

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

Институт Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Кафедра «Автоматизация и роботизация в машиностроении»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка тренажера для вестибулярного аппарата УДК 681.136.54

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Симонова Виктория Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сикора Е.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. Менеджмент	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Буханченко С.Е.	к.т.н.		

Томск – 2016г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

по основной образовательной программе подготовки бакалавров
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств»,

Код	Результат обучения
<i>Универсальные</i>	
P1	Демонстрировать уважительное и бережное отношение к историческому наследию, накопленным гуманистическим ценностям и культурным традициям Российской Федерации, а также понимать современные тенденции отечественной и зарубежной культуры
P2	Понимать и следовать законам демократического развития страны, осознавая свои права и обязанности, при этом умело используя правовые документы в своей деятельности, а также демонстрировать готовность и стремление к совершенствованию и развитию общества на принципах гуманизма, свободы и демократии
P3	Осознавать социальную значимость своей будущей профессии и стремиться к саморазвитию, повышению квалификации и мастерства, владея при этом средствами самостоятельного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
P4	Обобщать, анализировать и систематизировать информацию, знать основные методы, способы и средства ее получения, хранения и переработки, демонстрируя при этом навыки работы с компьютером, традиционными носителями информации, распределенными базами знаний, в том числе размещенных в глобальных компьютерных сетях
P5	Владеть деловой, публичной и научной речью, как на русском, так и иностранном языках, демонстрируя при этом навыки создания и редактирования профессиональных текстов с учетом логики рассуждений и высказываний
P6	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и быть готовым нести за них ответственность при работе в коллективе, взаимодействуя с его членами на основе принятых в обществе моральных и правовых норм, проявляя уважение к людям, толерантность к другой культуре
P7	Обладать необходимым комплексом знаний в области естественных, социальных, экономических, гуманитарных наук, использовать законы и методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
P8	Разрабатывать, осваивать на практике и совершенствовать средства технологического оснащения, технологии, системы и средства автоматизации машиностроительных производств при организации серийного и массового выпуска изделий различного назначения

Р9	Уметь осуществлять выбор необходимых материалов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, средств автоматизации, программного обеспечения, технологии для проектирования, изготовления и испытания машиностроительной продукции
Р10	Владеть методами моделирования и проектирования производственных процессов, объектов и продукции машиностроительного производства с использованием современных информационных технологий и программного обеспечения мирового уровня
Р11	Уметь разрабатывать и внедрять технологические процессы изготовления машиностроительной продукции, основываясь на основных закономерностях, действующих в процессе ее изготовления с использованием современных информационных технологий
Р12	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда при изготовлении машиностроительной продукции
Р13	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов
Р14	Проводить испытания и диагностику состояния и динамики объектов машиностроительных производств, определять физико-механические свойства и технологические показатели материалов и готовых изделий с использованием методов, методик и средств программного анализа
Р15	Уметь разрабатывать проектную и техническую документацию по установленным формам, являющейся неотъемлемой частью всех этапов жизненного цикла изделий, а также выполнять составление отчетов по результатам производственных испытаний и научных исследований
Р16	Уметь осуществлять мероприятия по организации эффективного контроля качества материалов, технологических процессов, средств измерения и готовой машиностроительной продукции в соответствии с требованиями регламентирующей документации

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

Институт
Кибернетики

Направление подготовки (специальность) 15.03.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
Кафедра «Автоматизация и роботизация в машиностроении»

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой АРМ ИК

(Подпись) (Дата) Буханченко С.Е.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Симонова Виктория Вячеславовна

Тема работы:

Разработка тренажера для вестибулярного аппарата	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

29.05.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Количество посадочных мест: 2 Максимально достигаемая частота вращения, об/мин, не более: 20 Время эксплуатационного цикла, мин., не более: 3 Направление движения: Реверсивное Напряжение питания силовой цепи, В: 380 (50 Гц) Общая потребляемая мощность, не более, кВт: 2,5 Тип механизма вращения: Электромеханический с ременным зацеплением Габаритные размеры, мм, длина x ширина x высота x конструктивная: 3600 x 3160 x 5860 Площадь, занимаемая тренажером, кв.м: 11,4 Общий вес, не более, кг: 1000 Климатическое исполнение (по ГОСТ 15150) У, категория: 1 Нижний и верхний пределы: От -5 до +40 С

	<p>Ветровой район работы: Не более 10 м/с Допустимый вес одного пассажира, кг: 30-90 Возрастная группа: От 12 лет Срок эксплуатации: 10 лет Характеристика электродвигателя:- тип АИРС90L4У3 - частота вращения 1380об/мин - мощность 2,4 кВт</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка технического задания на проектирование и изготовление рамной конструкции тренажера. 2. Аналитический обзор конструкций современных тренажеров. 3. Разработка принципиально-кинематической схемы тренажера.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чертеж общий (СБ) – 1 л. (А3) 2. Спецификация – 1 л. (А4) 3. Чертеж детали – 1 л. (А4) 4. Технологическая карта – 4 л. (А4) 5. Карта наладки – 1 л. (А3)
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Технологическая часть	Пушкаренко А.Б
БЖД	
Экономическая часть	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
–	
–	
–	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сикора Евгений Александрович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Симонова Виктория Вячеславовна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, содержащую рисунки, таблицы, приложения, а также демонстрационный лист. Ключевые слова: проектирование, вестибулярный аппарат, тренажер, аттракцион.

Объектом проектирования является оборудование для тренировки вестибулярного аппарата. Предметом проектирования –тренажер для вестибулярного аппарата.

Целью данной выпускной квалификационной работы является создание и конструкторско-технологическая разработка тренажера для тренировки вестибулярного аппарата. В результате процесса разработки создана электронная модель с полностью проработанной конструкцией тренажера. Внешние габариты аттракциона составляют: 5601 x 3840 x 2980 мм. Тренажер состоит из 2х неразборных модулей, удобных для транспортировки, сборки и использования, остальные составные части разборные. Тренажер несет оздоровительно-развлекательную функцию, и может устанавливаться как в помещении, так и на улице. Разработана конструкторская документация и оформлена технологическая карта на изготовление основной детали изделия. Проект удовлетворяет всем установленным требованиям производственной безопасности.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010. При создании электронных моделей использовался программный продукт SolidWorks 2015. Все чертежи, электронные модели и пояснительная записка представлены в печатном виде.

Обозначения и сокращения

n - частота вращения аттракциона [об/мин];

ω -угловая скорость [рад/с];

$a_{\text{кор}}$ -кориолисово ускорение [$\text{м}/\text{с}^2$];

k - перегрузка;

P - мощность [кВт];

$M_{\text{кр}}$ - крутящий момент на валу двигателя. [$\text{Н}\cdot\text{м}$];

$n_{\text{дв}}$ – обороты двигателя [об/мин];

M_1 - крутящий момент на валу, создаваемый передачей [$\text{Н}\cdot\text{м}$];

M_2 , M_3 - крутящие моменты, создаваемые вращением кабины вокруг вала [$\text{Н}\cdot\text{м}$];

τ - касательное напряжение [Мпа];

G - модуль упругости [$\text{Н}/\text{м}^2$];

J_p – полярный момент инерции [$\text{кг}\cdot\text{м}^2$];

W_x – осевой момент сопротивления сечения [см^3]

$A_{\text{см}}$ – площадь смятия [см^3];

Q - поперечная сила, действующая на вал [Н];

$[\sigma]_{\text{см}}$ – допускаемое напряжение при смятии[МПа];

C_0 -динамическая грузоподъемность подшипника [кН];

C - статическая грузоподъемность подшипника.[кН];

K_b - коэффициент безопасности, учитывающий характер внешних нагрузок;

K_t -температурный коэффициент;

X , Y - коэффициенты соответственно радиальной и осевой нагрузок.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР.....	13
1.2 ИСТОРИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТО	13
1.3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АППАРАТОВ.....	14
1.4 Обзор существующих устройств фиксации человека на аттракционе. .	20
2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	23
2.1 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА	23
2.2 КОНСТРУИРОВАНИЕ АТТРАКЦИОНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ.....	25
2.3 РАСЧЕТ УСКОРЕНИЯ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА ЧЕЛОВЕКА	26
2.4 РАСЧЕТ ПЕРЕГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА.....	29
2.6 РАСЧЕТ ДИАМЕТРА ВАЛА	31
2.6.1 РАСЧЕТ ВНЕШНИХ МОМЕНТОВ	31
2.6.2. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР. НАХОЖДЕНИЕ ДИАМЕТРА ВАЛА.....	34
РАСЧЕТ НА КРУЧЕНИЕ.	34
2.6.3 РАСЧЁТЫ НА СРЕЗ И СМЯТИЕ.....	35
2.6.4 РАСЧЁТЫ НА ИЗГИБ.....	37
2.7 РАСЧЕТ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ	38
2.8 КОНСТРУИРОВАНИЕ ВАЛА.....	39
РАСЧЕТ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ.....	39
2.9 Выбор подшипников по динамической грузоподъемности для предупреждения усталостного разрушения.	41
2.10 Расчет болтового соединения.	42
1.11 Расчет деформации пластины вала.....	43
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	46
ВВЕДЕНИЕ.....	46
3.1 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ.....	47
3.2 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ	47

3.3. ВЫБОР ЗАГОТОВКИ	48
3.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ	48
3.5. РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ	54
Составление размерной схемы технологического процесса для шейки вала Ø105 к6	54
ТОНКОЕ ШЛИФОВАНИЕ	57
ЧИСТОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ	59
ЧИСТОВОЕ ТОЧЕНИЕ	60
ЧЕРНОВОЕ ТОЧЕНИЕ	61
3.6 ВЫБОР РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ	62
ЧЕРНОВОЕ ТОЧЕНИЕ	62
ТОЧЕНИЕ КАНАВКИ	65
ТОЧИТЬ НАЧИСТО	67
НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ М100 1,5	69
ТОЧЕНИЕ ФАСКИ	70
ПРОВЕРКА ПО МОЩНОСТИ ПРИВОДА ШПИНДЕЛЯ СТАНКА	70
3.7 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ	70
3.8 Выбор измерительного инструмента	73
3.9 Нормирование	73
3.10 Составление программы в G-кодах	79
3.11 РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
4. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	83
Введение	83
Объектом экономического исследования в рамках написания ВКР является тренажер для вестибулярного аппарата	83
4.1 Определение трудоемкости выполнения работы	83
4.2 Структура работ в рамках научного исследования	87
4.3 Разработка графика проведения научного исследования	88
Заключение	93

5. Раздел «Социальная ответственность»	95
Введение.....	95
5.1 Организация рабочего места оператора ПЭВМ.....	95
5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	100
5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	104
5.4 Охрана окружающей среды	106
5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	107
Выводы	110
Список использованных источников	111
Приложения	114

ВВЕДЕНИЕ

Вестибулярный аппарат – орган, воспринимающий изменения положения головы и тела в пространстве и направления движения тела. Он обеспечивает равновесие тела в покое и движении.

Вестибулярный аппарат является надежным источником информации о действующих на организм динамических возмущениях. Под влиянием инерционных сил в вестибулярном аппарате происходят сложные динамические процессы, приводящие к раздражению рецепторов. В результате раздражения рецепторов возникает ряд рефлексов: изменение тонуса мышц, туловища и конечностей, ритмические подергивания глаз и вегетативные реакции. При значительном раздражении вестибулярного аппарата проявляется симптомокомплекс укачивания. Все преобразования в вестибулярном аппарате направлены на то, чтобы использовать или устранять действующие на организм динамические возмущения.[1]

Для летчиков, моряков, спортсменов, и для космонавтов в особенности, особенно важна нормальная работа вестибулярного аппарата. Ведь им в очень трудных условиях приходится определять положение своего тела в пространстве. С наступлением состояния невесомости или перегрузках могут возникнуть вестибулярные расстройства. Именно поэтому изучению вестибулярного аппарата уделяют особое внимание космическая физиология и медицина, потому что от него зависит нормальное состояние человека при нагрузках.

Вестибулярная подготовка – комплекс мероприятий, направленных на повышение устойчивости вестибулярного анализатора в составе функциональной системы анализаторов пространственной ориентировки к космической болезни движения. [2]

Тренировки, повышающие устойчивость вестибулярного анализатора, подразделяются на пассивные и активные. Первые включают вращение человека на различных стендах, качание на качелях и раздражение. Активные тренировки проводятся в часы физической подготовки, когда испытуемые,

наряду с укреплением мышечной, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем организма, упражняют вестибулярный анализатор. Здесь широко представлены вращение на лопинге и на рейнском колесе, прыжки на батуте, акробатика, прыжки в воду и т.д. [3]

Актуальность данной работы определяется потребностью любого человека иметь здоровый вестибулярный аппарат.

Объектом проектирования является оборудование для тренировки вестибулярного аппарата. Предметом проектирования - тренажер для вестибулярного аппарата.

Основной целью данной выпускной квалификационной работы является создание и конструкторско-технологическая разработка тренажера для тренировки вестибулярного аппарата .

Для достижения поставленной цели, были решены следующие задачи:

- Проведен анализ вестибулярной подготовки космонавтов, а также анализ существующих тренажеров.
- Разработана кинематическая схема.
- Определены размеры основных элементов конструкции.
- Подобран крепеж и подшипники.
- Создана трехмерная модель в среде SolidWorks.
- Разработан технологический процесс изготовления детали.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.2 ИСТОРИЯ ВЕСТИБУЛЯРНОЙ ПОДГОТОВКИ КОСМОНАВТО

Система вестибулярных тренировок является отличительной особенностью подготовки советских (российских) космонавтов. Она строится на основании работ, свидетельствующих о возможности повышения устойчивости человека к действию вестибулярных раздражителей [7, 10].

Система вестибулярной подготовки включает:

1. Вестибулярные (вестибулометрические) исследования:

- исследование устойчивости к кумулятивному воздействию вестибулярных раздражений: (качания на качелях Хилова [10], кумуляция ускорений Кориолиса: прерывистая кумуляция ускорений Кориолиса [2]; непрерывная кумуляция ускорений Кориолиса) [8].

2. Вестибулярные тренировки:

- активные;
- пассивные.

Для вестибулярных исследований и пассивных вестибулярных тренировок в различное время использовались стенд «Баланс», кресло Барани, кресло вращающееся с переводом на неустойчивую опору, универсальное вращающееся и наклоняющееся кресло (УВНК-64), кресло вращающееся для исследований и тренировок (КВИТ-1), центрифуга ЦФ-10, оптокинетический барабан, качели Хилова, автономный динамический стенд «Волчок» (тренажер с велосипедным приводом, вращающийся вокруг вертикальной оси).

Под активной вестибулярной тренировкой понимается выполнение комплексов активных движений с использованием специальных устройств или без них. Статокинетическую устойчивость повышают упражнения на брусках, турнике, гимнастических кольцах и других снарядах, фигурное катание, акробатика, баскетбол, футбол, плавание и другие виды спорта.

Тренировки на качелях Хилова начались с 1963 г., а тренировки с воздействием ускорений Кориолиса с 1964 г. Доля тренировок функции равновесия постепенно снижалась и сошла на нет к 1984 г. Доля тренировок на качелях Хилова практически не изменялась, но в 1996 г. они также прекратились в связи с низкой эффективностью и невозможностью проведения тренировок в течение месяца до старта. Начиная с 1987 г. тренировки проводились только с воздействием ускорений Кориолиса.

Такова была первая тенденция в развитии вестибулярной подготовки. Необходимо отметить, что в дальнейшем тренировки с воздействием ускорений Кориолиса совершенствовались в двух направлениях: повышение тренируемости за счет приема адаптогена элеутерококка (адаптогены—фармакологическая группа препаратов природного или искусственного происхождения, способных повышать неспецифическую сопротивляемость организма к широкому спектру вредных воздействий физической, химической и биологической природы.) [1] и проведение тренировок с аperiodическим воздействием вестибулярных раздражителей [5].

Анализ вестибулярной подготовки показал, что существующая система вестибулярной подготовки сложилась в результате трех тенденций: использования для тренировок кумулятивных воздействий (совместное действие нескольких источников), преимущественно ускорений Кориолиса, приближения срока окончания тренировок максимально близко к старту, уменьшения общего количества тренировок. [2]

1.3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АППАРАТОВ

С 1959 года начинается подготовка космонавтов для полетов в космос. В это время проводятся тренировки на бегущей дорожке, качелях Хилова, в кресле Барани, в барокамере, сурдокамере, на вибростенде, центрифуге и др.

За прошедшие годы было создано множество различных станций, тренажеров и аттракционов для тренировки вестибулярного аппарата. Но в рамках дипломного проектирования будет произведен анализ тренажера для

вестибулярного аппарата – аттракцион «Хип-хоп». Для использования тренажера в повседневной жизни, для людей разных профессий.

Таблица 1. Существующие аппараты для вестибулярной подготовки

Название	Описание	Внешний вид
<p>Качели Хилова</p>	<p>Четырёхштанговые качели с одинаковыми и параллельными штангами. При укачивании на таких качелях происходит раздражение отолитового аппарата, сопровождающееся соответственными рефлексамии, преимущественно вегетативного характера. Чем сильнее выражены рефлексии, тем возбудимость отолитового аппарата сильнее, и наоборот.</p>	
<p>Кресло Барани</p>	<p>Специальный вращающийся стул для исследования функционального состояния вестибулярного анализатора. Кресло Барани состоит из сиденья, вращающегося в горизонтальной плоскости, и основы. К сиденью прикреплены вертикальный стержень, поручни и подножка</p>	
<p>Лопинг</p>	<p>Тренажером предусмотрено вращение в вертикальной плоскости. Вращение создается силами спортсмена. Тренажер предназначен для одного спортсмена. Качели оснащены ногоступами с креплением стоп, поясом безопасности, петлями для удержания кистей рук на поручнях.</p>	
<p>Ренское колесо</p>	<p>Состоит из двух одинаковых трубчатых ободов, скреплённых поперечинами; имеет крепления для ног и рук.</p>	

<p>Аттракцион «Хип-хоп»</p>	<p>Аттракцион представляет собой вертикальную карусель сложного вращения, рассчитанная на два человека. Кабина имеет возможность свободного кругового вращения</p>	
-----------------------------	--	---

В представленных аппаратах (кресло Барани, Лопинге) испытание происходит по следующей схеме: минута вращения – минута отдыха. В аппарате Ренское колесо испытуемый минуту вращается в одну сторону, минуту в другую. В течение вращения испытуемый должен медленно поднимать и опускать голову, в результате сложения движений головы и человека на аттракционе возникает кориолисово ускорение, которое влияет на работу вестибулярного аппарата. Качели Хилова перемещаются параллельно полу (за счет конструкции сидения), в отличие от обычных, которые перемещаются по дуге. Это создаёт линейные ускорения и раздражает вестибулярный аппарат.

В рассматриваемом данном дипломном проекте аттракцион «Хип-хоп» имеет ряд преимуществ в сравнении с представленными выше аппаратами. Во-первых, в данном аттракционе испытуемому не нужно специально перемещать голову, кориолисово ускорение возникает в результате сложного вращения: общего вращения в вертикальной плоскости и вращения кабины вокруг своей оси. Во-вторых, аттракцион имеет автоматизированный привод, в отличие от представленных тренажеров, что облегчает его использование. Опять же, несомненным преимуществом является то, что можно испытывать одновременно два человека.

Таблица 2. Классификация аттракциона по конструкции

Внешний вид	Характеристика
	<p>Кабина открытая. Противовес кабины выполнен в виде «Клоуна». С двумя направляющими, для крепления кабины.</p>



Кабина открытая. Противовес кабины выполнен в виде «лодочек». С двумя направляющими, для крепления кабины.



Кабина прикрытая. Противовес выполнен в виде «Джина» С одной направляющей, для крепления кабины.



Кабина цельная, с закрытой спиной. Имеет три посадочных места. Выполнен по принципу гироскопа.

	<p>Кабина напоминает форму шара. Имеет четыре посадочных места. Выполнен по принципу гироскопа. Противовеса не имеет.</p>
	<p>Цельная кабина. Имеет дополнительный привод для вращения кабины. С двумя направляющими, для крепления кабины.</p>

Таблицы 1 и 2 наглядно иллюстрируют разнообразие дизайна и конструкций тренажеров для вестибулярного аппарата. В данный момент ассортимент аттракционов и тренажеров очень велик. Конструкторы создали достаточно много вариативных решений данного изделия, имеющего как развлекательный, так и оздоровительный характер.

Таблица 3. Примеры существующих образцов аттракционов «Хип хоп»

Производитель	Описание
---------------	----------

Ейский завод «Аттракцион»



Технические характеристики:

Вместимость, человек-2
Габаритные размеры — длина 2,44м
Габаритные размеры — ширина 2,85м
Габаритные размеры — высота 5,86м
Установленная мощность привода вращения, кВт 2,2
Установленная мощность иллюминации, кВт 0,45
Масса, кг 1376
Занимаемая площадь, кв. м 52,5
Напряжение питания аттракциона, В 220/380

НПП Культтехника-Юг-
Производство аттракционов
г. Краснодар



Вместимость, человек-2

Габаритные размеры — длина 7м
Габаритные размеры — ширина 5м
Габаритные размеры — высота 6м
Установленная мощность привода вращения, кВт 6,5
Установленная мощность иллюминации, кВт 4,2
Масса, кг 1200
Занимаемая площадь, кв. м 66
Напряжение питания аттракциона, В 220/380

ООО «Супер Пиар» г.Москва



Вместимость, человек-2

Габаритные размеры — длина 5м
Габаритные размеры — ширина 3м
Габаритные размеры — высота 5,9м
Установленная мощность привода вращения, кВт 3
Установленная мощность иллюминации, кВт 4,2
Масса, кг 1000
Занимаемая площадь, кв. м 35
Напряжение питания аттракциона, В 380

1.4 Обзор существующих устройств фиксации человека на аттракционе.

На аттракционе «Хип-хоп» и подобных аттракционах используются индивидуальные крепления с ручным закреплением или автоматическим. Все фиксирующие устройства имеют один принцип работы: пассажир аттракциона усаживается на посадочное место и фиксируется в нем удерживающим устройством, придвигая его вплотную к себе вручную или с помощью приводов. При этом удерживающее устройство фиксируется фиксатором. Необходимы дополнительные крепления для ног.



Рис. 1. Устройство фиксации человека на аттракционе «Хип-хоп»

Устройство фиксации (рис. 1) состоит из удерживающего устройства, прикрепленного в верхней части рамы посадочного места и фиксатора (ремень). Снабжено дополнительным элементом фиксации-цепочкой. Закрепляется пассажиром или оператором вручную.



Рис. 2. Устройство фиксации человека на аттракционе «Хип-хоп»

Устройство фиксации человека на аттракционе «Хип-хоп» (рис. 2) состоит из удерживающего устройства и фиксатора. Отличие такого крепления от крепления (рис. 1) в фиксаторе. В роли фиксатора выступает шарнирно закрепленный стержень, имеющий регулируемое фиксированное положение. Фиксируется при помощи штифта. Закрепляется вручную оператором.



Рис. 3. Устройство фиксации человека на аттракционе-аналоге «Хип-хопа»

Известно устройство фиксации (рис.3) людей на движущемся объекте, содержащее удерживающее устройство, шарнирно закрепленное относительно рамы посадочного места, и гидравлический привод удерживающего устройства. Закрепляется оператором централизованно.



Рис. 4. Устройство фиксации человека на аттракционе –аналоге «Хип-хопа»

Устройство фиксации (рис. 4) состоит из удерживающего устройства и фиксаторов. Выполненных в виде цепочек с карабином, расположенных по краям от пассажира. Закрепляется вручную оператором.

В соответствии с ГОСТ:

Устройства фиксации для каруселей при частоте вращения более 8 об/мин и линейной скорости v , превышающей 3 м/с, должны соответствовать, как минимум, следующим требованиям:

- коллективное;
- с индивидуально регулируемым фиксирующим положением;
- отпираемое вручную оператором;

Все рассмотренные выше крепления удовлетворяют требованиям и классификации ГОСТ «Безопасность аттракционов» ГОСТ Р 53130-2008

Крепление (рис. 1) не обладают достаточной надежностью. Удерживающее устройство не жестко фиксируется ремнями, что может привести к расфиксации пассажира во время движения.

