

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 62-83-523.001.6: 688.771-83

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Миронов Николай Сергеевич		

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>У н и в е р с а л ь н ы е</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 стремится 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 переработки, демонстрируя при этом навыки работы с компьютером, традиционными носителями информации, распределенными базами методы, способы и средства ее получения, хранения и 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
<i>П р о ф е с с и о н а л ь н ы е</i>	
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
P9	Уметь осуществлять выбор необходимых материалов, оборудования, технологической оснастки, инструмента, средств автоматизации, программного обеспечения, технологии для проектирования, изготовления и испытания машиностроительной продукции
P10	Владеть методами моделирования и проектирования производственных процессов, объектов и продукции машиностроительного производства с использованием современных информационных технологий и программного обеспечения мирового уровня
P11	Уметь разрабатывать и внедрять технологические процессы изготовления машиностроительной продукции, основываясь на основных закономерностях, действующих в процессе ее изготовления с использованием современных информационных технологий
P12	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
P13	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
P14	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
P15	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
P16	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
 _____ Буханченко С.Е.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Миронов Николай Сергеевич

Тема работы:

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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></p>	<p>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</p>
---	--

	Климатическое исполнение (по ГОСТ 15150) У, категория: 1 Нижний и верхний пределы: От -5 до +40 С 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
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<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.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<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 97 с., 8 рис., 11 табл., 15 источников, 9 прил.

Ключевые слова: привод, ременная передача, шкив, межосевое расстояние.

Объектом исследования являются приводы современных тренажеров вестибулярного аппарата.

Предметом исследования является разработка привода тренажера вестибулярного аппарата на основе ременной передачи.

Цель работы – разработать привод тренажера вестибулярного аппарата с использованием ременной передачи исходя из условий технического задания.

В процессе исследования проводился обзор существующих на рынке аналогов, рассчитывалась ременная передача и рассчитывались или подбирались все необходимые элементы привода, проектировался технологический процесс изготовления детали привода. В результате исследования был разработан привод тренажера вестибулярного аппарата удовлетворяющий всем требованиям технологического задания, спроектирован технологический процесс изготовления детали привода. Основные конструктивные и технико-эксплуатационные характеристики: привод состоит из электродвигателя и трехступенчатого редуктора; с общим передаточным отношением 69 и разбивкой его по ступеням 5 - 4,6 – 3; момент развиваемый на выходном валу 1148,46 Н·м, частота вращения 20 об/мин.

Степень внедрения: сконструированы или подобраны элементы привода; разработан технологический процесс изготовления полумуфты.

В дальнейшем планируется доработка привода с целью упрощения конструкции и повышения долговечности использования элементов привода (ремней).

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 21424-93 Муфты упругие втулочно-пальцевые. Параметры и размеры.
2. ГОСТ 18883-73 Резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава для обработки глухих отверстий.
3. ГОСТ 18879-73 Резцы токарные проходные упорные с пластинами из твердого сплава.
4. ГОСТ 3.1702-79. Правила записи операций и переходов. Обработка резанием.
5. Р 50-54-85-88. Классификация, разработка и применение технологических процессов. Рекомендации. – М.: ВНИИМАШ, 1988.– 35 с
6. ГОСТ 18868-73 Резцы токарные проходные отогнутые с пластинами из быстрорежущей стали.
7. ГОСТ 18063-72 Резцы расточные цельные твердосплавные со стальным хвостовиком для глухих отверстий.
8. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

1. Обзор аналогов.....	10
2. Определение исходных данных для расчета ременной передачи.....	12
2.1. Определение крутящих моментов на валах привода.....	13
2.2. Определение угловых скоростей и частот вращения на валах привода.....	16
3. Расчет ременной передачи.....	17
3.1. Расчет параметров передачи.....	17
3.2. Конструирование валов.....	27
3.3. Конструирование шкивов.....	33
3.4. Назначение посадок.....	39
3.5. Выбор муфты.....	41
3.6. Выбор подшипниковых узлов.....	41
4. Технологическая часть.....	41
4.1. Проектирование технологического процесса изготовления детали.....	42
4.2. Нормирование технологических переходов, операций.....	60
4.3. Расчет усилия зажима приспособления.....	63
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение.....	65
6. Социальная ответственность.....	71
Заключение.....	85
Список публикаций.....	86
Список используемых источников.....	87
Приложения.....	89

Приложение А. CD-диск. Комплект конструкторской документации.
Комплект технологической документации.

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроению принадлежит ведущая роль среди других отраслей экономики, так как большую часть производственных работ выполняют машины. Машиностроение – базовая отрасль экономики, определяющая развитие таких комплексов, как топливно-энергетический, транспортный, строительный, химический и нефтехимический и ряд других. Ускорение темпов его роста – основа научно технического процесса во всех отраслях народного хозяйства и поддержания на должном уровне обороноспособности страны.

Повышение эксплуатационных и качественных показателей, сокращение времени разработки и внедрения новых машин, повышение их надежности и долговечности – основные задачи конструкторов-машиностроителей. В процессе профессиональной деятельности конструктора часто сталкиваются с проектированием приводов различных машин и механизмов используемых практически во всех отраслях.

ОБЗОР АНАЛОГОВ

Рассмотренные тренажеры вестибулярного аппарата, в дальнейшем просто аттракцион, имеют несколько вариантов привода главного вращения. В основе их лежат зубчатая или ременная передачи.

