подп.	Дата			
Разработ.		Проект.					
Провер.		Деталь.					
Сверст.		Деталь.					
Нач. АВ.		Деталь.					
Нач. АВ.		Деталь.					
Утв.		Деталь.					

архив А2

		Формат		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Зона	Поз.				
Перв. примен.							
					Документация		
Справ. №		A3		СИ.111.00.000 СБ	Сборочный чертеж	2	
					Сборочные единицы		
		A4	1	СИ.111.01.000	Платформа	1	
		A4	2	СИ.111.02.000	Основание	1	
					Детали		
		A3	2	СИ.111.00.001	Муфта	1	
		A4	4	СИ.111.00.002	Ручка	1	
		A4	5	СИ.111.00.003	Маховик	1	
		A4	6	СИ.111.00.004	Шток	1	
		A4	7	СИ.111.00.005	Фиксатор	1	
Подп. и дата		A4	8	СИ.111.00.006	Корпус	1	
		A4	9	СИ.111.00.013	Кольцо	1	
		A4	10	СИ.111.00.014	Хомут	1	
		A4	11	СИ.111.00.017	Маховик	1	
Инв. № дубл.		A4	12	СИ.111.00.018	Шток	1	
Взам. инв. №		A4	14	СИ.111.00.011	Болт	4	
		A4	15	ТЭП.001.00.00.018	Кольцо стопорное	1	
Подп. и дата					Стандартные изделия		
Инв. № подл.					СИ.111.00.000		
		Изм. / Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разраб.				Лит.	Лист
		Пров.					1
		Н.контр.				Листов	
	Утв.				4		
Стенд нагрузочный (А,Б,В)							

Копировал

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		30		Шарик II 9,525 Н ГОСТ 3722-81	1	
				Прочие изделия		
		33		Кулак поворотный левый 2101--7 2101-3001015	1	
		34		Диск переднего тормоза 2101-3501070	1	
		35		Суппорт левый 2101-07 2101-3501011-02	1	
		36		Ступица переднего колеса 2101-3103012	1	
		37		Шланг тормозной к распре- делителю 2101-3506085	1	
				Подшипники ступицы переднего колеса ВАЗ 2107		
		38		SK6-7805	1	
		39		LM11949/LM11910	1	
		40		Цилиндр главный тормозной 2101-3505008	1	

Копировал

Формат А4