В устройстве фиксации (рис. 2) удерживающее устройство жестко крепится при помощи шарнирно закреплённого стержня. Но только с одной

стороны удерживающего устройства, что при многократном использовании может нарушить симметричность удерживающего устройства.

Устройство фиксации (рис. 3) автоматически закрепляется и открывается за счет гидравлического привода, который целесообразно использовать, когда много посадочных мест. В проектируемом аттракционе 2 посадочных места, поэтому такое крепление использовать не целесообразно.

Устройство фиксации (рис. 4) имеет два индивидуальных удерживающих устройства, регулируемых под пассажира за счет использования в роли фиксаторов – цепочки с карабином. Фиксация происходит по обоим краям фиксирующего устройства. Надежный и недорогой способ крепления.

В проектируемом аттракционе «Хип-хоп» будет использовано крепление (рис. 4) с индивидуально регулируемым фиксирующим положением и двух фиксаторов- цепочки с карабином.

2. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Аттракцион «Хип-хоп» в большей степени относится к развлекательной технике. Согласно федеральному закону: «аттракционы механизированные вращательного движения – аттракционы перемещающие модули пассажирские преимущественно вращательно (вращаются и (или) раскачиваются), в том числе со сложным движением (качели, карусели, колеса обозрения, симуляторы перемещений)». Но в рамках этого дипломного проекта аттракцион «Хип-хоп» будет рассматриваться и как тренажер для вестибулярного аппарата.

Основываясь на существующих моделях аттракционов, представим общий вид проектируемого тренажера.

Аттракцион (рис. 5) включает в себя основание 1; четыре стойки 2, соединенные горизонтальными перекладинами 3 и имеющие в верхней части подшипниковые узлы 4; кабину 5, с возможностью вращения вокруг своей горизонтальной оси, имеющей подшипниковые узлы 6; стрелы 7, на которых крепится кабина и противовесы 8; горизонтальная, балка-ось. Основываясь на общем виде аттракциона с составим кинематическую схему. (рис.6)

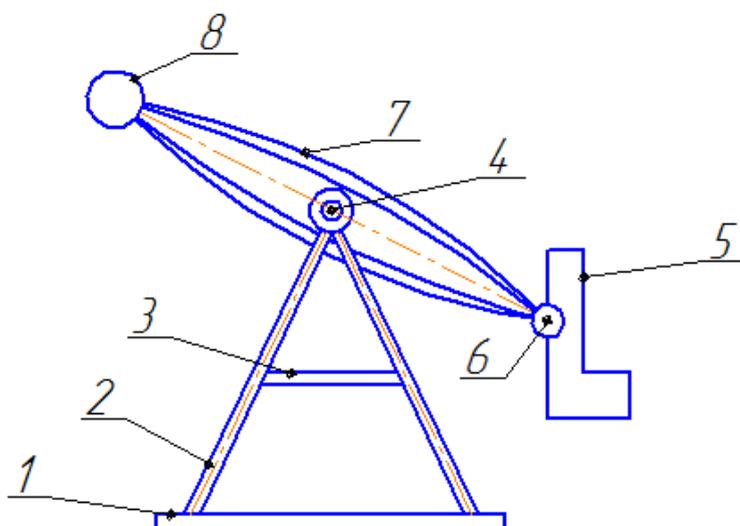


Рис. 5. Общий вид аттракциона

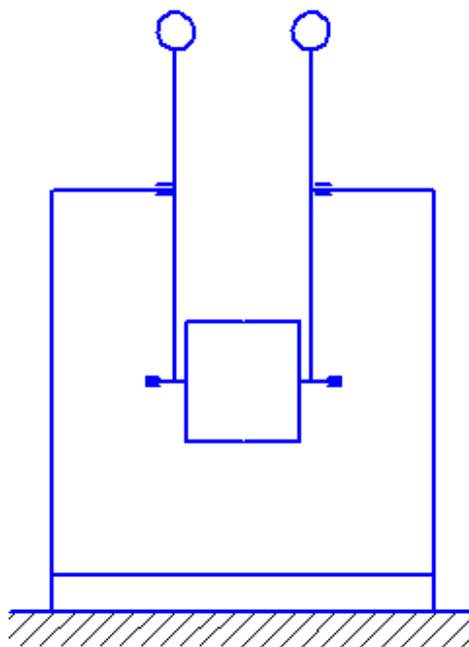


Рис. 6. Кинематическая схема аттракциона

Недостатком конструкции является невозможность регулирования перегрузки, действующей на человека. Это можно решить при помощи регулирования плеча (расстояния от горизонтальной балки-оси до горизонтальной оси кабины).

2.2 КОНСТРУИРОВАНИЕ АТТРАКЦИОНА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАБАРИТНЫХ РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ.

В рассматриваемом аттракционе раздражителем вестибулярного аппарата является перегрузка. Чтобы узнать, какая перегрузка будет действовать на человека в момент тренировки, необходимо знать, какое ускорение приобретает человек, вращаясь на аттракционе.

Для определения максимального ускорения, необходимо задаться размерами кабины, высотой аттракциона, расстояние от кабины до основания аттракциона.

Форма и размеры кабины полностью зависят от антропометрических характеристик.

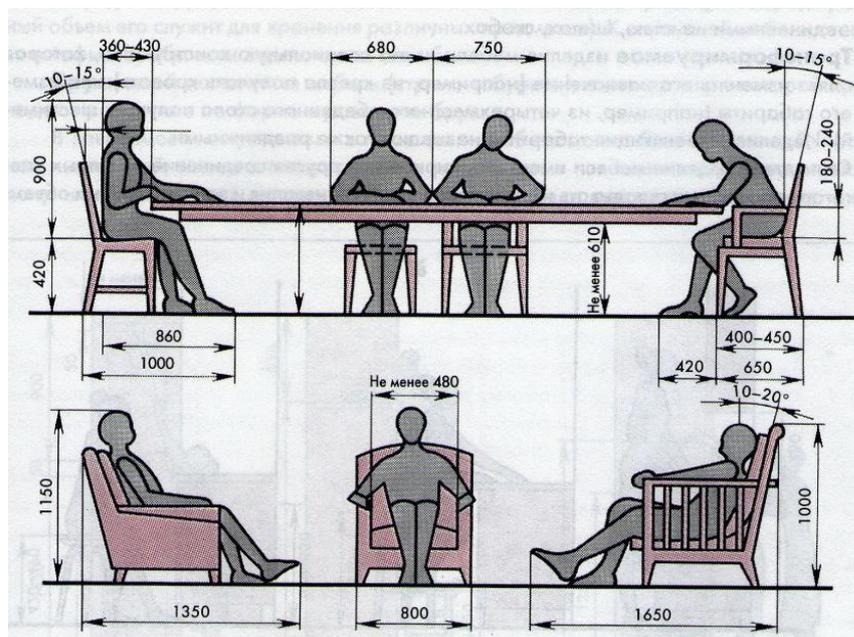


Рис. 7. Среднестатистические антропометрические данные

С точки зрения эргономики и антропометрии (рис. 7) кабина должна обладать габаритами не меньше: внешние габариты – высота 1350 мм, ширина 608 мм, длина 1000 мм; расстояние от кабины до основания аттракциона 565 мм. На данном этапе зададимся высотой аттракциона 5860 мм. Габариты для расчётов представим на рис.8

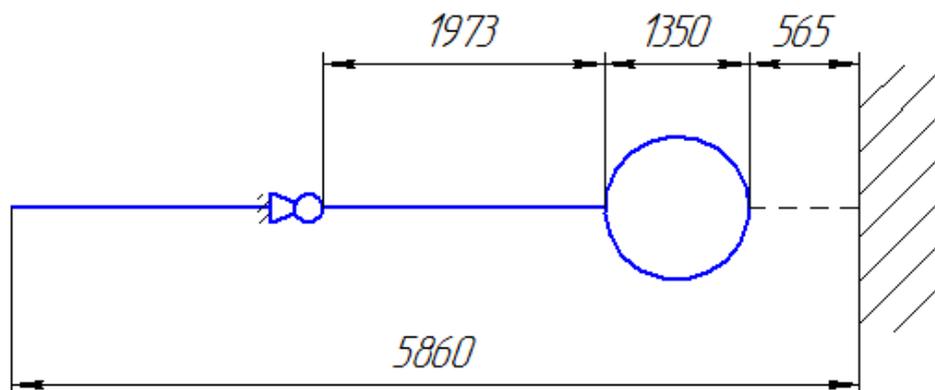


Рис.8 Габариты аттракциона для расчёта ускорения.

2.3 РАСЧЕТ УСКОРЕНИЯ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА ЧЕЛОВЕКА

Для того чтобы узнать какое ускорение приобретает человек, необходимо найти максимальное ускорение. Для этого посчитаем ускорение в четырех крайних точках. На рис 9. представлена принципиальная схема вращения человека, находящегося в нижней точке аттракциона.

Результаты анализа сложного движения точки:

- относительное движение – движение точки по окружности;
- переносное движение – движение точки относительно опоры;

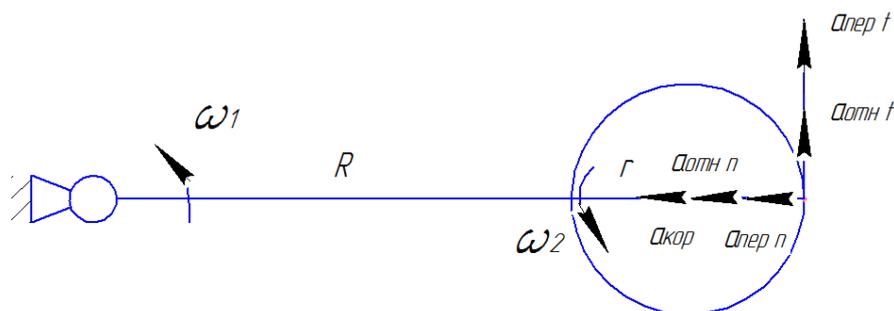


Рис. 9 Схема вращения человека, находящегося в нижней точке аттракциона.

Для решения этой задачи, необходимо задаться угловыми скоростями ω_1 и ω_2 . Так как в техническом задании задана частота вращения аттракциона, то можно найти ω_1 .

Формула для расчета угловой скорости(2.1):

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ [рад/с]}, \text{ где } n - \text{ частота вращения аттракциона [об/мин]} \quad (2.1)$$

$$\omega_1 = \frac{2 * \pi * n}{60} = \frac{2 * 3,14 * 20}{60} = 2,09 \text{ рад/с.}$$

Чтобы найти угловую скорость человека в кабине, предположим, что кабина вращается вокруг своей геометрической оси 19 об/мин.

$$\omega_2 = \frac{2 * \pi * n}{60} = \frac{2 * 3,14 * 19}{60} = 1,98 \text{ рад/с.}$$

Для нахождения абсолютного ускорения воспользуемся формулой(2.2):

$$a = \sqrt{(a_{\text{отн}}n)^2 + (a_{\text{отн}}t)^2 + (a_{\text{пер}}n)^2 + (a_{\text{пер}}t)^2 + (a_{\text{кор}})^2} \text{ м/с}^2 \quad (2.2)$$

$a_{\text{отн}}t$ и $a_{\text{пер}}t = 0$, т.к. предположим, что тело движется с постоянным угловым ускорением. Следовательно, формулы примет вид (2.3):

$$a = \sqrt{(a_{\text{отн}}n)^2 + (a_{\text{пер}}n)^2 + (a_{\text{кор}})^2} \text{ м/с}^2, \text{ где} \quad (2.3)$$

$a_{\text{отн}}n$ - относительное (нормальное) ускорение. $a_{\text{отн}}n = \frac{V_2^2}{r}$, м/с², где V_2 – скорость движения человека в кабине. r - радиус окружности кабины 675 мм. Относительное движение — это движение материальной точки/тела относительно подвижной системы отсчёта.

$a_{\text{пер}}n$ -переносное (нормальное) ускорение. Переносное движение — это движение подвижной системы отсчета и всех постоянно связанных с нею точек пространства относительно базовой системы отсчета. $a_{\text{пер}}n = \omega_1 * (R')$ м/с². где ω_1 - частота вращения аттракциона, R' - расстояние от исследуемой точки до базовой системы отсчета. R - радиус стрелы 1973мм.

$a_{\text{кор}}$ -кориолисово ускорение (поворотное ускорение). Возникает при сложном движении тела. $a_{\text{кор}} = 2 * \omega_1 * V_2$ м/с², ω_1 - частота вращения аттракциона. V_2 - скорость движения человека в кабине.

$$a_{\text{отн}}n = \frac{V_2^2}{r}; V_2 = \omega_2 * r; a_{\text{отн}} = 2,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{пер}}n = \omega_1(R + 2r) = 2,09(1,973 + 2 * 0,675) = 6,95 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{кор}} = 2 * \omega_1 * V_2 = 2 * 2,09 * 1,33 = 5,5 \text{ м/с}^2$$

$$a = \sqrt{(a_{\text{отн}n})^2 + (a_{\text{пер}n})^2 + (a_{\text{кор}})^2} = 9,23 \text{ м/с}^2$$

Найдем ускорение в следующей точке (рис.10):

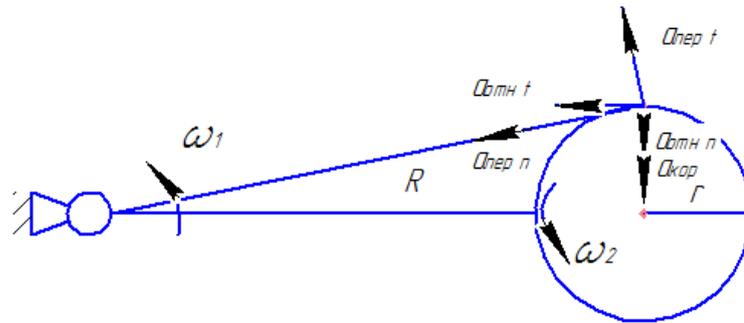


Рис. 10 Схема вращения человека, находящегося в крайней правой точке аттракциона.

$$a_{\text{отн}n} = \frac{V_2^2}{r}; V_2 = \omega_2 * r; a_{\text{отн}n} = 2,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{пер}n} = \omega_1 \sqrt{((R+r)^2 + r^2)} = 2,09 \sqrt{((1,973 + 0,675)^2 + 0,675^2)} = 5,7 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{кор}} = 2 * \omega_1 * V_2 = 2 * 2,09 * 1,33 = 5,5 \text{ м/с}^2$$

$$a = \sqrt{(a_{\text{отн}n})^2 + (a_{\text{пер}n})^2 + (a_{\text{кор}})^2} = 8,33 \text{ м/с}^2$$

Ускорение в верхней точке (рис.11):

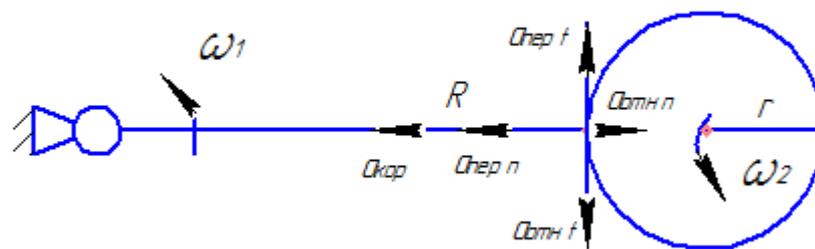


Рис. 11 Схема вращения человека, находящегося в верхней точке аттракциона.

$$a_{\text{отн}n} = \frac{V_2^2}{r}; V_2 = \omega_2 * r; a_{\text{отн}n} = 2,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{пер}n} = \omega_1 (R) = 2,09 (1,973) = 4,12 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{кор}} = 2 * \omega_1 * V_2 = 2 * 2,09 * 1,33 = 5,5 \text{ м/с}^2$$

$$a = \sqrt{(a_{\text{отн}}n)^2 + (a_{\text{пер}}n)^2 + (a_{\text{кор}})^2} = 7,3 \text{ м/с}^2$$

Найдем ускорение в следующей точке (рис.12):

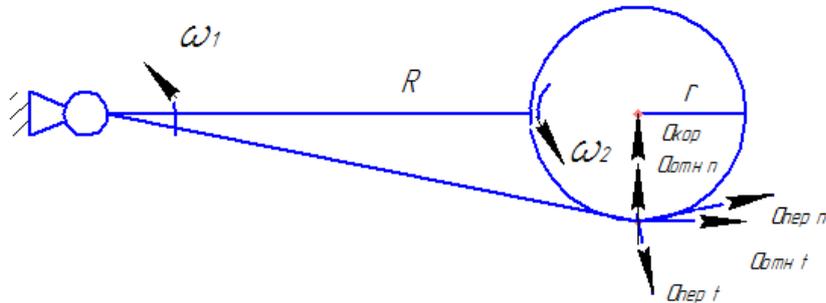


Рис. 12 Схема вращения человека, находящегося в крайней левой точке аттракциона.

$$a_{\text{отн}}n = \frac{V_2^2}{r}; V_2 = \omega_2 * r; a_{\text{отн}} = 2,6 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{пер}}n = \omega_1 \sqrt{((R+r)^2 + r^2)} = 2,09 \sqrt{((1,973 + 0,675)^2 + 0,675^2)} = 5,7 \text{ м/с}^2$$

$$a_{\text{кор}} = 2 * \omega_1 * V_2 = 2 * 2,09 * 1,33 = 5,5 \text{ м/с}^2$$

$$a = \sqrt{(a_{\text{отн}}n)^2 + (a_{\text{пер}}n)^2 + (a_{\text{кор}})^2} = 8,33 \text{ м/с}^2$$

2.4 РАСЧЕТ ПЕРЕГРУЗКИ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ НА ЧЕЛОВЕКА

Перегру́зка — отношение абсолютной величины линейного ускорения, вызванного негравитационными силами, к ускорению свободного падения на поверхности Земли. Будучи отношением двух сил, перегрузка является безразмерной величиной, однако часто перегрузка указывается в единицах ускорения свободного падения \$g\$. Перегрузка в 1 единицу (то есть 1 \$g\$) численно равна весу тела, покоящегося в поле тяжести Земли. Перегрузка в 0 \$g\$ испытывается телом, находящемся в состоянии свободного падения под воздействием только гравитационных сил, то есть в состоянии невесомости. [6]

Увеличение веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса, называют перегрузкой. Перегрузка рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{P}{P_0} \quad (2.4)$$

где: P – вес тела, испытывающего перегрузку, P_0 – вес этого же тела в состоянии покоя. Перегрузка – безразмерная величина. [6]

Произведем расчет перегрузки, для человека, сидящего в кабине, и находящегося в нижней точке аттракциона. (рис.9)

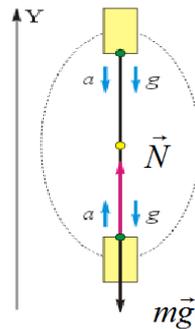


Рис.13 Схема человека, сидящего в кабине, и находящегося в нижней и верхней точке аттракциона

Дано: $a = 9,23 \text{ м/с}^2$ $m = 70 \text{ кг}$

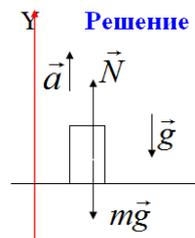


Рис.14. Расчетная схема перегрузки.

Запишем второй закон Ньютона:

$\vec{N} + m\vec{g} = m\vec{a}$ Запишем уравнение в проекциях:

OY: $N - mg = ma$

Преобразуем уравнение, выразив неизвестную величину N

$$N = ma + mg$$

$$N = m(a + g), \quad \text{где } g = 9,8 \text{ м/с}^2$$

По третьему закону Ньютона:

$$|N| = |P|$$

Проведем вычисления, подставив значения

$$N = 70 \text{ кг} (9,23 \text{ м/с}^2 + 9,8 \text{ м/с}^2)$$

$$N = 1332,1 \text{ Н.}$$

Так как в обычных условиях вес человека: $P = mg$

$$P = 70 \text{ кг} * 9,8 \text{ м/с}^2 = 686 \text{ Н.}$$

Человек испытывает перегрузку:

$$k = m(a+g) / mg$$

$$k = 1332,1 \text{ Н} / 686 \text{ Н} = 1,9$$

Обычный человек может выдерживать перегрузки до 15 g около 3—5 секунд без потери сознания. Перегрузки от 20—30 g и более человек может выдерживать без потери сознания не более 1—2 секунд и зависимости от величины перегрузки.

Примерные значения перегрузок, встречающихся в жизни

Человек, стоящий неподвижно	1 g
Пассажир в самолёте при взлёте	1,5 g
Парашютист при приземлении со скоростью 6 м/с	1,8 g
Парашютист при раскрытии парашюта (при изменении скорости от 0 до 5 м/с)	5,0 g
Космонавты при спуске в космическом корабле «Союз»	до 3,0 —4,0 g
Лётчик при выполнении фигур высшего пилотажа	до 5 g
Лётчик при выведении самолёта из пикирования	8,0— 9 g
Перегрузка (длительная), соответствующая пределу физиологически х возможностей человека	8,0— 10,0 g
Наибольшая (кратковременная) перегрузка автомобиля, при которой человеку удалось выжить	179,8 g

[7]

2.6 РАСЧЕТ ДИАМЕТРА ВАЛА

2.6.1 РАСЧЕТ ВНЕШНИХ МОМЕНТОВ

Для того чтобы рассчитать диаметр вала, необходимо знать внешние (скручивающие) моменты на валу M_1, M_2, M_3 . (рис.15)

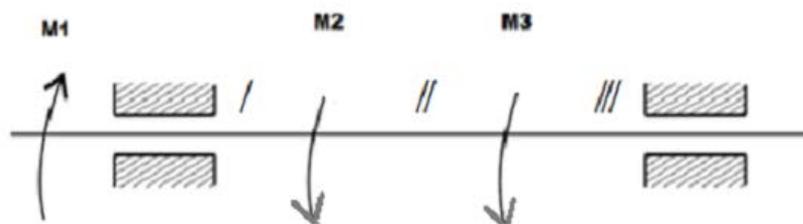


Рис.15 Схема моментов

Для нахождения момента M_1 воспользуемся следующими формулами:

Формула расчета мощности в зависимости от крутящего момента и оборотов двигателя:

$$P = M_{кр} * n, \quad (2.5)$$

где:

P - мощность (кВт)

$M_{кр}$ - крутящий момент на валу двигателя. (Нм).

$n_{дв}$ - обороты двигателя (об/мин).

9549- коэффициент.

$$M_{кр} = \frac{P}{(n * 2 * \pi) / 60} = \frac{2,4 * 1000}{(1380 * 2 * 3,14) / 60} = 16,6 \text{ (Нм)}$$

$n_{дв} * M_{кр} = n * M_1$, где n - частота вращения вала 20 (об/мин)

$$M_1 = \frac{n_{дв} * M_{кр}}{n} = 1147 \text{ (Нм)}$$

Для нахождения моментов M_2 и M_3 необходимо определиться с массой кабины (с человеком) и массой противовеса.

Масса противовеса в идеальном случае должна уравновешивать конструкцию. Т.е. масса противовеса должна быть равна сумме двух сидящий в аттракционе людей и кабины. У аттракциона имеются возрастные ограничения - аттракцион предназначен для детей от 14 лет и взрослых. Исходя из этого зададимся массой человека.

Среднестатистическая масса ребенка четырнадцати лет- 45 кг.
Среднестатистическая масса взрослого человека- 70кг. Ограничимся максимально допустимым весом взрослого-100 кг. Масса кабины- 110кг (возьмем из трехмерной модели).

Рассмотрим возможные ситуации рассадки:

- Ребенок + ребенок+ кабина (48+48+110=206)
- Ребенок + взрослый средней массой+ кабина (48+70+110=228)
- Ребенок + взрослый максимально допустимой массы+ кабина (48+100+110=258)
- взрослый средней массой+ взрослый средней массой+ кабина(70+70+110=250)
- взрослый максимально допустимой массы+ взрослый максимально допустимой массы+ кабина(100+100+110=310)

Исходя из этого противовес должен весить: $(310+206)/2=258$ кг.

Рассчитаем среднее отклонение массы кабины с людьми от противовеса:

$$m = \frac{(258-310)+(258-250)+(258-258)+(258-228)+(258-206)}{5} = 28,4 \text{ кг}$$

$M_2 = F \cdot R$, где F- сила, $R=1,973\text{м}$ - плечо (радиус стрелы)

$$M_2 = m \cdot g \cdot R = 560 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Из этого следует, что $M_1 \geq M_2 + M_3$, двигатель может обеспечить необходимый момент.

**2.6.2. ПОСТРОЕНИЕ ЭПЮР. НАХОЖДЕНИЕ ДИАМЕТРА ВАЛА
РАСЧЕТ НА КРУЧЕНИЕ.**

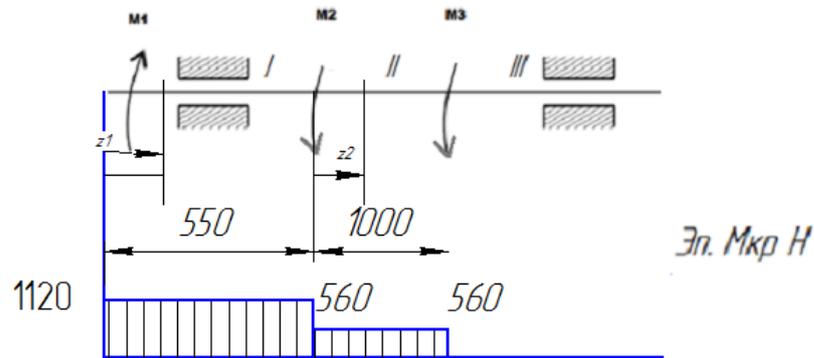
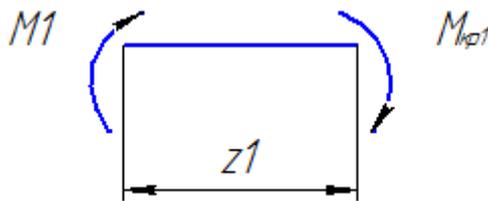


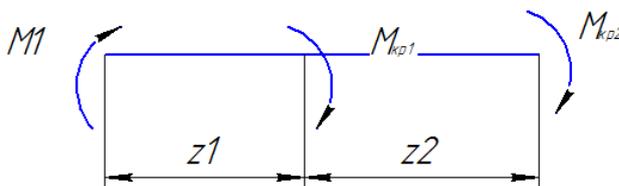
Рис.16 Эпюра крутящего момента



I уч. $0 \leq z1 \leq 550$ мм, $\Sigma M_z = 0$;

$$M1 - M_{кр1} = 0$$

$$M1 = M_{кр1} = H * M$$



II уч. $0 \leq z1 \leq 1000$ мм, $\Sigma M_z = 0$;

$$M1 - M_{кр1} - M_{кр2} = 0$$

$$M_{кр2} = M1 - M_{кр1} = 560$$

Строим эпюру крутящего момента (рис.16). Определяем диаметр вала исходя из условия прочности при кручении:

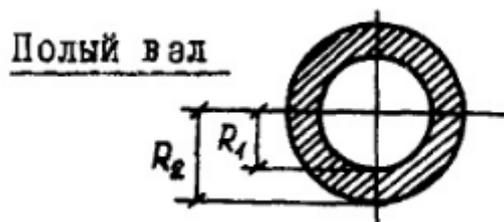
$$\tau = \frac{M}{W_\rho} \leq [\tau] \quad (2.6)$$

W_ρ - Полярный момент сопротивления сечения

Для вала сплошного поперечного сечения:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M * 16}{\pi(1 - \alpha^4) * [\tau]}}$$

для расчетов зададимся диаметром вала по ГОСТ 10707-80. Наружный диаметр 110, толщина стенки 5мм $\alpha=R_1/R_2 \approx 106/108$



Примем равное 0,9; $[\tau] - 84,5$ Мпа допускаемое напряжение при кручении.

$$\sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1120}{3.14 \cdot 84.5 \cdot 10^6 (1 - 0.9^4)}} = 0.0581$$

Получаем диаметр вала 58,1 мм. Расчётные значения диаметра вала округляют до стандартных из ряда. Примем диаметр вала 60 мм.

Определяем диаметр вала исходя из условия жесткости при кручении:

$$\varphi = \frac{M_{кр}}{G \cdot J_p} * \frac{180}{\pi} \leq [\varphi] \quad (2.7)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент, Н·м;

G – модуль упругости, Н/м²;

J_p – полярный момент инерции, кг·м²

$$J_p \geq \frac{M_{кр}}{G \cdot [\varphi]} \frac{180}{\pi} = \frac{\pi D^4}{32} (1 - c^4)$$

Допускаемое касательное напряжение связано с допускаемым нормальным напряжением. Принимаем по третьей теории прочности:

$$[\varphi] = 0.5 [\sigma] = 0.5 * 700 = 350 \text{ МПа}$$

$$D \geq \sqrt[4]{\frac{32 M_{кр}}{G \cdot [\varphi] (1 - c^4)}} \frac{180}{\pi} = \sqrt[4]{\frac{32 * 1120}{84.5 * 10^6 * 0.8 (1 - 0.9^4)}} \frac{180}{\pi} = 0.098 \text{ м}$$

Получаем диаметр вала 98 мм. Расчётные значения диаметра вала округляют до стандартных из ряда. Примем диаметр вала 100 мм.

2.6.3 РАСЧЁТЫ НА СРЕЗ И СМЯТИЕ.

На срез:

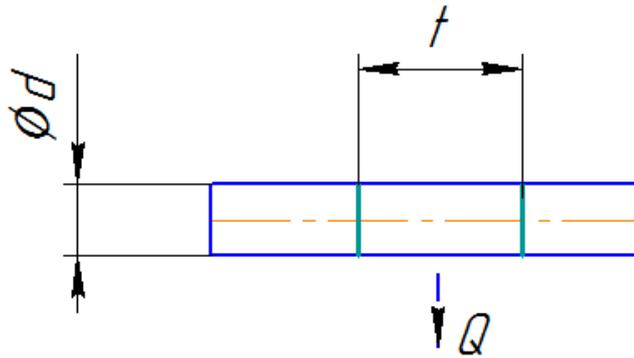


Рис. Расчетная схема

Внутренние силы упругости приводятся к поперечной силе Q расположенной в плоскости сечения.

$Q = ma + mg$, где m - среднее отклонение массы кабины с людьми от противовеса 28,4 кг, масса одной стрелы 270 кг, следовательно $m = 568,4$, а центробежное ускорение a примем $\approx 2g$

$$a = \frac{(\omega_1 * r)^2}{r} = \frac{(2,09 * 2)^2}{2} = 8,7$$

$$Q = (8,7 * 568,4) + (10 * 568,4) = 10629 \text{ Н}$$

Условия прочности на срез:

$$\tau = \frac{F}{A_{cp}} \leq [\tau]$$

Где: A_{cp} - площадь среза

$$A_{cp} = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4Q}{\pi[\tau]_{cp}}}$$

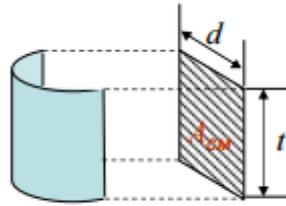
$$\sqrt{\frac{4 \cdot 10629}{75 \cdot 10^6 \cdot 3,14}} = 0,0134$$

Получаем диаметр вала 13,4 мм. Расчётные значения диаметра вала округляют до стандартных из ряда. Примем диаметр вала 14 мм.

На смятие:

$$\sigma = \frac{Q}{A_{cm}} \leq [\sigma]_{cm} \quad (2.8)$$

$$Q=10629 \text{ Н. } [\sigma]_{\text{см}} = 190 \text{ МПа}$$



$$A_{\text{см}} = d * t, \text{ примем толщину } 50 \text{ мм}$$

$$d \geq \frac{Q}{t * [\sigma]_{\text{см}}}$$

$$\frac{10629}{0.05 \cdot 190 \cdot 10^6} = 0.0011$$

Получаем диаметр вала 1,1 мм. Расчётные значения диаметра вала округляют до стандартных из ряда. Примем диаметр вала из ряда стандартных значений 1,1мм.

2.6.4 РАСЧЁТЫ НА ИЗГИБ.

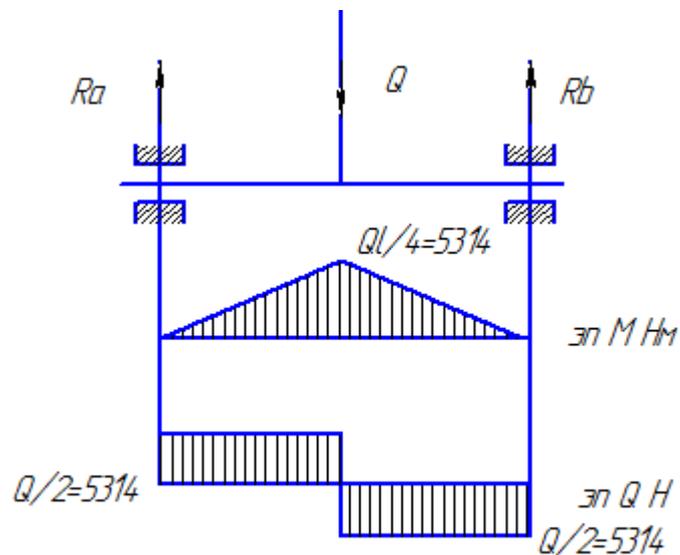


Рис.17 Эпюра изгибающих моментов

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} \leq [\sigma] \quad (2.9)$$

$$W_x = \frac{\pi d^3}{32} (1 - \alpha^4), \text{ где } W_x - \text{ осевой момент сопротивления сечения}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 M}{\pi * [\sigma]}}$$

$$\sqrt[3]{\frac{32 \cdot 5314}{3.14 \cdot 150 \cdot 10^6 (1 - 0.9^4)}} = 0.1016$$

Получаем диаметр вала 101,6 мм. Расчётные значения диаметра вала округляют до стандартных из ряда. Примем диаметр вала 105 мм.

2.7 РАСЧЕТ ОПОРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ

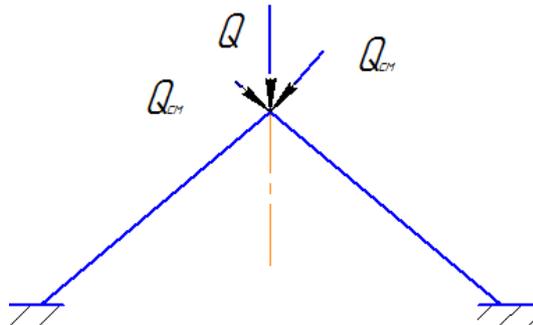
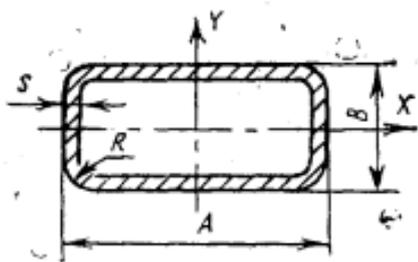


Рис.18 Схема нагружения боковых стоек.

Силу, действующую на стойки можно разделить на изгибающую силу и силу смятия. $Q = 10629$. $Q_{изг} = Q \cdot \cos 30 = 10629 \cdot 0,87 = 9247$ Н. $Q_{см} = Q \cdot \sin 30 = 10629 \cdot 0,5 = 5314,5$ Н. Изгибающую силу уравнивает стойка с другой стороны. Поэтому расчет будем вести только по силе смятия.

Профиль стоек и основания – полый прямоугольник



Расчет на смятие:

$$\sigma = \frac{Q}{A_{см}} \leq [\sigma]_{см} \quad Q = 5314,5/2 = 2657,25 \text{ (т.к сила действует на две опоры) Н.}$$

$$[\sigma]_{см} = 190 \text{ МПа}$$

$$A_{см} = \frac{Q}{[\sigma]_{см}} = \frac{2,657 \cdot 10^3}{190 \cdot 10^6} = 0,014 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 = 14 \text{ см}^3.$$

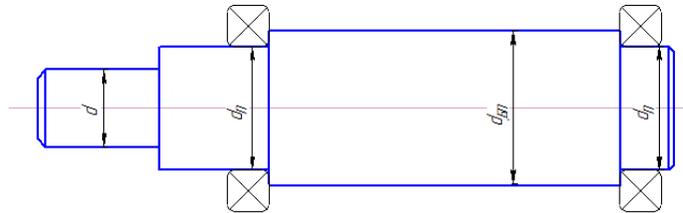
В соответствии с ГОСТ 8645-68 подбираем размеры профиля.

$A=140\text{мм}$

$B=80\text{ мм}$

$S=7\text{ мм}$

2.8 КОНСТРУИРОВАНИЕ ВАЛА.



Определение d .

Нашла d в предыдущем параграфе из условия прочности $d=105\text{мм}$.

Определение $d_{\text{П}}$.

Диаметр участка вала под подшипник качения назначают большим или равным диаметру выходного конца вала: $d_{\text{П}} \geq d$. Кроме того, величину $d_{\text{П}}$ принимают кратной 5. Согласно данным соображениям, а также рядом нормальных значений по табл.19.1 [9, с.481] назначаем $d_{\text{П}} = 110\text{ мм}$.

Определение $d_{\text{БП}}$.

Диаметр буртика под подшипник качения определяют по следующей формуле: $d_{\text{БП}} = d_{\text{П}} + 3r$ [9, с.45], где r – координата фаски кольца подшипника. Величину r подбираем согласно табл.3.1 [9, с.44], тогда $r = 2\text{ мм}$. Отсюда $d_{\text{БП}} = 110 + 3 \cdot 2 = 116\text{ мм}$. Согласно табл.19.1 [9, с.481] округляем полученное значение до ближайшего нормального, т.е. $d_{\text{БП}} = 120\text{ мм}$.

РАСЧЕТ ШПОНОЧНОГО СОЕДИНЕНИЯ

На основе полученных ранее данных, таких как крутящий момент на валу и размеров сечений валов произведем расчет шпоночных соединений соответствующих колес и валов.

При расчете шпоночных соединений, руководствуясь условием равнопрочности по всем видам нагружения, не будем рассматривать срез шпонок, а рассматривать только их смятие.

Рассмотрим более подробно шпоночное соединение см. рис. 19:

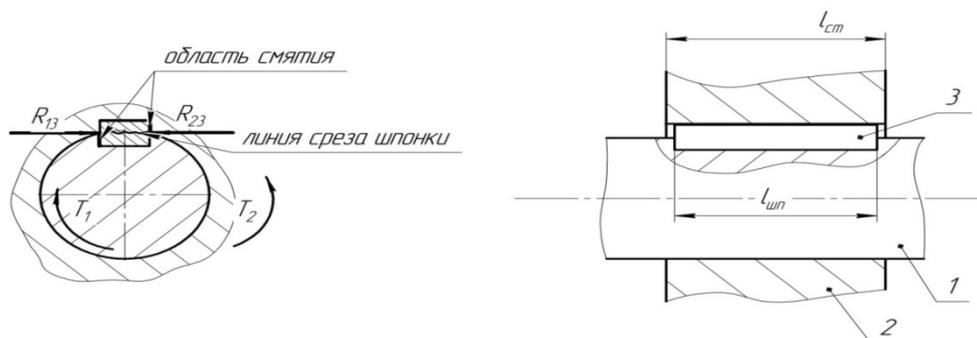


Рис.19 Шпоночное соединение

На представленной схеме: 1- вал, 2 – зубчатое колесо, 3 – шпонка. Так же на схеме показаны области смятия и линия по которой происходит срез понок при превышении нагрузок.

Конструкцию шпонки для тихоходного вала выберем как на рисунке 8.1 [10, с 104], то есть призматическую шпонку со скругленными концами см. рис 20

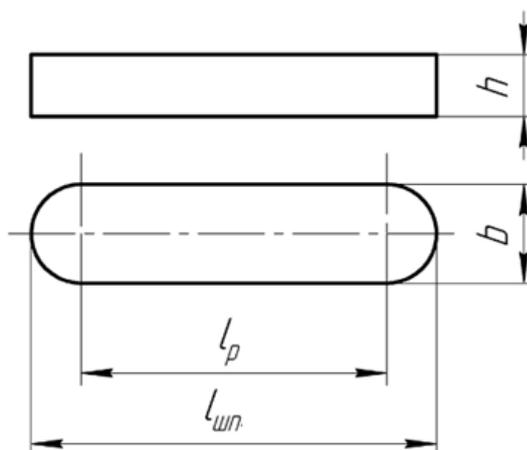


Рис. 20 Призматическая шпонка со скругленными концами

Ширина и высота шпонок регламентирована ГОСТ 23360—78 и выбирается в зависимости от диаметра вала. Так как $d = 100\text{мм}$ выберем по ГОСТ следующие значения размеров поперечного сечения шпонки:

$$b = 28 \text{ мм}, h = 16 \text{ мм}$$

Определим рабочую длину шпонки l_p по напряжениям смятия

$$\sigma_{см} = \frac{R_{13}}{A_{см}} = \frac{4M_1}{d * h * l_p} \leq [\sigma_{см}]$$

где: $R_{13} = \frac{2 * M_1}{d}$ – реакция со стороны вала на шпонку

$$A_{\text{см}} = \frac{h}{2} * l_p \text{ — площадь смятия}$$

Из этого выражения получим формулу для расчета рабочей длины шпонки:

$$l_p = \frac{4M_1}{d * h[\sigma_{\text{см}}]}$$

Допускаемое напряжение смятия примем по рекомендациям справочника [10, с 108] $[\sigma_{\text{см}}] = 100$ МПа.

$$l_p = \frac{4M_1}{d_k h [\sigma_{\text{см}}]} = \frac{4 * 1120 * 1000}{100 * 10 * 100} = 44,8 \text{ мм}$$

Так как выбранная нами шпонка со скруглёнными концами, ее длина определится из суммы длины скруглений и рабочей длины

$$l = l_p + b = 44,8 + 28 = 72,8 \text{ мм}$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного значения длины шпонки определенное по ГОСТ 23360—78

$$l = 80 \text{ мм}$$

Так как шпонки располагаются под ступицей соответствующих зубчатых колес определим длину ступицы исходя из следующей формулы:

$$l_{\text{ст}} = l_{\text{шп}} + 5 = l_4 + 5 = 80 + 5 = 85 \text{ мм}$$

Примем $l_{\text{ст}} = 85$ мм согласно табл.19.1 [10, с.481].Выполним проверку: длина ступицы не должна превышать $1,5 d_k = 1,5 \cdot 100 = 150$ мм, условие соблюдено.

2.9 Выбор подшипников по динамической грузоподъемности для предупреждения усталостного разрушения.

Основной критерий работоспособности и порядок подбора подшипников зависит от значения частоты вращения кольца. Подшипники выбирают по статической грузоподъемности, если они воспринимают внешнюю нагрузку в неподвижном состоянии или при медленном вращении. Подшипники, работающие при больших скоростях вращения, выбирают по динамической грузоподъемности, рассчитывая их ресурс при требуемой долговечности.

Для расчета предварительно назначенных подшипников 111221 на заданный ресурс используют следующие исходные данные: условия работы, радиальные нагрузки на опоры, долговечность.

Согласно ГОСТ 28428-90 динамическая и статическая грузоподъемность подшипников $C = 75$ кН (статическая), $C_0 = 45$ кН (динамическая).

Для радиальных шариковых и радиально-упорных шариковых и роликовых подшипников эквивалентную нагрузку определяют по формуле:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_b \cdot K_T, \quad (2.10)$$

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 5314,5 + 0) \cdot 1 \cdot 1 = 5314,5$$

где F_r и F_a - радиальная и осевая нагрузки на подшипник;

V - коэффициент вращения кольца ($V=1$ при вращении внутреннего кольца, $V=1,2$ - при вращении наружного кольца);

$K_b=1.1$ - коэффициент безопасности, учитывающий характер внешних нагрузок;

$K_T=1$ - температурный коэффициент;

$X=1$ и $Y=0$ - коэффициенты соответственно радиальной и осевой нагрузок.

Определим скорректированный ресурс подшипника:

$$L_h = \left(\frac{C}{P}\right)^k * \frac{10^6}{n \cdot 60} = \left(\frac{75000}{5314,5}\right)^3 * \frac{10^6}{20 * 60} = 1760000 \text{ ч}$$

$k=3$ - т.к. шариковый подшипник, n - частота вращения кольца, $n=20$ об/мин.

Рекомендуемая долговечность : 10000 ч, Скорректированный ресурс подшипника получился значительно больше, чем требуемый, поэтому подшипники вала способны обеспечить надежную работу аттракциона.

2.10 Расчет болтового соединения.

Расчет болтового соединения будем производить для нагруженных мест.

Расчет на срез для крепления вала к боковому основанию.

Условие прочности на срез:

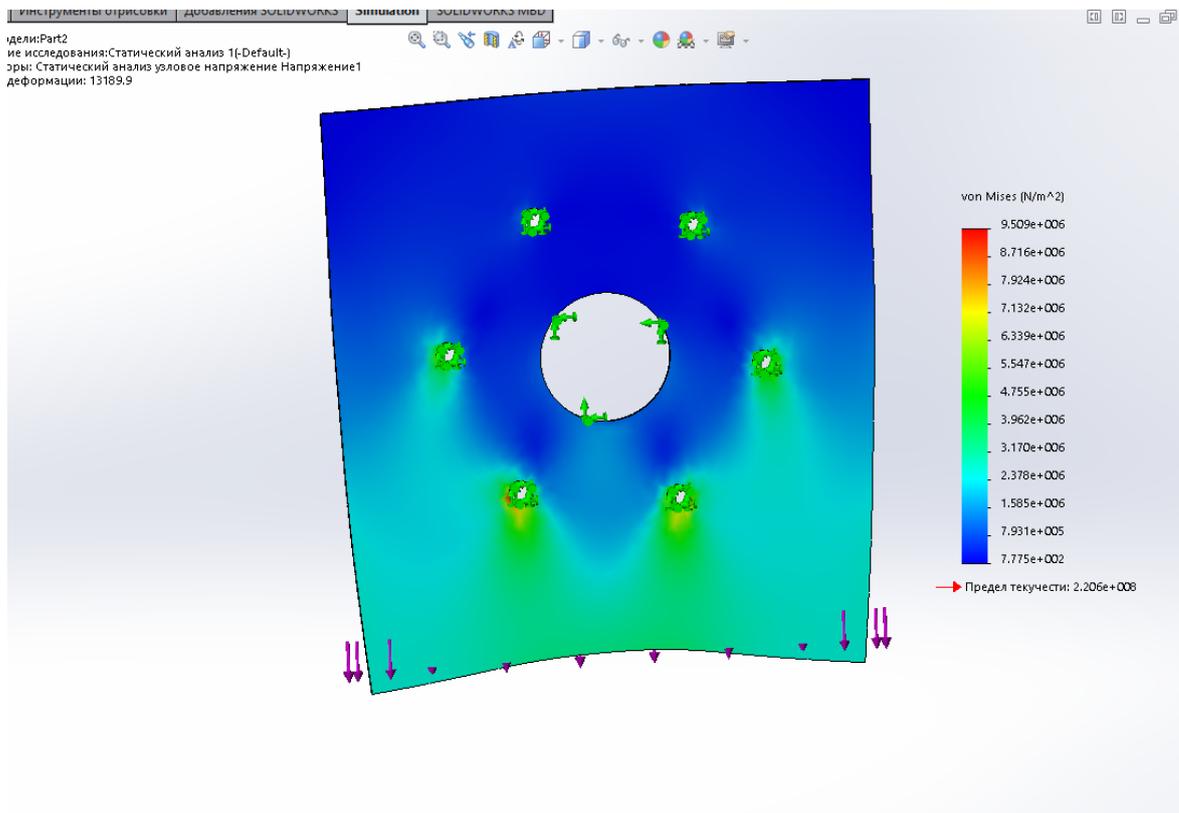


Рис.23 Напряжения пластины

Допускаемое напряжение-это отношение некоторого предельного напряжения для данного материала к коэффициенту запаса. В качестве некоторого предельного напряжения (т.е. характеристики материала) принимают - предел текучести , предел прочности, предел длительной прочности.[10]

$$\sigma = \frac{220 \cdot 10^6}{1,5} = 293 \text{ МПа} \leq 700 \text{ МПа}$$

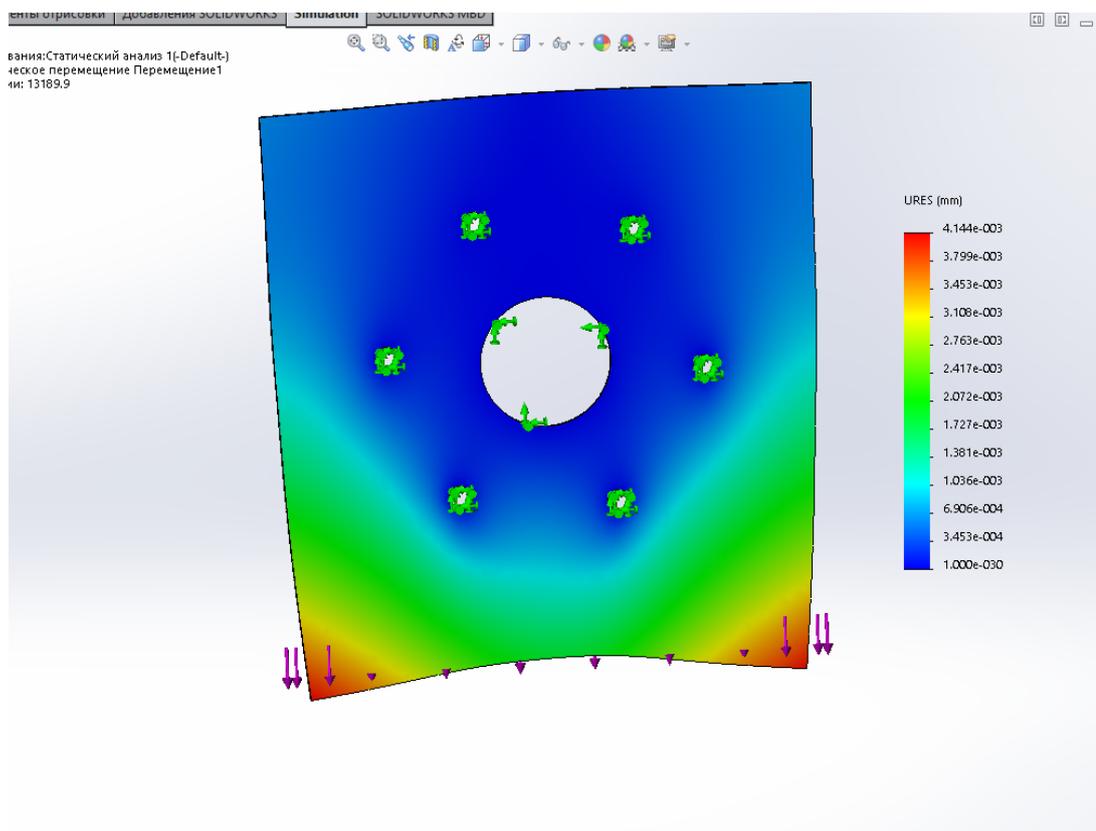


Рис 24. Деформации пластины

Исследования деформации показывают, что пластина деформируется на $0,004\text{мм}$ в нижней области.

Вывод: пластина достаточно жесткая и прочная, чтобы выдержать нагрузки.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время залогом положительной динамики в экономике любого государства является вывод отрасли машиностроения на современный уровень. Процесс постоянного совершенствования отрасли машиностроения приводит к запуску механизма развития станкостроительного сегмента, обеспечивающего стремительный рост производственного потенциала при выпуске все более сложных изделий, применяемых как в быту, так и на производстве.

Машиностроение представляет собой ведущую отрасль тяжелой промышленности страны, в значительной степени, оказывающей влияние на темп и направление научно-технического прогресса во всех отраслях народного хозяйства, производительность труда и уровень обороноспособности государства.

В развитых странах доля предприятий машиностроительного комплекса в 2013 г. составила от 35 до 65 % общего объема выпуска промышленной продукции (Германия – 54,9%, Япония – 66,2%, Англия – 42,1%, Италия – 37,6%, Китай – 49,8%). Причем в ВВП стран ЕС она составляет 40-50%, в США – 29 %, а в России весь машиностроительный комплекс охватывает всего лишь 12% от ВВП, в то время как критическим с точки зрения экономической безопасности является уровень машиностроения в ВВП составляющий 30% [11].

На сегодняшний день состояние отечественных машиностроительных предприятий характеризуется:

- Общим снижением, как объемов производства, так и объемов спроса на отечественную продукцию;
- Морально устаревшими оборудованием и технологиями;
- Отсутствием производств, осуществляющих выпуск конкурентоспособной продукции;
- Отсутствием квалифицированной рабочей силы;

- Общей неплатежеспособностью;
- Отсутствием инновационной составляющей.

Учитывая, что в России имеются все условия для развития машиностроения, решением проблем может, станет разработка и реализация концептуальной программы развития, включающей в себя ряд аспектов, гарантирующих выход отрасли на совершенно новый уровень.

Целью работы является, проектирование технологического процесса изготовления детали, обуславливающего необходимость производства: расчетов припуска, режимов резания, подбора оборудования, приспособления и инструмента необходимых для выполнения обработка согласно установленным режимам резания и расчета нормы времени, затраченного на изготовление одной детали.

3.1ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Задачей проектирования технологического процесса механической обработки является определение такой ее последовательности, при которой наиболее полно используются технологические возможности станков, приспособлений и инструментов, а деталь изготавливается с наименьшими материальными затратами.

3.2АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ДЕТАЛИ

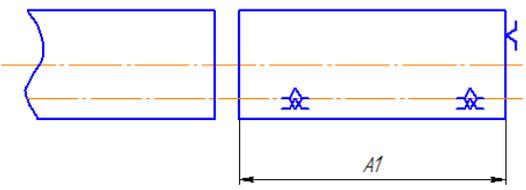
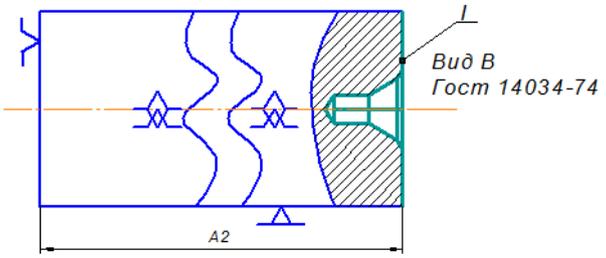
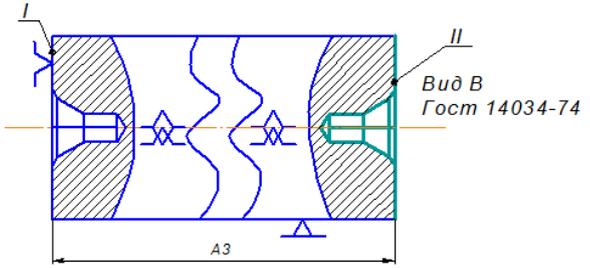
Деталь изготавливается из углеродистой стали Ст3сп по гост ГОСТ 380. Сталь марки Ст3сп предназначена для изготовления горячекатаного проката - сортового, фасонного, толстолистового, тонколистового, а также труб, поковок и штамповок, лент, проволоки. Стали Ст3пс и Ст3сп применяют в более ответственных случаях, например, для несущих и ненесущих элементов сварных и не сварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Вид заготовки – круглый прока, имеет низкую стоимость изготовления, простота большинства поверхностей, обеспечивает хороший доступ при их обработке и техническом контроле. При изготовлении детали не используются специальные инструменты,

поэтому изготовление детали экономически выгодно в условиях мелкосерийного производства.

3.3.ВЫБОР ЗАГОТОВКИ

При изготовлении детали типа «вал», возможно использование следующих видов заготовки – поковка, прокат и штамповка. Основываясь на установленном типе производства (мелкосерийное) наиболее выгодным с точки зрения стоимости изготовления является прокат. Учитывая размеры изготавливаемой детали, выбираем круглый прокат 115 ГОСТ 2590-88.

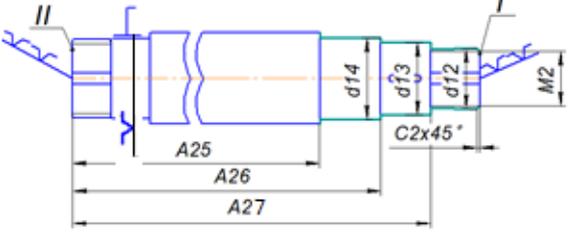
3.4.ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ

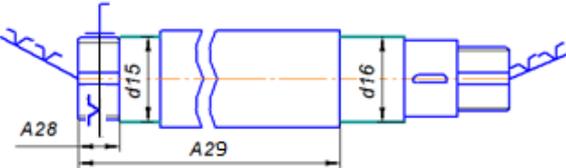
№операции	Наименование операции	№ перехода	Наименование переходов	Эскиз	Тип приспособления. Тип и марка оборудования
1. (005)	Заготовительная		Отрезать заготовку выдерживая размер А1		Призма. Ножовочный отрезной станок 8725АМ
2. (010)	Токарная	1-2	1. Подрезать торец I выдерживая размер А2. 2. Центровать торец I (отв. вид В, ГОСТ 14034-74).		Трехкулачковый патрон, люнет.
		3-4	3. Подрезать торец II выдерживая размер А3. 4. Центровать		Трехкулачковый патрон, люнет.

			ь торец II (отв. вид В, ГОСТ 14034-74).		
3. (01 5)	Тока рная	5-10 (чернов ая)	<p>5. Точить поверхность выдерживая размеры $d1$ и $A6$.</p> <p>6. Точить поверхность выдерживая размеры $d2$ и $A5$.</p> <p>7. Точить поверхность $d3$ до середины выдерживая размер $A4$</p> <p>8. Точить канавку выдерживая размеры $A7, A8, d4, R3$.</p> <p>9. Точить канавку выдерживая размеры $A7, A8, d3, R3$.</p> <p>10. Точить канавку выдерживая</p>	<p>The drawing shows a shaft with several diameters: $d1$ (right end), $d2$, $d3$, and $d4$ (left end). Lengths are marked as $A4, A5, A6, A7, A8, A9, A10$. Section lines I-I and II-II are shown. Two cross-sectional views are provided: A(10:1) showing a groove with radius $R3$ and dimensions $A7, A8$; and B(10:1) showing a groove with radius $R2$ and dimensions $A9, A10$.</p>	Подвижн ый центр, поводков ый патрон, люнет.

			вая размеры A9,A19,d 2, R2.		
		11-15 (чернов ая)	<p>11.Точить поверхно сть выдержи вая размеры d6 и A12.</p> <p>12.Точить поверхно сть выдержи вая размеры d5 и A11.</p> <p>13.Точить поверхно сть d4.</p> <p>14.Точить канавку выдержи вая размеры A7,A8,d4, R3.</p> <p>15.Точить канавку выдержи вая размеры A9,A10,d 5, R2.</p>		Подвижн ый центр, поводков ый патрон, люнет.
4. (02 0)	Фрез ерная	16	16.Фрезеров ать паз выдержи вая размеры R1,A13,A 14,A15,A 16		Призма,

5. (02 5)	Фрезерная	17	17. Фрезеровать паз выдерживая размеры A17, A18, A19		Призма,
	Фрезерная	18	18. Фрезеровать паз выдерживая размеры A20, A21, A22		Призма,
6. (03 0)	Токарная	19-22 (чистовая)	<p>19. Точить поверхность выдерживая размеры A24 и d10.</p> <p>20. Точить поверхность выдерживая размеры A23 и d11.</p> <p>21. Нарезать резьбу выдерживая размеры M1 и A23.</p> <p>22. Точить фаску выдерживая размер C1x45°.</p>		Подвижный центр, поводковый патрон, люнет.

	Токарная	23-27 (чистовая)	<p>23 Точить поверхность выдерживая размеры A27 и d12.</p> <p>24 Точить поверхность выдерживая размеры A26 и d13.</p> <p>25 Точить поверхность выдерживая размеры A25 и d14.</p> <p>26 Нарезать резьбу выдерживая размеры M1 и A26.</p> <p>27 Точить фаску выдерживая размер C2x45°.</p>		Подвижный центр, поводковый патрон, люнет.
7. (03 5)	Термическая обработка		Закалить вал		

8. (04 0)	Шлифовальная чистовое	28-29	<p>28 Шлифовать поверхность выдерживая размеры A28 d15.</p> <p>29 Шлифовать поверхность выдерживая размеры A29 и d16.</p>		Подвижный центр, поводковый патрон, люнет.
9. (04 5)	тонкое шлифованное.	30-31	<p>30 Шлифовать поверхность выдерживая размеры A30 d17.</p> <p>31 Шлифовать поверхность выдерживая размеры A31 d18.</p>		Подвижный центр, поводковый патрон, люнет.

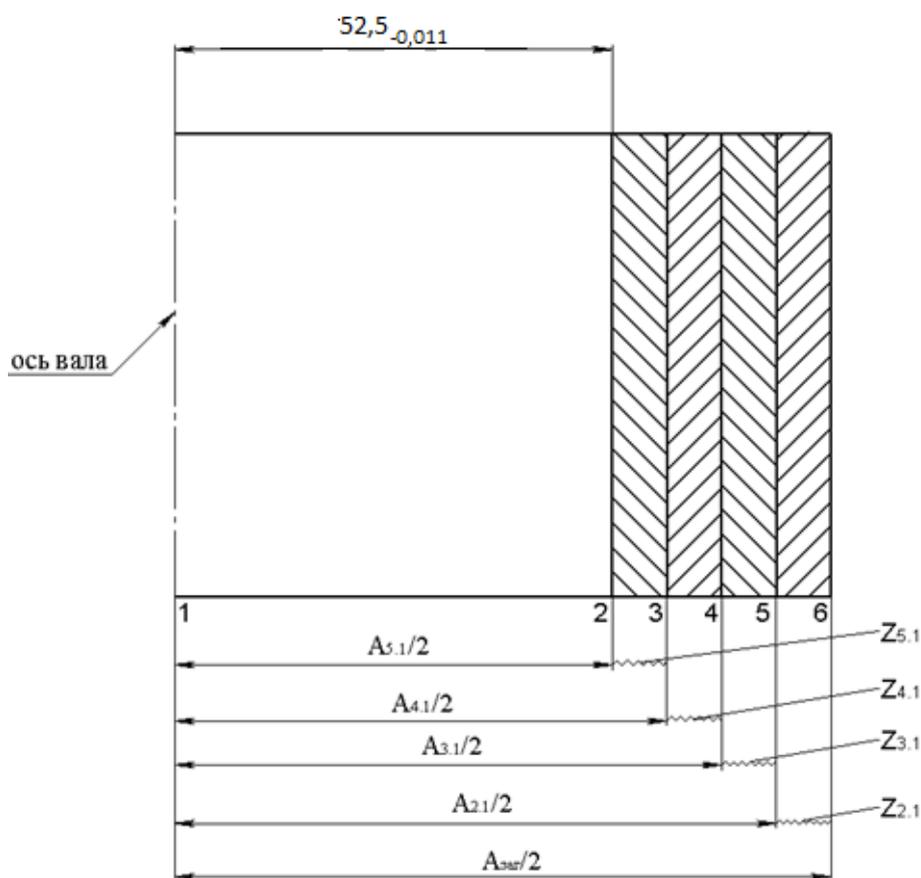
Обработка в центрах и люнете выполняется с целью избежания ошибок токарной обработки. Достоинством является возможность обеспечить высокую соосность поверхностей, обрабатываемых за несколько установок, так как при каждой, установке заготовка опирается одними и теми же центровыми отверстиями на центры. К недостаткам обработки в центрах следует отнести невысокую жесткость крепления. Установку в центрах также используют в случаях, если дальнейшая обработка детали на других станках

должна выполняться от центровых отверстий. Такой способ установки обеспечивает необходимые требования по биению и геометрическим отклонениям.

3.5.РАСЧЕТ ПРИПУСКОВ

Составление размерной схемы технологического процесса для шейки вала Ø105 к6

Основываясь на выбранном маршруте обработки, производим построение размерной схемы для технологических операций, связанных с получением диаметра шейки вала (Ø105 к6).



Учитывая, что для достижение требуемых характеристик поверхности шейки вала ($d = \text{Ø}105 \text{ к}6$) обработка осуществляется неоднократно, расчет соответствующих значений припусков и технологических размеров необходимо проводить, используя метод, основанный на теории анализа размерных цепей. Расчет требуемых параметров осуществляем по размерной схеме (рис.1) в направлении от готовой детали ($A_{5.1/2}$) к заготовке ($A_{заг/2}$). Полученные расчетные значения вносим в таблицу 2.

Номера		Маршрут обработки	Обозначение припуска Z_i	Элементы припуска				Расчет припуска			Допуск на припуск	Обозначение технологического размера A_i	Квалитет допуска A_i	Допуск на технологический размер A_i , мкм	Расчет значений технологических размеров A_i		Расчет значений диаметров	
Тех. операции	Перехода			Rz_{i-1} , мкм	h_{i-1} , мкм	$\rho_{\Sigma i-1}$, мкм	$\Delta_{y_{it}}$, мкм	Z_{min} , мкм	Z_{max} , мкм	$Z_{ном}$, мкм					Tz_i , мкм	$A_{i min}$, мм	$A_{i max}$, мм	d_{min} , мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
005		Заготовка - прокат	-	125	100	1270	0	-	-	-	-	$A_{кат}/2$	Кл. т. А	2300/2	54,622	55,772	109,244	111,544
015	5	Черновое точение: обточить заготовку в размер $A_{2,1}$	$Z_{2,1}$	63	60	76,2	0	1495	2915	2645	1420	$A_{2,1}/2$	13	540/2	52,851	53,127	105,702	106,254
025	25	Чистовое точение: обточить заготовку в размер $A_{3,1}$	$Z_{3,1}$	20	30	3,048	0	199,2	539	469	340	$A_{3,1}/2$	10	140/2	52,588	52,658	105,176	105,316
035	29	Шлифование чистовое: шлифовать в размер $A_{4,1}$	$Z_{4,1}$	6,3	12	0,061	0	53,04	140	123	87,5	$A_{4,1}/2$	7	35/2	52,518	52,535	105,036	105,07
040	31	Шлифование тонкое: шлифовать в размер $A_{5,1}$	$Z_{5,1}$	0,8	2	0	0	18,361	36	35	25,5	$A_{5,1}/2$	6	22/2	52,499	52,5	104,998	105

Данные для заполнения граф 5 и 6 (Rz и h) определяем используя табл.1 [12, с. 180] для заготовки из проката и табл.5 [12, с. 181] для заготовки из проката после механической обработки.

В графу 4 вносим обозначения припусков на каждую тех. операцию.

Остаточное пространственное отклонение расположения поверхностей заготовки после их обработки ($\rho_{\Sigma i-1}$), графа 7, определяется согласно формуле [12, с.189, формула 38]:

$$\rho_{\Sigma i-1} = K_y \cdot \rho_{3\Sigma}$$

где K_y – коэффициент уточнения, выбираемый из [12, с.190, табл.29], ρ_{Σ} – суммарное отклонение оси заготовки, определяемое из [12, с.178, формула 15].

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma K}^2 + \Delta_{\Pi}^2},$$

где $\Delta_{\Sigma K}$ – общее отклонение оси от прямолинейности, Δ_{Π} – смещение оси заготовки в результате погрешности центрирования.

Для определения величины $\Delta_{\Sigma K}$ используем [12, с. 177, формула 11]:

$$\Delta_{\Sigma K} = \Delta_K \cdot l_K,$$

где l_K – размер от сечения, для которого определяется кривизна до торца заготовки, Δ_K – кривизна профиля сортового проката.

$$l_K = 210 \text{ мм},$$

$$\Delta_K = 0,3 \text{ мкм/мм [12, с. 180, табл.4].}$$

$$\Delta_{\Sigma K} = 0,3 \cdot 210 = 63 \text{ мкм.}$$

Смещение оси заготовки Δ_{Π} определяется из [12, с. 178, формула 16]:

$$\Delta_{\Pi} = 0,25\sqrt{T^2 + 1},$$

здесь T – допуск на диаметральный размер базы заготовки, используемой на операции получения центровочных отверстий.

Допуск на диаметральный размер базы заготовки составляет 5 мм.

Следовательно,

$$\Delta_{\Pi} = 0,25\sqrt{5^2 + 1} = 1,27 \text{ мм.}$$

Используя полученные значения величин $\Delta_{\Sigma K}$ и Δ_{Π} находим:

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{63^2 + 1270^2} \cong 1270 \text{ мкм.}$$

Определяем величину $\rho_{\Sigma i-1}$:

Для черногого обтачивания:

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,06 \cdot 1270 = 76,2 \text{ мкм.}$$

Для чистового обтачивания:

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,04 \cdot 76,2 = \mathbf{3,048} \text{ мкм.}$$

Для чистового шлифования:

$$\rho_{\Sigma i-1} = 0,02 \cdot 3,048 = \mathbf{0,061} \text{ мкм.}$$

Для тонкого шлифования:

$$\rho_{\Sigma i-1} = \mathbf{0} \text{ мкм.}$$

Так как при обработке детали типа «вал» в центрах, погрешность установки (Δ_{yi}) **равна нулю**, в графе 8 таблицы 2 ставим нули во всех тех. операциях.

Определяем минимальные припуски:

$$2Z_{i \min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{\Sigma i-1}^2 + \Delta_{yi}^2} \right), \Delta_{yi}^2 = 0$$

Для черногого обтачивания:

$$Z_{2.1 \min} = 125 + 100 + 1270 = \mathbf{1495} \text{ мкм.}$$

Для чистового обтачивания:

$$Z_{3.1 \min} = 63 + 60 + 76,2 = \mathbf{199,2} \text{ мкм.}$$

Для чистового шлифования:

$$Z_{4.1 \min} = 20 + 30 + 3,048 = \mathbf{53,04} \text{ мкм.}$$

Для тонкого шлифования:

$$Z_{5.1 \min} = 6,3 + 12 + 0,061 = \mathbf{18,361} \text{ мкм.}$$

Полученные значения вносим в графу 9, согласно тех. операции.

В графу 13 вносим обозначения технологических размеров.

Квалитет допуска и допуски на технологические размеры берем из [12, с. 8, табл.4] и вносим в графы 14 и 15.

Расчет остальных параметров производится на основании размерного анализа проектируемого технологического процесса (рис. 1), с учетом того, что в качестве замыкающего звена размерной цепи выступает припуск.

ТОНКОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Производим построение технологической размерной цепи на тонкое шлифование (рис.2).

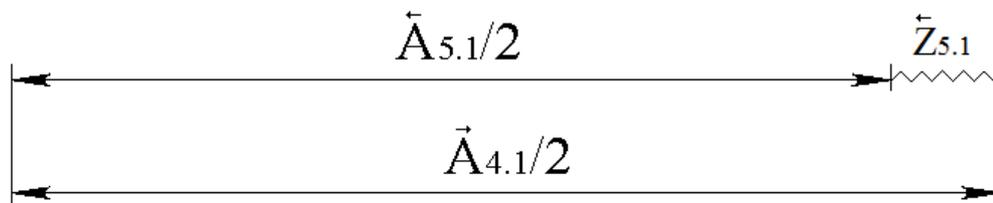


Рис. 2. Технологическая размерная цепь для припуска $Z_{5.1}$

В соответствии с данными таблицы 2:

$$A_{5.1/2} = 52,5_{-0,011} \text{ мм}, Z_{5.1 \text{ min}} = 0,018 \text{ мм}, T_{A_{4.1/2}} = 17,5 \text{ мкм} = 0,017 \text{ мм}.$$

Определяем значение допуска на припуск:

$$T_{Z_{5.1}} = T_{A_{4.1/2}} + T_{A_{5.1/2}},$$

$$T_{Z_{5.1}} = 17,5 + 8 = 25,5 \text{ мкм}.$$

Полученное значение вносим в графу 12 табл.2

Определяем значение максимального и минимального технологических размеров $A_{4.1/2}$:

$$A_{4.1/2 \text{ min}} = A_{5.1/2 \text{ max}} + Z_{5.1 \text{ min}},$$

$$A_{4.1/2 \text{ max}} = A_{4.1/2 \text{ min}} + T_{A_{4.1/2}},$$

$$A_{4.1/2 \text{ min}} = 52,5 + 0,018 = 52,518 \text{ мм}.$$

$$A_{4.1/2 \text{ max}} = 52,518 + 0,017 = 52,535 \text{ мм}.$$

Полученные значения вносим в графы 16 и 17 табл. 2

Т.к. при назначении отклонений на размер отсутствуют специальные требования по посадке получаем,

$$A_{4.1/2 \text{ ном}} = A_{4.1/2 \text{ max}} = 52,535 \text{ мм}.$$

Учитывая значение $T_{A_{4.1/2}}$ получаем,

$$A_{4.1/2} = 52,535_{-0,017} \text{ мм}.$$

Определяем номинальное значение припуска:

$$Z_{5.1 \text{ ном}} = A_{4.1/2} - A_{5.1/2},$$

$$Z_{5.1 \text{ ном}} = 52,535 - 52,5 = 0,035 \text{ мм} = 35 \text{ мкм},$$

Полученное значение вносим в графу 11 табл. 2.

Определяем максимальное значение припуска:

$$Z_{5.1 \text{ max}} = A_{4.1/2 \text{ max}} - A_{5.1/2 \text{ min}},$$

$$Z_{5.1_{max}} = 52,535 - 52,499 = 0,036 \text{ мм} = 36 \text{ мкм.}$$

Полученное значение вносим в графу 10 табл. 2.

ЧИСТОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Производим построение технологической размерной цепи на чистовое шлифование (рис.3).

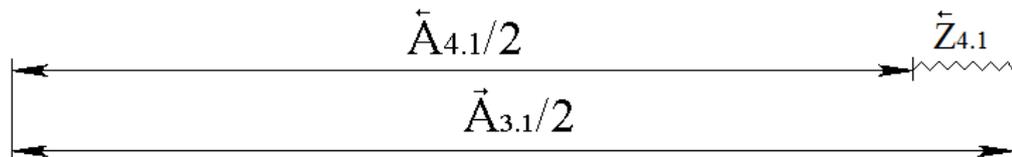


Рис. 3. Технологическая размерная цепь для припуска $Z_{4.1}$

В соответствии с данными таблицы 2:

$$A_{5.1}/2 = 52,535_{-0,017} \text{ мм}, Z_{4.1 \min} = 0,053 \text{ мм}, T_{A_{3.1}/2} = 70 \text{ мкм} = 0,07 \text{ мм.}$$

Определяем значение допуска на припуск:

$$T_{Z_{4.1}} = T_{A_{3.1}/2} + T_{A_{4.1}/2},$$

$$T_{Z_{4.1}} = 70 + 17,5 = 87,5 \text{ мкм.}$$

Полученное значение вносим в графу 12 табл.2

Определяем значение максимального и минимального технологических размеров $A_{3.1}/2$:

$$A_{3.1}/2_{\min} = A_{4.1}/2_{\max} + Z_{4.1 \min},$$

$$A_{3.1}/2_{\max} = A_{3.1}/2_{\min} + T_{A_{3.1}/2},$$

$$A_{3.1}/2_{\min} = 52,535 + 0,053 = 52,588 \text{ мм.}$$

$$A_{3.1}/2_{\max} = 52,588 + 0,07 = 52,658 \text{ мм.}$$

Полученные значения вносим в графы 16 и 17 табл. 2

Т.к. при назначении отклонений на размер отсутствуют специальные требования по посадке получаем,

$$A_{3.1}/2_{\text{ном}} = A_{3.1}/2_{\max} = 52,658 \text{ мм.}$$

Учитывая значение $T_{A_{3.1}/2}$ получаем,

$$A_{3.1}/2 = 52,658_{-0,07} \text{ мм.}$$

Определяем номинальное значение припуска:

$$Z_{4.1_{\text{НОМ}}} = A_{3.1}/2 - A_{4.1}/2,$$

$$Z_{5.1_{\text{НОМ}}} = 52,658 - 52,535 = 0,123 \text{ мм} = \mathbf{123} \text{ мкм},$$

Полученное значение вносим в графу 11 табл. 2.

Определяем максимальное значение припуска:

$$Z_{4.1_{\text{max}}} = A_{3.1}/2_{\text{max}} - A_{4.1}/2_{\text{min}},$$

$$Z_{4.1_{\text{max}}} = 52,658 - 52,518 = 0,14 \text{ мм} = \mathbf{140} \text{ мкм}.$$

Полученное значение вносим в графу 10 табл. 2.

ЧИСТОВОЕ ТОЧЕНИЕ

Производим построение технологической размерной цепи на чистовое точение (рис.4).

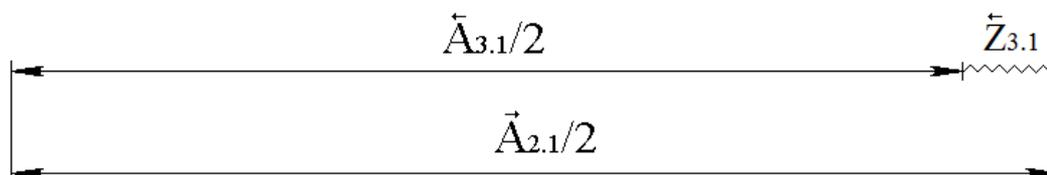


Рис. 4. Технологическая размерная цепь для припуска $Z_{3.1}$

В соответствии с данными таблицы 2:

$$A_{3.1}/2 = 52,658_{-0,07} \text{ мм}, Z_{3.1 \text{ min}} = 0,1992 \text{ мм}, T_{A_{2.1}/2} = 270 \text{ мкм} = 0,27 \text{ мм}.$$

Определяем значение допуска на припуск:

$$T_{Z_{3.1}} = T_{A_{2.1}/2} + T_{A_{3.1}/2},$$

$$T_{Z_{3.1}} = 270 + 70 = \mathbf{340} \text{ мкм}.$$

Полученное значение вносим в графу 12 табл.2

Определяем значение максимального и минимального технологических размеров $A_{2.1}/2$:

$$A_{2.1}/2_{\text{min}} = A_{3.1}/2_{\text{max}} + Z_{3.1 \text{ min}},$$

$$A_{2.1}/2_{\text{max}} = A_{2.1}/2_{\text{min}} + T_{A_{2.1}/2},$$

$$A_{2.1}/2_{\text{min}} = 52,658 + 0,1992 = \mathbf{52,857}.$$

$$A_{2.1}/2_{\text{max}} = 52,857 + 0,27 = \mathbf{53,127} \text{ мм}.$$

Полученные значения вносим в графы 16 и 17 табл. 2

Т.к. при назначении отклонений на размер отсутствуют специальные требования по посадке получаем,

$$A_{2.1}/2_{\text{НОМ}} = A_{2.1}/2_{\text{max}} = 53,127 \text{ мм.}$$

Учитывая значение $T_{A_{2.1}/2}$ получаем,

$$A_{2.1}/2 = 53,127_{-0,27} \text{ мм.}$$

Определяем номинальное значение припуска:

$$Z_{3.1_{\text{НОМ}}} = A_{2.1}/2 - A_{3.1}/2,$$

$$Z_{3.1_{\text{НОМ}}} = 53,127 - 52,658 = 0,469 \text{ мм} = 469 \text{ мкм,}$$

Полученное значение вносим в графу 11 табл. 2.

Определяем максимальное значение припуска:

$$Z_{3.1_{\text{max}}} = A_{2.1}/2_{\text{max}} - A_{3.1}/2_{\text{min}},$$

$$Z_{3.1_{\text{max}}} = 53,127 - 52,588 = 0,539 \text{ мм} = 539 \text{ мкм.}$$

Полученное значение вносим в графу 10 табл. 2.

ЧЕРНОВОЕ ТОЧЕНИЕ

Производим построение технологической размерной цепи на чистовое точение (рис.5).

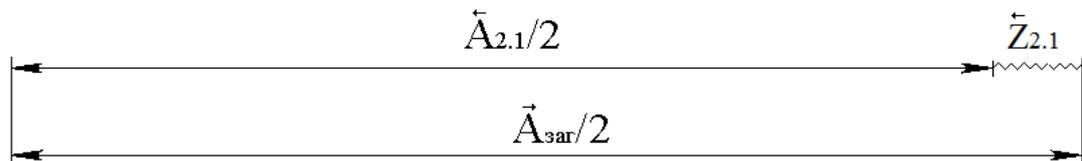


Рис. 5. Технологическая размерная цепь для припуска $Z_{2.1}$

В соответствии с данными таблицы 2:

$$A_{2.1}/2 = 53,127_{-0,27} \text{ мм, } Z_{2.1 \text{ min}} = 1,495 \text{ мм, } T_{A_{3ar}/2} = 1150 \text{ мкм} = 1,15 \text{ мм.}$$

Определяем значение допуска на припуск:

$$T_{Z_{2.1}} = T_{A_{3ar}/2} + T_{A_{2.1}/2},$$

$$T_{Z_{2.1}} = 1150 + 270 = 1420 \text{ мкм.}$$

Полученное значение вносим в графу 12 табл.2

Определяем значение максимального и минимального технологических размеров $A_{3ar}/2$:

$$A_{3ar}/2_{\text{min}} = A_{2.1}/2_{\text{max}} + Z_{2.1 \text{ min}},$$

$$A_{3ar}/2_{\text{max}} = A_{3ar}/2_{\text{min}} + T_{A_{3ar}/2},$$

$$A_{\text{заг}}/2_{\text{min}} = 53,127 + 1,495 = \mathbf{54,622\text{мм.}}$$

$$A_{\text{заг}}/2_{\text{max}} = 54,622 + 1,15 = \mathbf{55,772\text{мм.}}$$

Полученные значения вносим в графы 16 и 17 табл. 2

Т.к. при назначении отклонений на размер отсутствуют специальные требования по посадке получаем,

$$A_{\text{заг}}/2_{\text{ном}} = A_{\text{заг}}/2_{\text{max}} = \mathbf{55,772\text{ мм.}}$$

Учитывая значение $T_{A_{\text{заг}}/2}$ получаем,

$$A_{\text{заг}}/2 = \mathbf{55,772}_{-1,15}\text{ мм.}$$

Определяем номинальное значение припуска:

$$Z_{2.1_{\text{ном}}} = A_{\text{заг}}/2 - A_{2.1}/2,$$

$$Z_{2.1_{\text{ном}}} = 55,772 - 53,127 = 2,645\text{мм} = \mathbf{2645\text{ мкм}},$$

Полученное значение вносим в графу 11 табл. 2.

Определяем максимальное значение припуска:

$$Z_{2.1_{\text{max}}} = A_{\text{заг}}/2_{\text{max}} - A_{2.1}/2_{\text{min}},$$

$$Z_{2.1_{\text{max}}} = 55,772 - 52,857 = 2,915\text{мм} = \mathbf{2915\text{ мкм}}.$$

Полученное значение вносим в графу 10 табл. 2.

Рассчитав все параметры припусков и технологические размеры определяем величину максимального и минимального диаметров шейки вала на каждую тех. операцию, путем умножения соответствующих значений A_{min} и A_{max} на два. Полученные величины вносим в графы 18 и 19 табл. 2.

3.6 ВЫБОР РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Подобрать инструмент и рассчитать режимы резания необходимо для диаметра шейки вала ($\varnothing 105\text{ к6}$) для которой был произведен расчет припусков.

ЧЕРНОВОЕ ТОЧЕНИЕ.

Резец токарный проходной упорный ГОСТ 18879 с напайными твердосплавными пластинами: Резец 2101-0057 T15K6 ГОСТ 18879-73 (обработка цилиндрической поверхности);

Глубина резания:

$$t = 2,645 \text{ мм. [2, с. 363]}$$

Подача:

$$S' = 1,2 \text{ мм/об,}$$

Стойкость:

$$T = 40 \text{ мин [2, с. 363].}$$

1. Расчет скорости резания.

При продольном наружном точении скорость резания рассчитывается по формуле [2, с. 363]:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x},$$

где C_V , x , y , m – коэффициент и показатели степени, приведенные в [13, с. 367, табл. 17], $C_V=280$, $m=0.2$, $x=0.15$, $y=0.45$.

K_V – поправочный коэффициент, определяемый из [13, с. 358]

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{иV},$$

где K_{mV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки, K_{nV} – коэффициент учитывающий состояние поверхности и $K_{иV}$ – коэффициент учитывающий материал режущего инструмента.

$$K_{mV} = 1,25 \text{ [2, табл. 1 – 2],} \quad K_{mV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,95 * \left(\frac{750}{490} \right)^1 = 1,45$$

$$K_{nV} = 0,9 \text{ [2, табл. 5],}$$

$$K_{иV} = 1 \text{ [2, табл. 6].}$$

$$K_V = 1,45 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,305$$

$$V = \frac{280 \cdot 1,305}{40^{0,2} \cdot 1,2^{0,45} \cdot 2,645^{0,15}} = 139 \text{ м/мин,}$$

2. Расчет силы резания.

При наружном продольном и поперечном точении составляющие силы резания рассчитывается по формуле [13, с. 371]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p , x , y , n – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [13, с. 373, табл. 22], K_p – поправочный коэффициент определяемый как произведение:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}.$$

Рассчитываем составляющую силы – P_z:

$$K_{mp} [2, \text{табл. 9}], K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{490}{750}\right)^{0.75} = 0.72$$

$$K_{\varphi p} = 0.89 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\gamma p} = 1,1 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\lambda p} = 1 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_p = 0.72 \cdot 0.89 \cdot 1.1 \cdot 1 = 0,704$$

$$C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,645^1 \cdot 1,2^{0,75} \cdot 139^{-0,15} \cdot 0,704 = 3432 \text{ Н.}$$

Рассчитываем составляющую силы – P_y:

$$K_{mp} = 0,62 [2, \text{табл. 9}], K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{490}{750}\right)^{0.75} = 0.72$$

$$K_{\varphi p} = 1 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\gamma p} = 1,4 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\lambda p} = 1 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_p = 0,72 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 = 1,008.$$

$$C_p = 243, x = 0,9, y = 0,6, n = -0,3.$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 2,645^{0,9} \cdot 1,2^{0,6} \cdot 139^{-0,3} \cdot 1,008 = 1492 \text{ Н.}$$

Рассчитываем составляющую силы – P_x:

$$K_{mp} = 0.72 [2, \text{табл. 9}],$$

$$K_{\varphi p} = 1.17 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\gamma p} = 1,4 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\lambda p} = 1 [2, \text{табл. 23}],$$

$$K_p = 0,72 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 1 = 1,18.$$

$$C_p = 339, x = 1, y = 0,5, n = -0,4.$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 2,645^1 \cdot 1,2^{0,5} \cdot 139^{-0,4} \cdot 1,18 = 1610 \text{ Н.}$$

3. Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания производится согласно формуле [13, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N = \frac{3432 \cdot 139}{1020 \cdot 60} = 7,8 \text{ кВт.}$$

4. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 139}{3,14 \cdot 115} = 385 \text{ об/мин.}$$

ТОЧЕНИЕ КАНАВКИ

Резцы токарные отрезные ГОСТ 18884 с твердосплавными пластинами: Резец 2130-0259 T15K6 ГОСТ 18879-73

Подача:

При ширине резца в 5 мм, подача принимается равной 0,16 мм/об, [13, с. 366, табл. 15].

$$S = 0,16 \text{ мм/об.}$$

Стойкость:

$$T = 40 \text{ мин [2, с. 363].}$$

1. Расчет скорости резания.

Согласно [2, с. 363], скорость резания при прорезании и фасонном точении определяется по формуле:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot S^y},$$

где C_V , x , y , m – коэффициент и показатели степени, приведенные в [13, с. 367, табл. 17], K_V – поправочный коэффициент.

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{иV},$$

где K_{mV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки, K_{nV} – коэффициент учитывающий состояние поверхности и $K_{иV}$ – коэффициент учитывающий материал режущего инструмента.

$$K_{mV} = 1,25 \text{ [13, табл. 1 – 2],}$$

$$K_{nV} = 0,9 \text{ [13, табл. 5]},$$

$$K_{иV} = 1 \text{ [13, табл. 6]}.$$

$$K_V = 1,25 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,125.$$

$$V = \frac{47 \cdot 1,125}{40^{0,2} \cdot 0,16^{0,8}} = \frac{52,875}{0,16} = \mathbf{109,53 \text{ м/мин}},$$

2. Расчет силы резания.

При прорезании пазов и фасонном точении составляющие силы резания рассчитывается по формуле [13, с. 371]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p , x , y , n – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [13, табл. 22], K_p – поправочный коэффициент определяемый как произведение:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}.$$

$$K_{mp} = 0,72 \text{ [13, табл. 9]},$$

$$K_{\varphi p} = 1 \text{ [13, табл. 23]},$$

$$K_{\gamma p} = 1,1 \text{ [13, табл. 23]},$$

$$K_{\lambda p} = 1 \text{ [13, табл. 23]},$$

$$K_p = 0,72 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 = 0,792.$$

$$C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,04^{0,75} \cdot 109,53^{-0,15} \cdot 0,792 = \mathbf{210 \text{ Н}}.$$

3. Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания производится согласно формуле [13, с. 271]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60},$$

$$N = \frac{210 \cdot 109,53}{1020 \cdot 60} = \mathbf{0,38 \text{ кВт}}.$$

4. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 109,53}{3,14 \cdot 99} = 352 \text{ об/мин.}$$

ТОЧИТЬ НАЧИСТО

Резец токарный чистовой широкий с пластиной из твердого сплава: Резец 2120-0057 Т15К6 ГОСТ 18879-73

Глубина резания:

$$t = 0,469 \text{ мм. [13, с. 363]}$$

Подача:

$$S' = 1,2 \text{ мм/об,}$$

Стойкость:

$$T = 40 \text{ мин [13, с. 363].}$$

5. Расчет скорости резания.

При продольном наружном точении скорость резания рассчитывается по формуле [13, с. 363]:

$$V = \frac{C_V \cdot K_V}{T^m \cdot S^y \cdot t^x},$$

где C_V , x , y , m – коэффициент и показатели степени, приведенные в [13, с. 367, табл. 17], $C_V=280$, $m=0.2$, $x=0.15$, $y=0.45$.

K_V – поправочный коэффициент, определяемый из [13, с. 358]

$$K_V = K_{mV} \cdot K_{nV} \cdot K_{иV},$$

где K_{mV} – коэффициент учитывающий влияние материала заготовки, K_{nV} – коэффициент учитывающий состояние поверхности и $K_{иV}$ – коэффициент учитывающий материал режущего инструмента.

$$K_{mV} = 1,45 \text{ [13, табл. 1 – 2]}, \quad K_{mV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 0,95 * \left(\frac{750}{490} \right)^1 = 1,45$$

$$K_{nV} = 0,9 \text{ [13, табл. 5]},$$

$$K_{иV} = 1 \text{ [13, табл. 6].}$$

$$K_V = 1,45 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,305$$

$$V = \frac{280 \cdot 1,305}{40^{0,2} \cdot 1,2^{0,45} \cdot 0,469^{0,15}} = 180 \text{ м/мин,}$$

6. Расчет силы резания.

При наружном продольном и поперечном точении составляющие силы резания рассчитывается по формуле [13, с. 371]:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p,$$

где C_p , x , y , n – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки принимаемые из [13, с. 373, табл. 22], K_p – поправочный коэффициент определяемый как произведение:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}.$$

Рассчитываем составляющую силы – P_z :

$$K_{mp} [13, \text{табл. 9}], K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{490}{750}\right)^{0.75} = 0.72$$

$$K_{\varphi p} = 0.89 [13, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\gamma p} = 1.1 [13, \text{табл. 23}],$$

$$K_{\lambda p} = 1 [13, \text{табл. 23}],$$

$$K_p = 0.72 \cdot 0.89 \cdot 1.1 \cdot 1 = 0.704$$

$$C_p = 300, x = 1, y = 0.75, n = -0.15.$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,469^1 \cdot 1,2^{0.75} \cdot 180^{-0.15} \cdot 0,704 = 521 \text{ Н.}$$

7. Расчет мощности резания.

Расчет мощности резания производится согласно формуле [13, с. 371]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60'}$$

$$N = \frac{521 \cdot 180}{1020 \cdot 60} = 1,53 \text{ кВт.}$$

8. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d},$$

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 100} = 573 \text{ об/мин}$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 95} = 603 \text{ об/мин}$$

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 180}{3,14 \cdot 105} = 546 \text{ об/мин}$$

НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ М100 1,5

Резцы токарные резьбовые с пластинами из твердого сплава:

Резец 2662-0005 1,5 Т15К6 ГОСТ 18885-73 или Sandvik coromant 266RG-16MM02A150M 1125

Произведем подбор рабочих ходов (i) согласно источнику [13, с.428, табл. 114].

Исходя из рассмотренных данных назначаем 3 рабочих ходов ($i=3$).

Подача:

Подача равна шагу резьбы – $S = 1,5$ мм/об.

Стойкость:

$T = 70$ мин.

1. Расчет скорость резания.

Для определения скорости резания воспользуемся формулой [13, с. 429]:

$$V = \frac{C_V \cdot i^x}{T^m \cdot S^y},$$

где C_V , x , y , m – коэффициент и показатели степени [13, с.430, т. 118].

$C_V = 244, x = 0,23, y = 0,3, m = 0,2$.

$$V = \frac{244 \cdot 5^{0,23}}{70^{0,2} \cdot 1,5^{0,3}} = \frac{244 \cdot 1,45}{2,34 \cdot 1,13} = 133,8 \text{ м/мин.}$$

2. Расчет сила резания.

Тангенциальная составляющая силы резания определяется исходя из [13, с. 432]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_P \cdot P^y \cdot K_P}{i^n},$$

где P – шаг резьбы, i – число рабочих ходов, C_P , x , y и n – коэффициент и показатели степени приведенные в [13, 433 с., табл. 120], K_P – поправочный коэффициент.

$K_P = K_{MP} = 0.72$ [2, табл. 9].

$C_P = 148, y = 1,7, n = 0,71$.

$$P_z = \frac{10 \cdot 148 \cdot 1,5^{1,7} \cdot 0,72}{5^{0,71}} = 677 \text{ Н.}$$

3. Расчет мощности.

Расчет мощности производится по формуле [13, с.432]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}$$

$$N = \frac{677 \cdot 133,8}{1020 \cdot 60} = \mathbf{1,51 \text{ кВт.}}$$

4. Расчет частоты вращения шпинделя.

Определяем частоту вращения используя формулу:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 133,8}{3,14 \cdot 95} = \mathbf{448 \text{ об/мин.}}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 133,8}{3,14 * 100} = \mathbf{426 \text{ об/мин.}}$$

ТОЧЕНИЕ ФАСКИ

Резец проходной отогнутый из твердого сплава: Резец 2102-1117 T15K6
ГОСТ 18868-73

Так как при точении фасок показатели требуемой мощности очень малы, расчет режима резания не производится.

В результате проведенного расчета режимов резания, было установлено, что наибольшая требуемая мощность для обработки равна **7,8 кВт**. Основываясь на полученной величине, производим подбор оборудования.

ПРОВЕРКА ПО МОЩНОСТИ ПРИВОДА ШПИНДЕЛЯ СТАНКА

Мощность, затрачиваемая на резание N должна быть меньше или равна мощности на шпинделе $N_{шп}$:

$$N \leq N_{шп} = N_э \eta,$$

Где, $N_э$ - мощность электродвигателя токарного станка, кВт; для станка 16К20, $N_{дв}=11$ кВт; η - КПД привода токарного станка, для станка 16К20 $\eta=0,75$.

$$7,8 \leq 15 * 0,75.$$

$$7,8 \leq 11,25$$

3.7 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

1. Для операций точения и нарезания резьбы можно выбрать два станка, один из которых с ЧПУ.

Характеристики: НК63В

Наибольший диаметр заготовки устанавливаемой над станиной, мм	над 630
Наибольший диаметр заготовки обрабатываемой суппортом, мм	над 360
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	1000/1500/3000
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	11
Количество и диапазон скоростей вращения шпинделя, об/мин	3/20-1120
Сечение резца, мм	32x32
Число резцов, одновременно устанавливаемых в резцедержателе, шт	4/6

Выбираем токарно - винторезный универсальный станок 1м63бф101 для ручной обработки.

Характеристики:

Класс точности по ГОСТ 8-82	Н
Наибольший диаметр заготовки устанавливаемой над станиной, мм	над 630
Наибольший диаметр заготовки обрабатываемой суппортом, мм	над 350
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки, мм	2800
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	15
Шаг нарезаемой резьбы метрической	1-224
Частота вращения шпинделя, об/мин	10-1250
Наибольшее перемещение суппорта	
-продольное	2520
-поперечное	400

Подача суппорта	
-продольная	0,06-1,0
-поперечная	0,024-0,31

2.Круглошлифовальный станок 3М174Е

Класс точности по ГОСТ 8-82	П
Наибольшие размеры устанавливаемой заготовки	
-диаметр	400
-длина, мм	2000
Наибольший диаметр шлифования наружный, мм	120
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки,мм	1800
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	30
Высота центров над столом	210
Наибольшее продольное перемещение стола	2000
Наибольший размер шлифовального круга Наружный	750
Частота вращения шпинделя шлифовального круга, об/мин, при шлифовании наружном	1270

3.Вертикально- фрезерный станок 6А59

Класс точности по ГОСТ 8-82	Н
Размеры рабочей поверхности стола, мм	ширина 1000 длина 2500
Наибольшее перемещение стола:	
-продольное	2000
-поперечное	1000
-шпиндельной бабки	900
-гильзы шпинделя	150
Расстояние от торца шпинделя до поверхности стола	100-1000

Число скоростей шпинделя	18
Частота вращения шпинделя, об/мин	25-1250
Подача, мм/мин -стола -шпиндельной бабки	2,5-2200 0,6-550
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	22

3.8 Выбор измерительного инструмента

Для осуществления технического контроля производим подбор измерительного инструмента. При выборе инструмента учитываем тип производства, требуемую точность измерений, доступность измеряемых участков поверхностей детали (простота поверхностей обеспечивает хороший доступ).

Учитывая все указанные факторы, выбираем:

- Микрометр ГОСТ 6507–90 типа МВМ для измерения диаметральных размеров, с точностью 0,01 мм; наименьший допуск на измеряемые размеры составляет 280 мкм ($\approx 0,03$ мм));
- Калибр кольцо резьбовое М 100*1,5 6h ПР НЕ (для контроля нарезаемой резьбы М100х1,5) ГОСТ 17764-72.
- Калибр-кольцо М95х1,5 ПР, НЕ (для контроля нарезаемой резьбы М100х1,5) ГОСТ 17764-72.
- Индикаторы часового типа ИЧ-05, цена деления 0,01 мм.

3.9 Нормирование.

Норма времени выполнения операций на станках с ЧПУ, при условии использования одного станка, включает в себя подготовительно – заключительное время, т.е. время, затраченное на подготовку к выполнению работы и действий, связанных с ее окончанием и штучное время, время, отводимое на изготовление единицы продукции [15, с. 4, формула 1.1]:

$$H_{вр} = T_{пз} + T_{шт},$$

$T_{шт}$ определяется из формулы [4, с. 5, формула 1.2]:

$$T_{шт} = T_{оп} \left(1 + \frac{T_{обс} + T_{отл}}{100} \right),$$

где $T_{оп}$ – оперативное время, мин; $T_{обс}$ и $T_{отл}$ – время на обслуживание рабочего места и время на отдых и личные нужды соответственно, % от $T_{оп}$ (4-8%).

$$T_{оп} = T_a + T_b,$$

здесь T_a – время автоматической работы станка, мин; T_b – время вспомогательной ручной работы, мин.

Производим расчет времени автоматической работы, представляющего собой совокупность основного и вспомогательного времени работы станка:

$$T_a = T_{oa} + T_{ва},$$

где T_{oa} – основное время автоматической работы, мин; $T_{ва}$ – вспомогательное время автоматической работы, мин.

Расчет основного времени автоматической работы станка:

$$T_{oa} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_{Mi}},$$

где L_i – длина пройденного пути инструментом, при обработке заготовки, мм; S_{Mi} – рабочая минутная подача, на обрабатываемом участке, мм/мин.

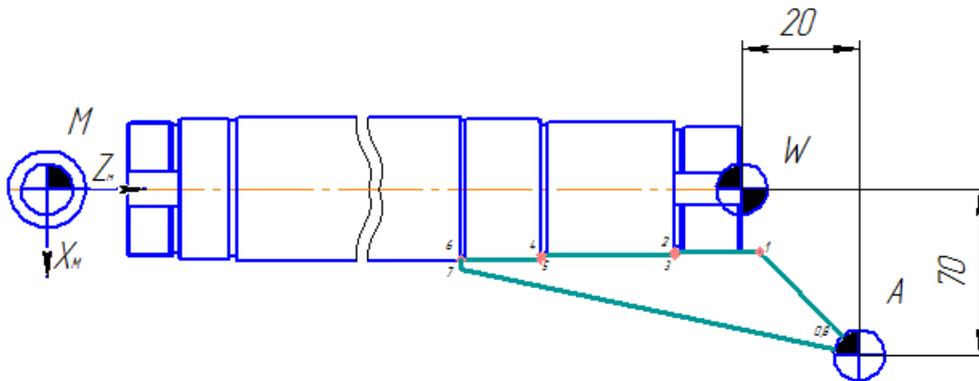
Обработка инструментом ПИ1:

Координаты опорных точек траектории инструмента ПИ1:

№	Г	Координаты	
		X, мм	Z, мм
0	-	70	20
1	$T_{ва}$	47,5	5
2	T_{oa}	47,5	-50
3	T_{oa}	50	-50
4	T_{oa}	50	-100
5	T_{oa}	52,514	-100
6	T_{oa}	52,514	-152

7	T _{BA}	57,514	-152
8	T _{BA}	70	20

Траектория инструмента ПИ1:



$$T_{oa1} = \frac{L_i}{S_{Mi}}$$

$$L_1 = 220 \text{ мм,}$$

$$S_{M1} = n_{1.2} \cdot S_1 = 546 \cdot 1,2 = 655,2 \text{ мм/мин;}$$

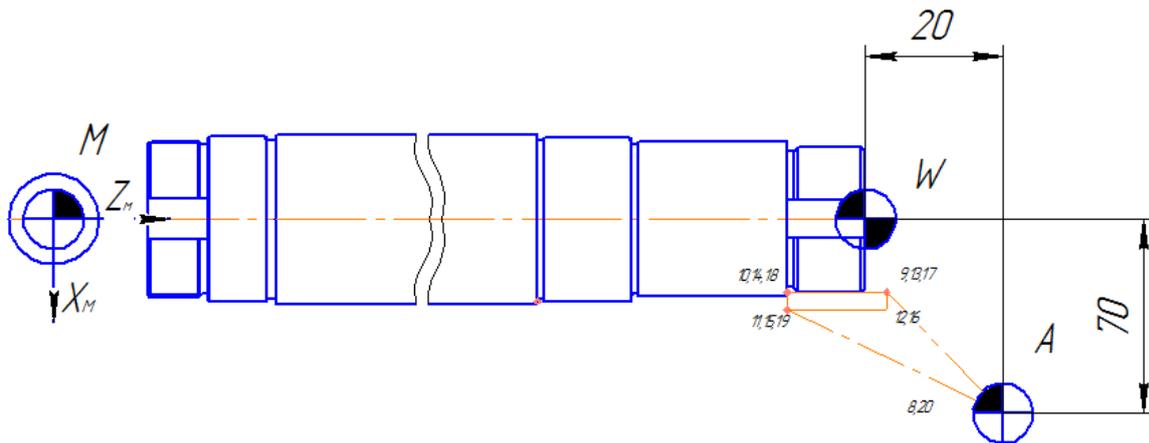
$$T_{oa1} = \frac{L_{1.1}}{S_{M1.1}} = 0,33 \text{ мин.}$$

Обработка инструментом ПИ2:

Координаты опорных точек траектории инструмента ПИ2:

№	T	Координаты	
		X, мм	Z, мм
8	-	70	20
9	T _{BA}	47,02	5
10	T_{OA}	47,02	-50
11	T _{BA}	49	-50
12	T _{BA}	49	5
13	T _{BA}	46,67	5
14	T_{OA}	46,67	-50
15	T _{BA}	49	-50
16	T _{BA}	49	5
17	T _{BA}	46,65	5
18	T_{OA}	46,65	-50
19	T _{BA}	49	-50
20	T _{BA}	70	20

Траектория инструмента ПИ2.:



$$T_{\text{oa2}} = \frac{L_i}{S_{Mi}}$$

$$L_2 = 3 \cdot 50 = 150 \text{ мм},$$

$$S_{M2} = n_4 \cdot S_4 = 448 \cdot 1,5 = 672 \text{ мм/мин};$$

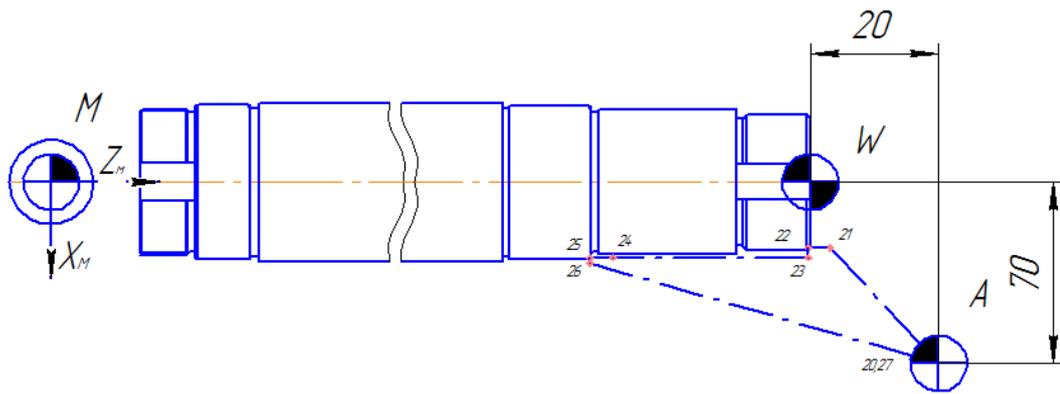
$$T_{\text{oa2}} = \frac{L_4}{S_{M4}} = \frac{150}{672} = 0,22 \text{ мин.}$$

Обработка инструментом ПИЗ:

Координаты опорных точек траектории инструмента ПИЗ

№	Г	Координаты	
		X, мм	Z, мм
20	T _{BA}	70	20
21	T _{BA}	46,5	5
22	T_{OA}	46,5	-1
23	T _{BA}	52,5	-1
24	T _{BA}	52,5	-140
25	T_{OA}	52,5	-151
26	T _{BA}	54	-151
27	T _{BA}	70	20

Траектория инструмента ПИЗ.:



$$T_{\text{оа3}} = \frac{L_i}{S_{Mi}}$$

$$L_3 = 2,83 + 2,83 = 5,66 \text{ мм},$$

$$S_{M3} = n_3 \cdot S_3 = 435 \cdot 0,1 = 43,5 \text{ мм/мин};$$

$$T_{\text{оа3}} = \frac{L_5}{S_{M5}} = \frac{5,66}{43,5} = 0,13 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{оа}} = 0,33 + 0,22 + 0,13 = \mathbf{0,68 \text{ мин.}}$$

Расчет времени автоматической вспомогательной работы станка:

$$T_{\text{ва}} = T_{\text{вха}} + T_{\text{ост}},$$

где $T_{\text{вха}}$ – время автоматических вспомогательных ходов, мин; $T_{\text{ост}}$ – время технологических пауз, мин.

$$T_{\text{вха}} = \frac{L_{xx}}{S_{ум}}$$

где L_{xx} – длина пути проходимого на холостом ходу, мм; $S_{ум}$ – ускоренная минутная подача, мм/мин.

Для определения величины пути, проходимого на холостом ходу используется материал, указанный выше

$$L_{xx} = L_{xx_{\text{пи1}}} + L_{xx_{\text{пи2}}} + L_{xx_{\text{пи3}}}$$

$$L_{xx} = 210 + 305 + 339 = 854 \text{ мм}$$

$$T_{\text{вха}} = \frac{854}{2000} = 0,427 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{ост}} = 0 \text{ мин.}$$

$$T_{\text{ва}} = \mathbf{0,427} \text{ мин.}$$

Расчет времени автоматической работы:

$$T_a = 0,68 + 0,427 = \mathbf{1,107} \text{ мин}$$

Производим расчет времени вспомогательной ручной работы, представляющего собой совокупность времени на снятие и установку ($T_{\text{ву}}$), времени на выполнение операций ($T_{\text{во}}$) и времени на контрольные измерения ($T_{\text{ви}}$):

$$T_{\text{в}} = T_{\text{ву}} + T_{\text{во}} + T_{\text{ви}},$$

$$T_{\text{ву}} = 2,9 \text{ мин [4, с. 59, карта 7],}$$

$$T_{\text{во}} = 0 \text{ мин,}$$

$$T_{\text{ви}} = 0,32 + 0,15 + 1,2 + 1,2 = 2,87 \text{ мин [4, с. 84,88, карта 15].}$$

$$T_{\text{в}} = 2,9 + 2,87 = \mathbf{5,77} \text{ мин}$$

Расчет оперативного времени:

$$T_{\text{оп}} = T_a + T_{\text{в}} = 1,107 + 5,77 = \mathbf{6,877} \text{ мин.}$$

Расчет штучного времени:

$$T_{\text{обс}} + T_{\text{отл}} = 0,08 \cdot T_{\text{оп}} \text{ [4, с. 90, карта 16],}$$

$$T_{\text{шт}} = \mathbf{6,877} \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = \mathbf{7,42} \text{ мин,}$$

Производим расчет нормы времени:

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{пз}} + T_{\text{шт}},$$

$$T_{\text{пз}} = 6,877$$

$$H_{\text{вр}} = 6,877 + 7,42 = \mathbf{14,39} \text{ мин.}$$

3.10 Составление программы в G-кодах

%

N0 M40- третий диапазон частот вращения

N1 M3

N2 S546 – включение шпинделя с частотой вращения 546 об/мин

N3 F120- Подача $s=1,2$ мм/об

*N4 X7000~**

*N5 2000~**

N6 T1

*N7 X4750 ~**

*N8 Z500 ~**

N9 Z-5000

N10 X5000 Отвод на $\varnothing 100$ мм с подрезанием уступа

N11 .Z-10000

N12 X 5251,4 Отвод на $\varnothing 105,028$ мм с подрезанием уступа

N13 Z-15200

N14 X 5751

*N15 X7000 ~**

*N16 Z 2000 ~**

N17 T2

N18 S448- включение шпинделя с частотой вращения 448 об/мин

N19 F150 Подача $s=1,5$ мм/об

*N20 X4702 ~**

*N21 Z500 ~**

N22 Z-4700

*N23 X4900 ~**

*N24 Z500 ~**

N25 X4667

N26 Z-4700

*N27 X4900 ~**

*N28 Z500 ~**

*N29 X4665 ~**

N30 Z-4700

*N31 X4900 ~**

*N32 X7000 ~**

*N33 Z2000 ~**

N34 T3

N35 S435- включение шпинделя с частотой вращения 448 об/мин

N36 F10- Подача $s=0,1$ мм/об

*N37 X4650 ~**

*N38 Z500 ~**

N39 Z-100

N40 X 5250

*N41 Z-14000 ~**

N42 Z-15100

N43 X5400 ~*
N43 X7000 ~*
N44 X2000 ~*
N45 M5- отключение шпинделя
N46 M30- конец программы
%

3.11 РАСЧЕТ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Для определения сил закрепления, в первую очередь необходимо установить наибольшую силу, действующую на заготовку в процессе резания.

Рассмотрев результаты расчетов режимов резания, устанавливаем, что наибольшая сила резания P_z возникает при нарезании резьбы и равняется **677**

Н. Составляем расчетную схему.

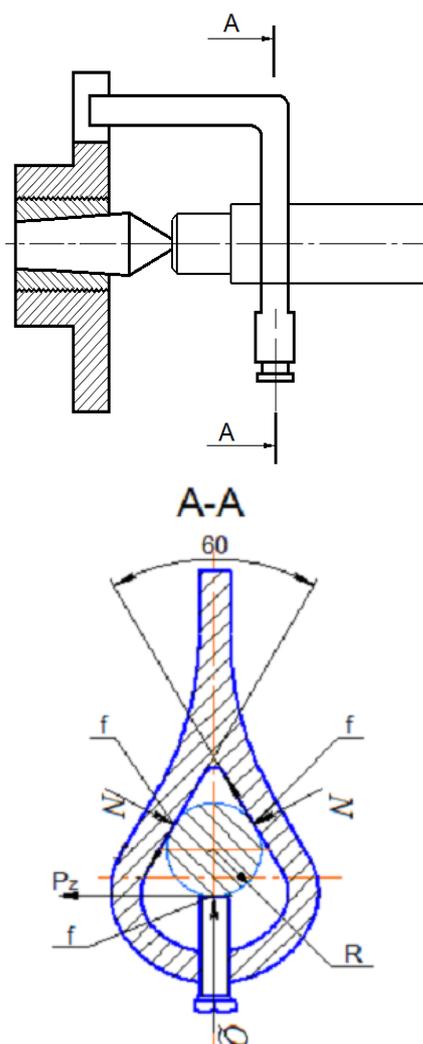


Рис.12. Схема действия сил на заготовку

Требуемая сила закрепления Q определяется по формуле [16, с. 51]:

$$Q = \frac{k \cdot M}{f \cdot R + \frac{f \cdot R}{\sin(\alpha/2)}}$$

где k – коэффициент запаса, M – крутящий момент сил резания, f – коэффициент трения ($f = 0,15$) [16, с. 44, табл. 25], R – радиус заготовки.

Коэффициент запаса определяется по формуле [16, с. 41]:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6,$$

где k_0 – гарантированный коэффициент запаса ($k_0 = 1,5$), k_1 – коэффициент учитывающий неравномерность припусков по обрабатываемой поверхности заготовки (для черновой обработки $k_1 = 1,2$) [16, с. 41], k_2 – коэффициент учитывающий увеличение силы резания при затуплении режущего инструмента ($k_2 = 1$) [16, с. 42, табл. 24], k_3 – коэффициент учитывающий увеличение силы резания при обработке прерывистых поверхностей (при точении $k_3 = 1$) [16, с. 41], k_4 – коэффициент учитывающий непостоянство сил зажима ($k_4 = 1$) [16, с. 41], k_5 – коэффициент учитывающий эргономику ручных зажимных элементов ($k_5 = 1$) [16, с. 41], k_6 – коэффициент учитываемый только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку ($k_6 = 1$) [16, с. 41].

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8$$

Крутящий момент сил резания:

$$M = P_z \cdot R,$$

$$M = 677 \cdot 0,055 = 37,235 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$Q = \frac{1,8 \cdot 37,235}{0,15 \cdot 0,055 + \frac{0,15 \cdot 0,055}{\sin(60/2)}} = \frac{67,023}{0,0099} = 6770 \text{ Н}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате написания курсового проекта был спроектирован технологический процесс изготовления детали типа «вал». В ходе проектирования были произведены выбор заготовки и моделирование маршрута обработки в условиях мелкосерийного производства. Рассчитаны припуски на механическую обработку и режимы резания. На основании полученных режимов резания, произведен подбор оборудования, режущего инструмента и приспособления, обеспечивающих их реализации. Был произведен подбор измерительного инструмента согласно требуемой точности и типу производства, установлена норма времени, необходимого для изготовления одной детали, а также спроектированы карта наладки, расчетно-технологическая карта, операционная карта и карта эскиза.

4.Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Введение

Цель написания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» заключается в проведении планирования научно – исследовательских работ, подразделяющегося на:

- Определение структуры работ в рамках научного исследования;
- Определение трудоемкости выполнения работ;
- Разработку графика проведения научного исследования.

Объектом экономического исследования в рамках написания ВКР является тренажер для вестибулярного аппарата.

4.1 Определение трудоемкости выполнения работы

В силу того, что трудовые затраты являются основополагающим фактором в формировании стоимости разработки, появляется необходимость определения трудоемкости работ каждого участника научного исследования.

Оценка трудоемкости выполнения научного исследования проводится экспериментальным путем с применением такой величины измерения, как человеко – дни и носит вероятностный характер, что обусловлено зависимостью от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ож\ i}$ используется следующая формула [17, формула 3]:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (4.1)$$

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

$t_{min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

$t_{max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.

Таблица 4.2 - Допустимые значения трудоемкости выполнения работы

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Минимальная трудоемкость (t_{min}), чел. – дн.	Максимальная трудоемкость (t_{max}), чел. – дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	0,5	2
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	1	3
	3	Проведение обзора аналогов	2	4
	4	Выбор направления исследования	0,5	1
	5	Календарное планирование работ по теме	1	2
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение расчетов	4	6
	7	Построение 3D модели тренажера	4	7
	8	Проведение испытания 3D модели тренажера на прочность.	1	2
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка результатов проведенного испытания	0,5	1
Проведение ОКР				
Разработка технологической документации и проектирование	10	Разработка принципиальной схемы	2	3,5
	11	Выбор и расчет конструкции	2	3
	12	Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	3	5
	13	Нормирование технологических переходов	2	5

	14	Разработка чертежей деталей	5	7
	15	Разработка сборочных чертежей	4	6
Изготовление и испытание опытного образца	16	Конструирование и изготовление опытного образца	3	8
	17	Лабораторные испытания опытного образца	2	4
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	2,5	4

Таблица 4.3 - Ожидаемые значения трудоемкости выполнения работы

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Ожидаемая трудоемкость ($t_{ож}$), чел. – дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	1,1
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	1,8
	3	Проведение обзора аналогов	2,8
	4	Выбор направления исследования	1,1
	5	Календарное планирование работ по теме	1,4
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение расчетов	4,8
	7	Построение 3D модели тренажера	5,2
	8	Проведение испытания 3D модели тренажера на прочность.	1,4
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка результатов проведенного испытания	1,1

Проведение ОКР			
Разработка технологической документации и проектирование	10	Разработка принципиальной схемы	2,6
	11	Выбор и расчет конструкции	2,4
	12	Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	3,8
	13	Нормирование технологических переходов	3,2
	14	Разработка чертежей деталей	5,8
	15	Разработка сборочных чертежей	4,8
Изготовление и испытание опытного образца	16	Конструирование и изготовление опытного образца	5
	17	Лабораторные испытания опытного образца	3,8
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	3,1
ИТОГО:			55,2

С учетом полученных значений ожидаемой трудоемкости выполнения работ, производим расчет продолжительности каждой работы в рабочих днях T_p , предусматривающей параллельность выполнения работ несколькими исполнителями [17, формула 4]:

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож\ i}}{q_i}, \quad (4.2)$$

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

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения работы, чел. – дн.;

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

Таким образом, учитывая, что работа на каждом этапе предусматривает наличие лишь одного исполнителя, можно утверждать, что величина продолжительности одной работы в рабочих дня будет равна величине ожидаемой трудоемкости ($T_{pi} = t_{ож i}$).

4.2 Структура работ в рамках научного исследования

Написание данного параграфа проводится в целях составления перечня этапов и работ, предусмотренных научным исследованием, и последующим распределением исполнителей по установленным видам работ.

Таблица 4.1 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение обзора аналогов	Студент
	4	Выбор направления исследования	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение расчетов	Студент
	7	Построение 3D модели тренажера	Студент
	8	Проведение испытания 3D модели тренажера на прочность.	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка результатов проведенного испытания	Студент
Проведение ОКР			
Разработка технологической	10	Разработка принципиальной схемы	Студент

документации и проектирование	11	Выбор и расчет конструкции	Студент
	12	Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	Студент
	13	Нормирование технологических переходов	Студент
	14	Разработка чертежей деталей	Студент
	15	Разработка сборочных чертежей	Студент
Изготовление и испытание опытного образца	16	Конструирование и изготовление опытного образца	Студент
	17	Лабораторные испытания опытного образца	Студент
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	Студент

4.3 Разработка графика проведения научного исследования

В силу того, что темы ВКР предоставляемые студентам как правило имеют сравнительно небольшой объем, наиболее простым и целесообразным способом построения графика выполнения выпускной квалификационной работы является диаграмма Ганта, представляющая собой горизонтальный ленточный график.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ, рассчитанных в параграфе 3.2. из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни [17, формула 5]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности, который в свою очередь определяется по формуле [4, формула 6]:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.4)$$

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

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

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

Таблица 4.4 - Количество дней за 2015 год

Календарные дни, дн.	Рабочие дни, дн.	Праздничные (выходные) дни, дн.
365	247	118

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

Производим расчет календарных дней по каждой работе, полученные данные округляем до целого числа и вносим в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 - Временные показатели проведения ВКР

Название работы	Трудоемкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел - дн	t_{max} , чел - дн	$t_{ожж}$, чел - дн			
Составление и утверждение технического задания	0,5	2	1,1	Руководитель	1,1	2
Подбор и изучение материалов по теме	1	3	1,8	Студент	1,8	3
Проведение обзора аналогов	2	4	2,8	Студент	2,8	4
Выбор направления исследования	0,5	1	1,1	Руководитель	1,1	2
Календарное планирование работ по теме	1	2	1,4	Руководитель	1,4	2
Проведение	4	6	4,8	Студент	4,8	7

расчетов						
Построение 3D модели тренажера	4	7	5,2	Студент	5,2	8
Проведение испытания 3D модели тренажера на прочность	1	2	1,4	Студент	1,4	2
Оценка результатов проведенного испытания	0,5	1	1,1	Студент	1,1	2
Разработка принципиальной схемы	2	3,5	2,6	Студент	2,6	4
Выбор и расчет конструкции	2	3	2,4	Студент	2,4	4
Проектирование технологических операций и уточнение содержания переходов	3	5	3,8	Студент	3,8	6
Нормирование технологических переходов	2	5	3,2	Студент	3,2	5
Разработка чертежей деталей	5	7	5,8	Студент	5,8	9
Разработка сборочных чертежей	4	6	4,8	Студент	4,8	7
Конструирование и изготовление опытного образца	3	8	5	Студент	5	7

работ в рамках научного исследования, трудоемкость выполнения работ и разработан график проведения научного исследования.

5. Раздел «Социальная ответственность»

Введение

Данный раздел ВКР посвящен анализу воздействующих в процессе работы опасных и вредных факторов и выработке методов защиты от негативного действия этих факторов. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышения уровня шума, превышение электромагнитных излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

На сегодняшний день преобладающее место в конструировании занимают системы автоматизированного проектирования (САПР), где все модели и сопутствующая документация создаются благодаря компьютерным технологиям с использованием ПЭВМ. В связи с этим, требуется рассмотрение санитарных норм работы с ЭВМ и организации соответствующего рабочего места.

Длительная работа на ПЭВМ отрицательно воздействует на здоровье человека. Монитор ПК, является источником различных излучений, таких как: электромагнитное, рентгеновское, ультрафиолетовое, инфракрасное, а так же излучения видимого диапазона.

Длительное сидячее положение приводит к напряжению мышц и появлению болей в руках, плечевых суставах, позвоночнике, шее. При длительной работе на клавиатуре появляются болевые ощущения в запястьях, кистях и пальцах рук. Особенностью работы на ПК является постоянное и значительное напряжение функций зрительного анализатора.

5.1 Организация рабочего места оператора ПЭВМ

Рабочее место — это зона нахождения работника и средств приложения его труда, которая определяется на основе технических и эргономических нормативов и оснащается техническими и прочими средствами, необходимыми для исполнения работником поставленной перед

ним конкретной задачи. Рабочее место должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивать возможность удобного выполнения работ;
- учитывать физическую тяжесть работ;
- учитывать размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего;
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

Невыполнение этих требований может привести к получению работником производственной травмы или развития у него профессионального заболевания. Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032. [ГОСТ 12.2.032 - 78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.- М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.]

Конструкция оборудования и рабочего места при выполнении работ в положении сидя должна обеспечивать оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, высоты сидения, оборудованием пространства для размещения ног и высотой подставки для ног.

Оценка комфортности рабочей зоны производится в зависимости от линейных параметров рабочего места, значение которого определяется ростом оператора ПЭВМ. При организации рабочего места необходимо выполнять требования эргономики, то есть учитывать все факторы, влияющие на эффективность действий человека при обеспечении безопасных приемов его работы.

Рациональная организация рабочего места учитывает оптимальную его планировку, степень автоматизации, выбор рабочей позы человека, расположение органов управления и т.п. Оптимальная планировка обеспечивает удобство при выполнении работ, экономию сил и времени человека. Рабочие места проектируются с учетом антропометрических

данных человека усредненных размеров человеческого организма, так как если размещение органов управления не соответствует возможностям человека, то выполняемая работа будет тяжелой и утомительной.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340 для взрослых пользователей для организации рабочего места с ПЭВМ предъявляются следующие требования:

- Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах 680 - 800 мм; при отсутствии такой возможности высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

- Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

- Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

- Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:
 - ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
 - поверхность сиденья с закругленным передним краем;
 - регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углам наклона вперед до 15 град. и назад до 5 град.;
 - высоту опорной поверхности спинки 300 +/- 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
 - угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах +/- 30 градусов;
 - регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260 - 400 мм;
 - стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50 - 70 мм;

- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 +/- 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

- Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм; регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 град. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм.

- Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 - 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Кроме того временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ не должны превышать значения указанные в таблице 11.

Таблица 11. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Особое внимание следует уделять и техническим характеристикам видео дисплейных терминалов (мониторов) и их влиянию на организм человека. Нормативные параметры для мониторов при работе с ПЭВМ указаны в таблице 12.

Таблица 12. Допустимые визуальные параметры устройств отображения информации

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/кв. м
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более +/- 20%
Контрастность (для монохромного режима)	Не менее 3:1
Временная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение во времени яркости изображения на экране дисплея)	Не должна фиксироваться
Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренные изменения положения фрагментов изображения на экране)	Не более $2 \times 1E(-4L)$, где L-проектное расстояние наблюдения, мм

Для дисплеев на ЭЛТ частота обновления изображения должна быть не менее 75 Гц при всех режимах разрешения экрана, гарантируемых нормативной документацией на конкретный тип дисплея, и не менее 60 Гц для дисплеев на плоских дискретных экранах (жидкокристаллических, плазменных и т.п.).

При оформлении помещения большое значение имеет цветовое решение. Психологическое воздействие цвета - первый и наиболее важный фактор, учитываемый при выборе цветового решения. Учитывая характер работ, следует выбирать неяркие, малоконтрастные оттенки, которые не рассеивали бы внимание в рабочей зоне. Так как работа требует спокойствия и сосредоточенности, предпочтительно использовать оттенки "холодных" цветов.

Организовать свое рабочее место каждый сотрудник может согласно своим наклонностям. Но при организации рабочего места надо выполнять некоторые правила:

- соблюдать чистоту и порядок на рабочем месте;
- не создавать шума;

- не нарушать инструкции по технике безопасности. Для того чтобы не уставали мышцы спины нужно соблюдать антропометрические размеры, приведенные выше.

Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей ПЭВМ рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с использованием ПЭВМ и без него.

При возникновении у работающих с ПЭВМ зрительного дискомфорта и других неблагоприятных субъективных ощущений, несмотря на соблюдение санитарно-гигиенических и эргономических требований, рекомендуется применять индивидуальный подход с ограничением времени работы с ПЭВМ.

Кроме того в СанПиН 2.2.2/2.4.1340 приведены рекомендуемые упражнения для глаз, а также комплексы упражнений физкультурных пауз во избежание утомляемости рабочих и причинения из-за этого вреда здоровью.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Рабочее место находится в офисном помещении. Площадь помещения составляет 18 м^2 (длина $A=6$ м, ширина $B=3\text{ м}$), объем составляет 45 м^3 (высота $C=2,5\text{ м}$). Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19] площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ составляет $6,5\text{ м}^2$ и 20 м^3 объема на одного человека [19]. В помещении работает 2 человека, следовательно, нормы по площади и объему выполняются.

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующим на организм сочетанием температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Нормы оптимальных и допустимых метеорологических условий установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.24.548-96. При учете интенсивности труда все виды работ, исходя из общих энергозатрат организма, делятся на три категории: легкие, средней

тяжести и тяжелые. Данные работы можно отнести к работам категории Ia, с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением.

При работе в помещениях, которая связана с длительным использованием ПЭВМ, возможны нервно-эмоциональные напряжения. В таких помещениях должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ Ia и Ib в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Если помещения оборудованы ПЭВМ, то необходимо еженедельно проводить влажную уборку и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

Таблица 13. Допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин t° _{опт}	Диапазон выше оптимальных величин t° _{опт}			Если t° < t° _{опт}	Если t° > t° _{опт} "***"
Холодный	Ia	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75 "*)"	0,1	0,1
Теплый	Ia	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75 "*)"	0,1	0,2

"*)" При температурах воздуха 25°С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:
 70% - при температуре воздуха 25° С; 65% - при температуре воздуха 26° С;
 60% - при температуре воздуха 27° С; 55% - при температуре воздуха 28° С.

Из таблицы 13 видно, что в анализируемой комнате параметры микроклимата соответствуют нормам.

Микроклимат комнаты поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, дополнительным прогревом в холодное время года. [ГОСТ 12.1.005-88: Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны]

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и

нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19] объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м^3 [19]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет $22,5\text{ м}^3$, из этого следует, что в помещении необходимо обеспечить дополнительную вентиляцию.

Одним из наиболее опасных в производстве вредных факторов является шум. Шум – это совокупность аperiodических звуков различной интенсивности и частоты (шелест, дребезжание, скрип, визг и т.п.), способных оказывать неблагоприятное воздействие на организм.

Шум с уровнем звукового давления до 30-35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40-70 дБ в условиях среды обитания приводит к неблагоприятным для организма последствиям. Последствия шума – головная боль, быстрая утомляемость, бессонница или сонливость, ослабление памяти, снижение реакции и др.

Основным источником шума в комнате являются вентиляторы охлаждения ЭВМ. Уровень шума колеблется от 35 до 40дБА. При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА [19]. Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует вышеуказанным нормам.

Освещение рабочего места - важнейший фактор создания нормальных условий труда. Действие на человека недостаточной освещенности рабочей зоны и пониженной контрастности. Неудовлетворительное освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом. Неправильное освещение часто является причиной травматизма (плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них). Резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих, а также вызывают потерю чувствительности глазных нервов, что приводит к резкому ухудшению зрения.

Освещенность рабочего места, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-0 [19], должна быть не менее 300-500 лк, что может достигаться установкой местного освещения.

Таблица 2–Нормы естественного и искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Наименьший объем различения, мм	Искусственное освещение, лк	
		Комбинированное	Общее
Высокая точность	0,3–0,5	750	300

Местное освещение не должно создавать бликов на экране. За счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель.

Нормальная освещённость достигается в дневное время за счёт естественного света, проникающего через оконные проёмы, в утренние и вечерние часы за счёт искусственного освещения лампами.

В качестве источников искусственного света используется люминесцентная лампа, так как по спектральному составу она близка к дневному свету; обладает более высоким КПД и повышенной светоотдачей.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

Во время нормального режима работы оборудования опасность электропоражения крайне мала, однако, возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора. Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются [21]:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него сложное воздействие, являющееся совокупностью термического, электролитического, биологического и механического воздействий, что приводит к различным нарушениям в организме, вызывая как местные повреждения тканей и органов, так и общее его поражение.

Термическое действие тока проявляется в ожогах тела, нагреве и повреждении органов, что вызывает их серьезные функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока проявляется в разложении крови и других жидкостей в организме, вызывает значительные нарушения их физико-химического состава, а также ткани в целом.

Механическое действие тока проявляется в разрывах кожи, кровеносных сосудов, нервной ткани, а также вывихах суставов и даже переломах костей вследствие резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека.

Биологическое действие тока выражается главным образом в нарушении биологических процессов, протекающих в живом организме, что сопровождается разрушением и возбуждением тканей и сокращением мышц.

Любое из указанных воздействий может привести к электрической травме, т.е. к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги.

5.4 Охрана окружающей среды

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды. К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу) [21];

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;

– неметаллические части компьютера подвергаются специальной переработке;

В настоящее время ведется создание и внедрение безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Чрезвычайные события можно классифицировать по значительному числу признаков:

- признакам проявления (тип и вид);
- характеру поражающих факторов или источников опасности (тепловые, химические, радиационные, биологические и т.д.);
- месту возникновения (конструктивные, производственные, эксплуатационные, погодные, геофизические и др.);
- интенсивности протекания, масштабам воздействия (поражения);
- характеру воздействия на основные объекты поражения (разрушение, заражение, затопление и др.);
- содержанию и характеру последствий; долговременности и обратимости последствий.

Источником ЧС техногенного происхождения являются аварии на промышленных объектах. К опасным относятся объекты, на которых осуществляется использование токсичных веществ, взрывчатых и горючих веществ, образующих с воздухом взрывоопасные смеси, оборудования,

работающего при больших давлениях и температуре. Вероятность возникновения ЧС на опасных производственных объектах необходимо учитывать как при проектировании, так и на всех стадиях эксплуатации.

ЧС военного времени могут возникать при применении оружия массового поражения, к которому относятся ядерное, химическое и бактериальное оружие.

Защита населения в ЧС является главной задачей гражданской обороны. Учитывая ограниченность времени на организацию и проведение мероприятий по защите населения с момента возникновения чрезвычайных ситуаций, мероприятия по защите планируются, организуются и проводятся заблаговременно. Защитные мероприятия при ЧС включают эвакуацию людей, укрытие в защитных сооружениях (убежищах и противорадиационных укрытиях), использование средств индивидуальной и коллективной защиты, оказание первой помощи пострадавшим.

Ликвидация ЧС осуществляется силами и средствами предприятий, учреждений и организаций субъектов РФ, на территории которых сложилась ЧС, при проведении аварийно-спасательных и других неотложных работ.

Спасательные работы в очагах поражения включают:

- разведку очага поражения;
- локализацию и тушение пожаров, спасение людей из горящих зданий;
- розыск и извлечение из завалов пострадавших;
- оказание пострадавшим медицинской помощи;
- санитарная обработка зданий, сооружений и промышленных объектов;
- неотложные аварийно-восстановительные работы на промышленных объектах.

В помещении имеется электропроводка напряжением 220 В, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании

электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Выводы

1. Произведен аналитический обзор существующих аппаратов для вестибулярной подготовки. На основании которого было выявлено, что:
 - a. Вестибулярная подготовка строится на явлении вестибулярного привыкания. Это значит, что во время тренировок необходимо раздражать вестибулярный анализатор в самых разнообразных условиях; воздействие на систему «вестибулярный, зрительный, двигательный анализаторы» с тем, чтобы устранить нарушение пространственной ориентировки.
 - b. Тренировки с воздействием ускорений Кориолиса наиболее эффективны.
2. Рассчитаны основные элементы конструкции на прочность и жесткость. Подобраны подшипники по динамической грузоподъемности, смоделирован аттракцион в программной среде «SolidWorks»
3. Спроектирован маршрут обработки типа «вал» в условиях мелкосерийного производства. Рассчитаны припуски на механическую обработку и режимы резания. Произведен подбор оборудования и резцов и измерительного инструмента требуемой точности. Составлена управляющая программа для обработки детали на станке с ЧПУ. Установлена норма времени, необходимая для изготовления партии деталей, а также спроектированы карта наладки, расчетно-технологическая карта, операционная карта и карта эскиза.
4. Определена трудоемкость выполнения работы по проектированию и созданию тренажера для тренировки вестибулярного аппарата.
5. Рассмотрены нормы безопасности работы за ПЭВМ, безопасность в чрезвычайных ситуациях, охрана окружающей среды в процессе проектирования тренажера для тренировки вестибулярного аппарата.

Список использованных источников

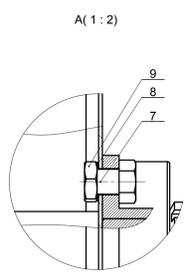
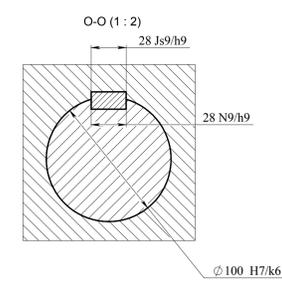
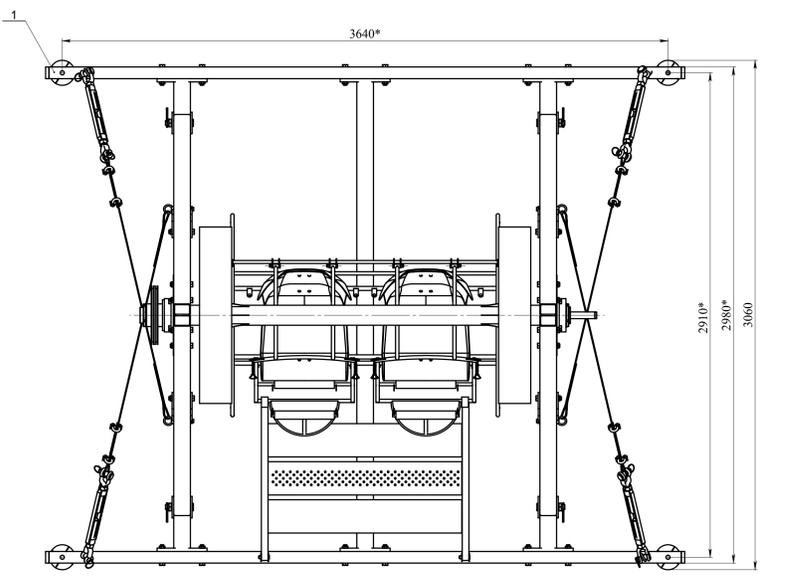
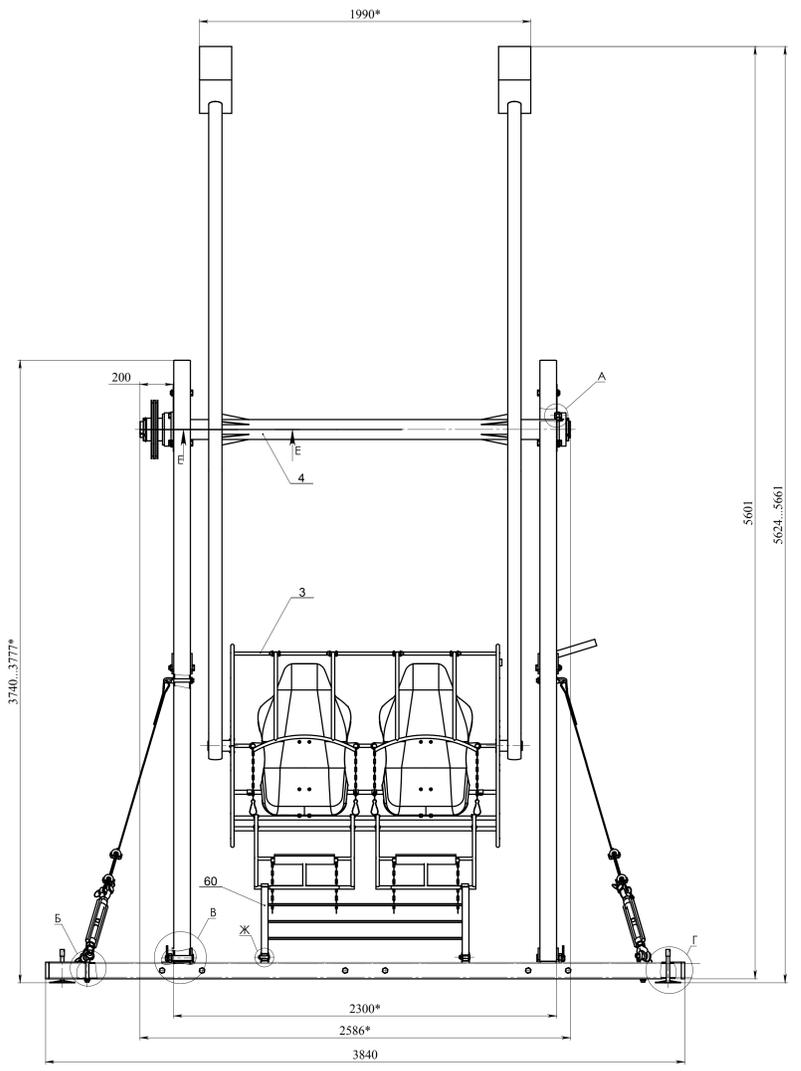
1. Сведения о вестибулярном аппарате [Электронный ресурс] : URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4>
2. Р.Р.Каспранский, В.Н.Алексеев, Л.И.Воронин/ История вестибулярной подготовки космонавтов// ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ и ТЕХНИКИ им. С.И.Вавилова.-Москва ,2011.
3. Ориентация человека в космическом пространстве [Электронный ресурс]:URL: <http://www.astronaut.ru/bookcase/books/leonov01/text/10.htm>
4. Научно исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина[Электронный ресурс] : URL: <http://www.gctc.ru/main.php?id=242>
5. Перегрузка (летательные аппараты) [Электронный ресурс] : URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B0_\(%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B0_(%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%8B))
6. Динамика [Электронный ресурс]: URL: <http://educon.by/index.php/materials/phys/dinamika>
7. Перегрузка (аэродинамика) [Электронный ресурс]: URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1089927>
8. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: учебное пособие для машинностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования. – 6-е изд. – М.: Машиностроение, 2013. – 560 с., ил.
9. Гузенков П.Г. Детали машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд.,испр. / Репринтное воспроизведение издания 1986 г. – М.: Издательство Альянс, 2012. – 359 с.: ил.
10. Предел текучести, предел прочности, допускаемые напряжения, модуль упругости и коэффициент линейного расширения по нормам АЭС

[Электронный ресурс]: URL:
http://www.stresscalc.ru/stress_npp/prop_npp.php?mat=35&get=1

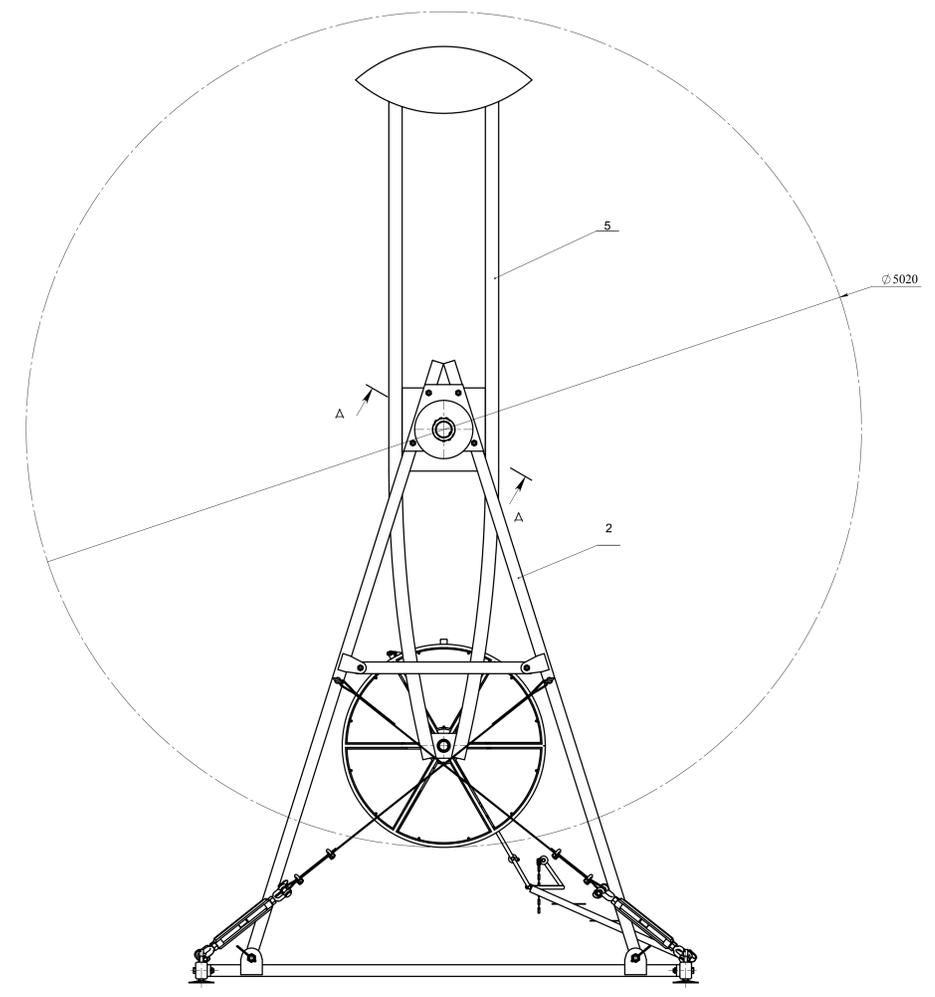
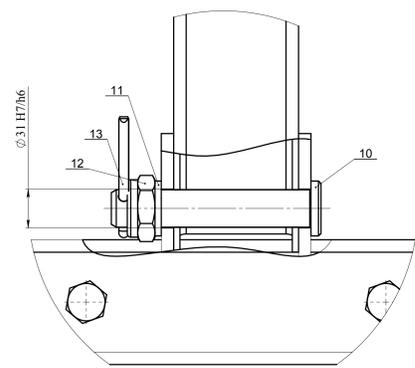
- 11.11. Проблемы развития предприятий машиностроительной отрасли [Электронный ресурс]: URL: <http://www.tisbi.ru/assets/Site/Science/--2014/Saharov.pdf>.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 1/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
14. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие / В.П. Должиков; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.
15. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением: справочник / Центральное бюро нормативов комитета СССР по труду и социальным вопросам – М.: Экономика, 1990. – 207 с.
16. Проектирование и расчет станочных и контрольно-измерительных приспособлений в курсовых и дипломных проектах: учеб. пособие / И. Н. Аверьянов, А. Н. Болотеин, М. А. Прокофьев – Рыбинск: РГАТА, 2010. – 220 с.
17. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Сери-кова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

18. Романенко С.В Социальная ответственность – С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.
19. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. – М., 2003
20. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
21. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.
22. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

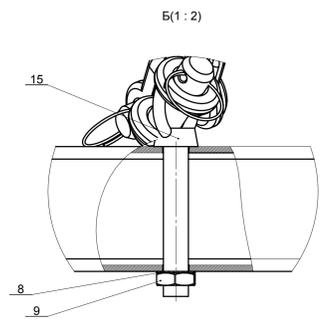
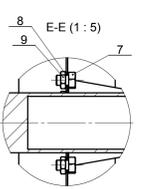
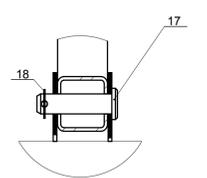
Приложения



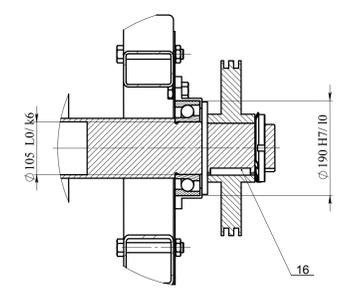
В(1:2)



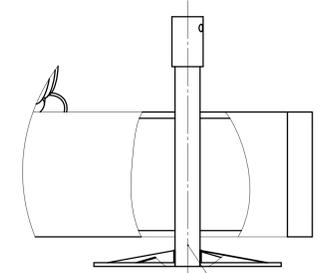
Ж(1:2)



Д-Д(1:5) Ø



Г(1:2)

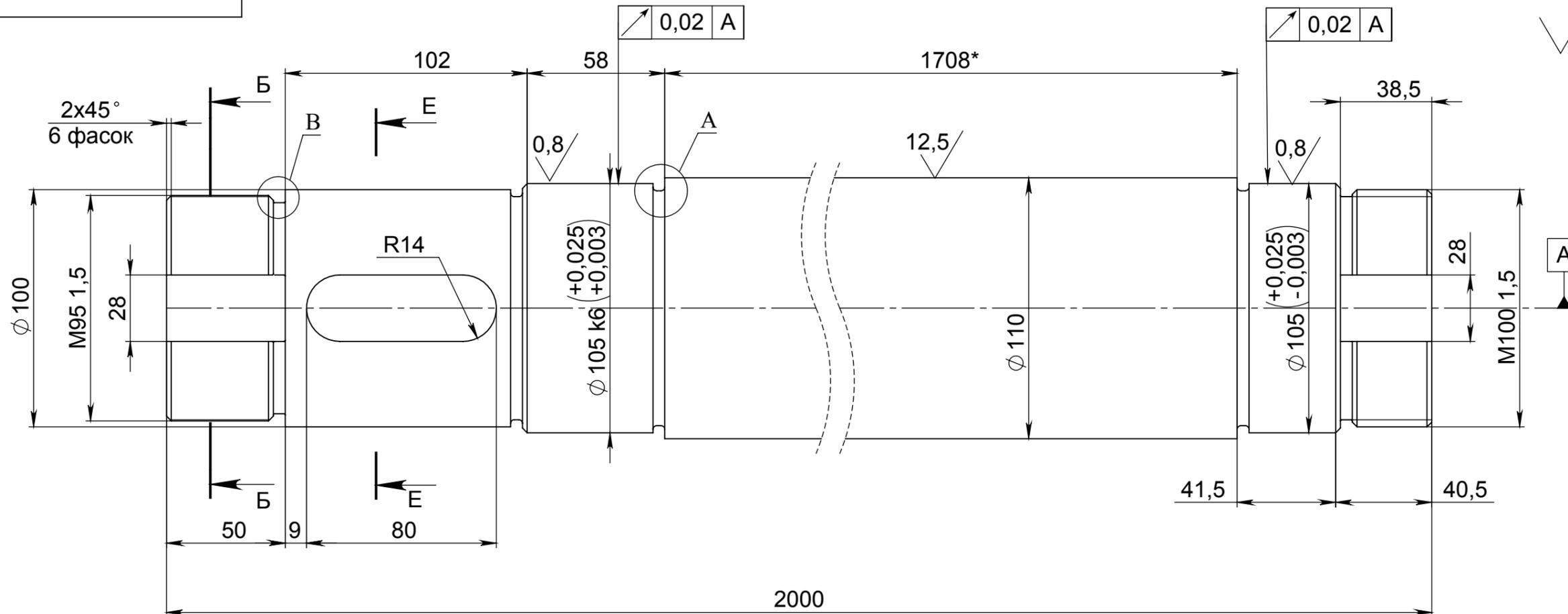


- 1. *Размеры для справок.
- 2. Неуказанные предельные отклонения размеров Н14, h14, -IT14/2.

Формат	Зона	Позиция	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Сборный чертёж						
A3	1		ФЮРА.301471.001.СБ	Основание	1	
A3	2		ФЮРА.301422.002.СБ	Спора боковая	2	
A3	3		ФЮРА.301329.003.СБ	Кабина	1	
A3	4		ФЮРА.301223.004.СБ	Вал	1	
A4	5		ФЮРА.301223.005.СБ	Направляющие	2	
A4	6		ФЮРА.301223.006.СБ	Лестница	1	
Специальные изделия						
7			Болт 20x20 ГОСТ 7817-80		16	
8			Шайба 20 ГОСТ 10463-81		16	
9			Гайка 20x1.5 ГОСТ 11871-88		8	
10			Болт 30x200 ГОСТ 7795-70		4	
11			Шайба 30 ГОСТ 10463-81		4	
12			Гайка 30 5918-73		4	
13			Шпилька 8x80 ГОСТ 397-79		4	
14			Шпилька 20x 200 ГОСТ 26862-86		4	
15			Рычаг-болт М20x120 ГОСТ 4751-73		8	
16			Шпилька 28x16x80 ГОСТ 23360-78		1	
17			Шпилька 16x65 ГОСТ 3128-70		2	
18			Шпилька 5X50 ГОСТ 397-79		2	

ФЮРА.334389.000.СБ				Лит:	Масса:	Масштаб:
Тренажер для вестибулярного аппарата				986		1:15
Сборный чертёж				Лист 1	Листов 1	
Группа 8Н21 ТПУ ИК АРМ						

ФЮРА.067121.001



Ra 6.3

Справ. №

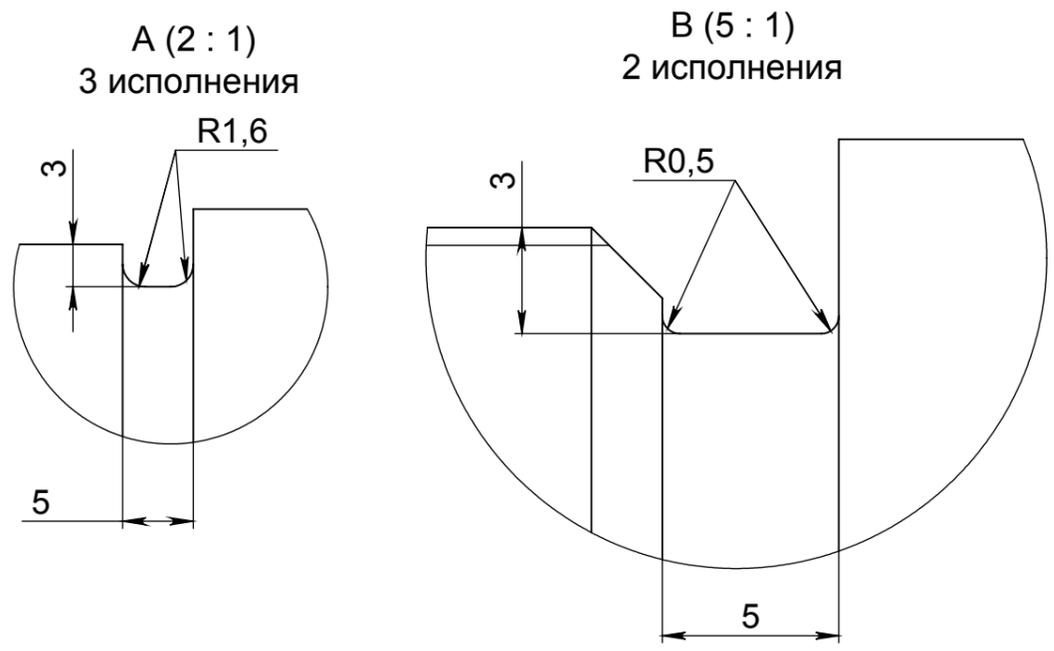
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Симонова В.В		
Пров.		Сикора Е.А		
Т. контр.				
Н. контр.				
Утв.				

ФЮРА.067121.001			
Вал	Лит.	Масса	Масштаб
			1:2
	Лист 1	Листов 1	
СтЗсп ГОСТ 380 115 ГОСТ 2590-88		Группа 8н21 ТПУ ИК АРМ	

- *Размеры для справок.
- Неуказанные предельные отклонения Н14, h14, IT14/2.
- Острые кромки притупить фаской 0,5x45°.

Перв. примен.
Справ. №

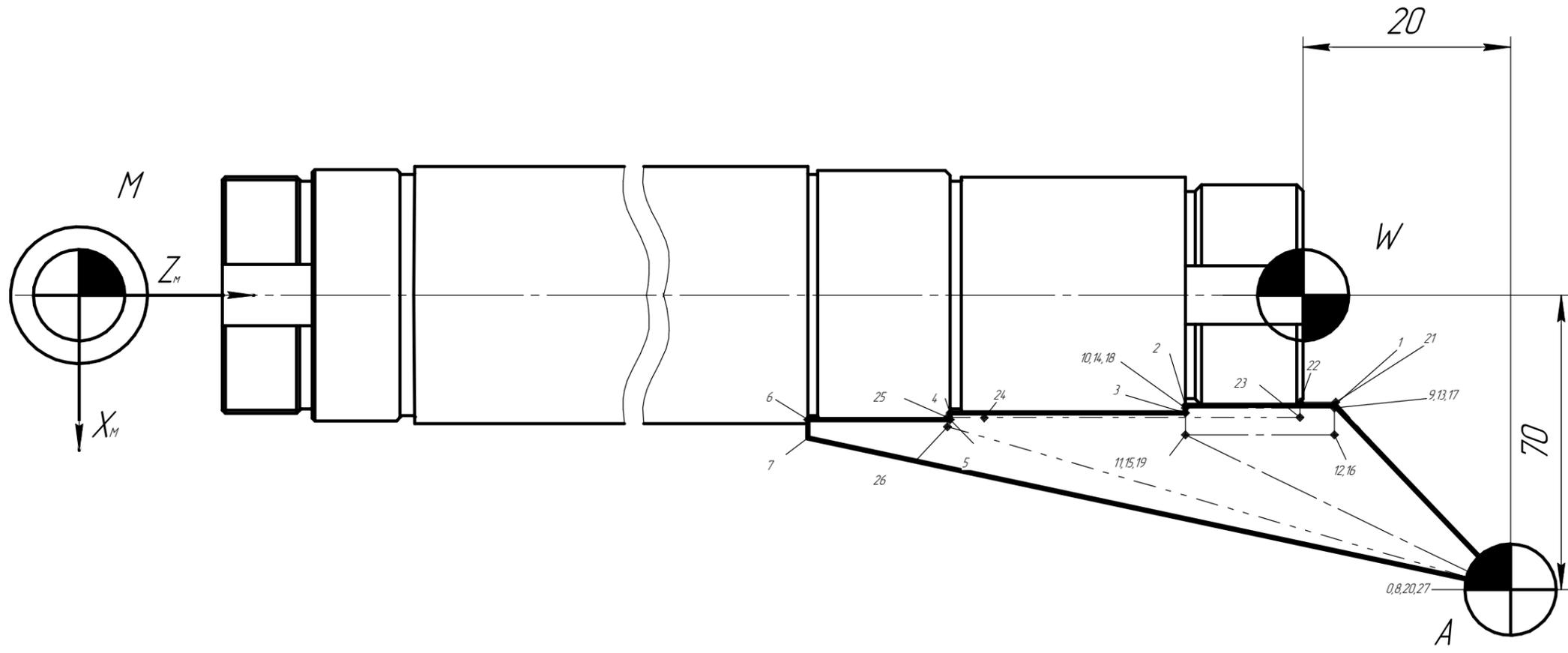
Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

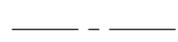
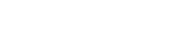
Подп. и дата

Инв. № подл.



Координаты опорных точек траектории инструмента				
Инстр.	№	X, мм	S, мм	S, мм/мин
ПИ1	0	70	20	0
	1	47,5	5	ускоренная
	2	47,5	-50	1,2
	3	50	-50	1,2
	4	50	-100	1,2
	5	52,514	-100	1,2
	6	52,514	-152	1,2
	7	57,514	-152	ускоренная
8	70	20	ускоренная	
ПИ2	9	47,02	5	ускоренная
	10	47,02	-50	1,5
	11	49	-50	ускоренная
	12	49	5	ускоренная
	13	46,67	5	ускоренная
	14	46,67	-50	1,5
	15	49	-50	ускоренная
	16	49	5	ускоренная
	17	46,65	5	ускоренная
	18	46,65	-50	1,5
19	49	-50	ускоренная	
20	70	20	ускоренная	
ПИ3	21	46,5	5	ускоренная
	22	46,5	-1	0,1
	23	52,5	-1	ускоренная
	24	52,5	-140	ускоренная
	25	52,5	-151	0,1
	26	54	-151	ускоренная
	27	70	20	ускоренная

-  - Ноль станка
-  - Ноль детали
-  - Ноль инструмента

-  ПИ1
-  ПИ2
-  ПИ3

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Симонова В.В.		
Проб.		Козарь Д.М.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Расчетно-технологическая карта

Лит.	Масса	Масштаб
У		
Лист	Листов 1	

Круг 115*2200 ГОСТ 2590-88
Стэл ГОСТ 380

ТПУ ИК АРМ
8Н21

Копировал
Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

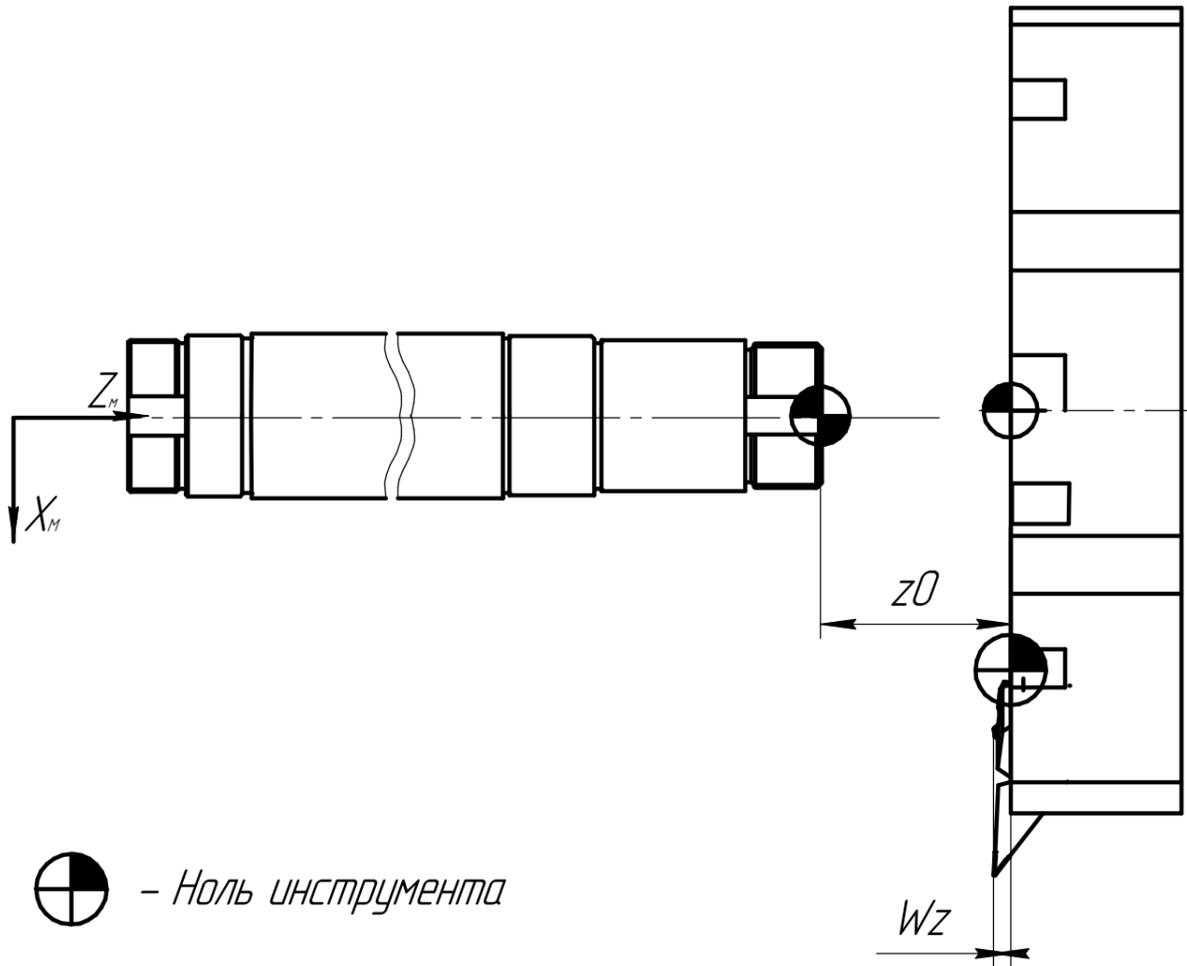
Подп. и дата

Инв. № д/дл.

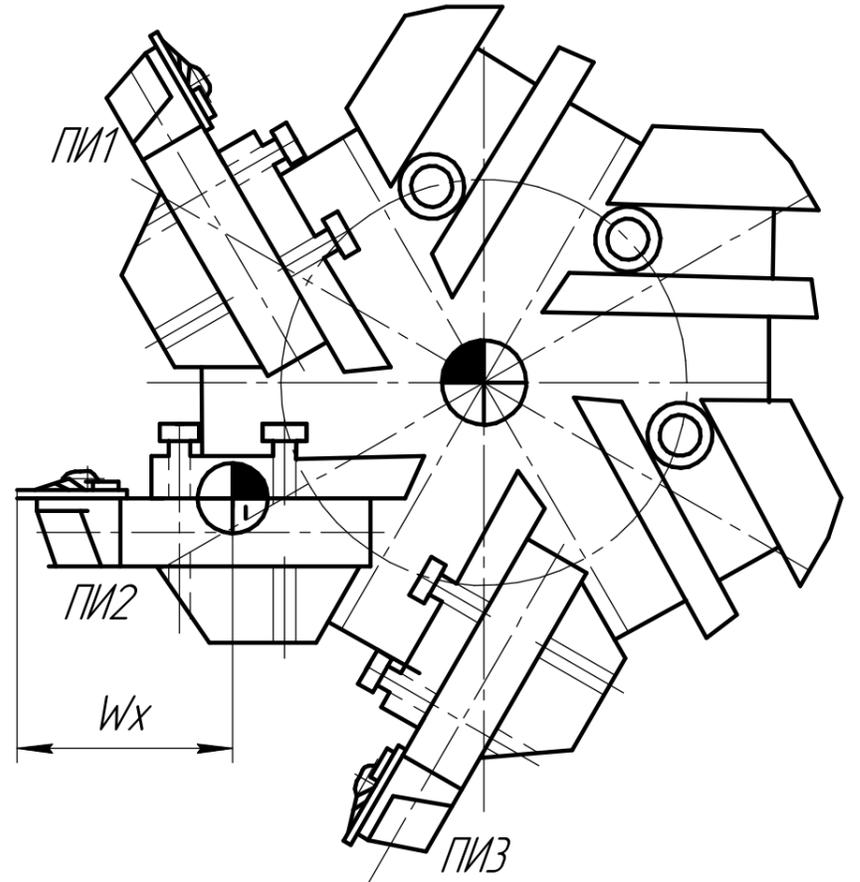
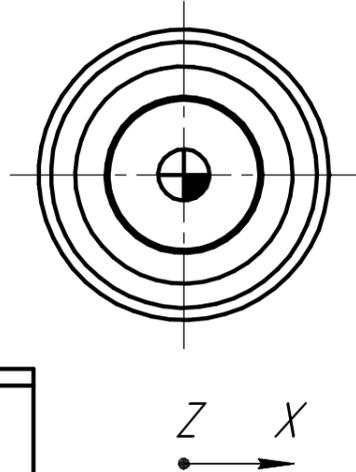
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



-  - Ноль инструмента
-  - Ноль детали
-  - Ноль приспособления



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Симонова В.В.		
Проб.		Козарь Д.М.		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Карта наладки инструмента

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	1

ТПУ ИК
Группа 8Н21

Копировал

Формат А3

Дудл.			
Взам.			
Падп.			

Изм.	Лист	№ док.м.	Падп.	Дата						

Разрад.	Симанова В.В.		
Провер.	Казарь Д.М.		
Соглас.			
Утверд.			
Н. Контр.			

ТПУ	АРМ 8Н21		
Вал			КП

$\sqrt{Ra\ 3,2}$