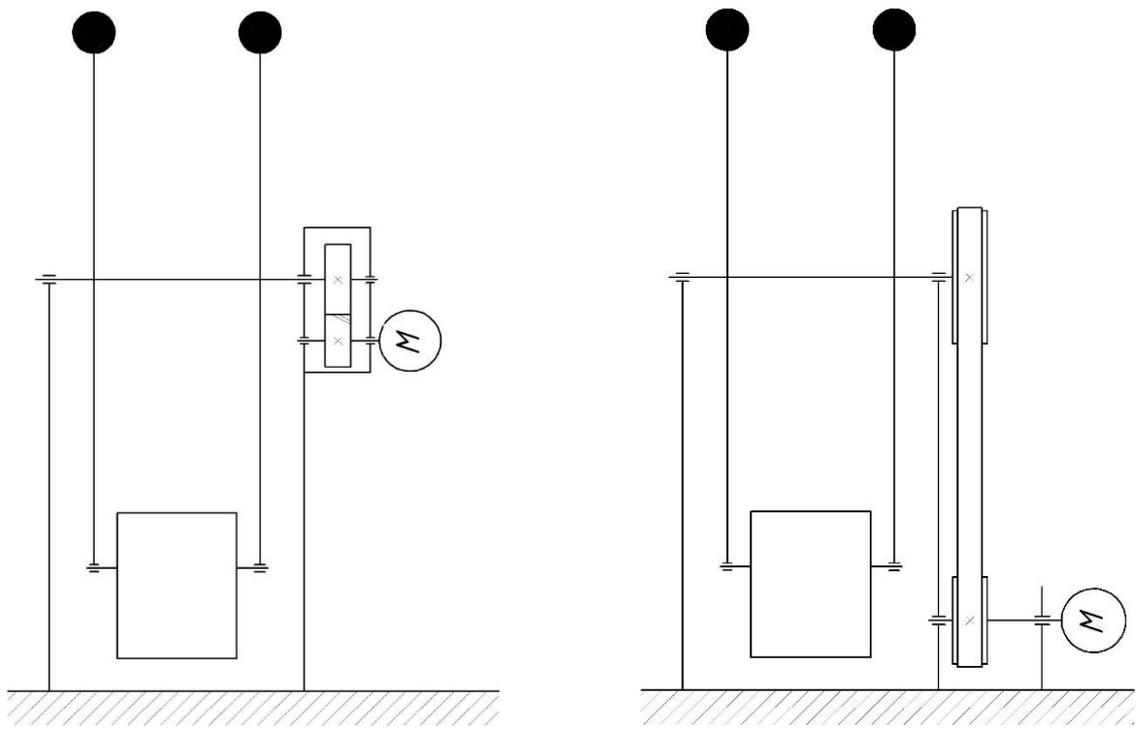
Зубчатая передача является наиболее распространенным типом механических передач в современном машиностроении. Зубчатые передачи характеризуются высокой надежностью работы в широком диапазоне нагрузок и скоростей; компактностью; большим ресурсом; высоким КПД; сравнительно малыми нагрузками на валы и подшипники; простотой обслуживания [1, с. 119]. Основным недостатком является высокая стоимость.

Ременная передача основана на использовании сил трения между ремнем (кроме зубчатого) и шкивами, обусловленных предварительным натяжением. Ременные передачи характеризуются возможностью передачи вращательного движения на значительные расстояния; плавностью хода и бесшумностью; самопредохранением от перегрузок; простота конструкции и малая стоимость. К недостаткам же можно отнести значительные габариты; непостоянство угловой скорости; повышенные силы на валы и опоры; низкая долговечность ремней [2, с. 234-235].

И так, среди рассмотренных аттракционов главное вращение осуществлялось с использованием привода на основе зубчатой передачи (рис. 1 а), ременной передачи (рис. 1 б) и их комбинации (рис. 1 б).

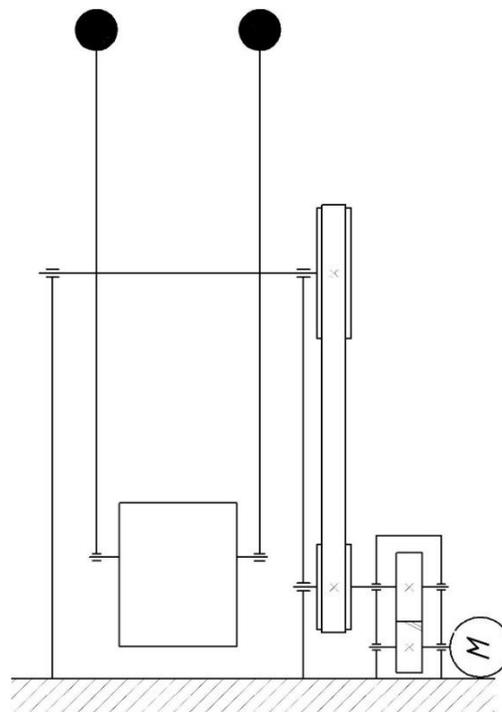
Ременная зубчатая передача обычно представляет из себя совокупность мотора-редуктора (редуктор с зубчатой передачей) и редуктора с ременной передачей. Используется такой привод на достаточно массивных аттракционах, где необходимо развивать большие крутящие моменты. При использовании только ременной передачи в таких условиях привод имеет значительные габариты.

Ременная передача является наиболее бюджетным вариантом привода аттракциона. И именно по этой причине используется даже несмотря на множество недостатков.



а)

б)



в)

Рисунок 1. а) Привод с зубчатой передачей; б) Привод с ременной передачей; в) Привод с ременной зубчатой передачей.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Для расчета ременной передачи необходимо знать крутящие моменты и угловые скорости на всех валах привода.

В каталогах асинхронных двигателей указываются следующие параметры: номинальная мощность для режима работы на котором предназначено этот двигатель использовать (в нашем случае это S3 - Повторно-кратковременный режим работы), отношение номинального и пускового момента (в некоторых источниках можно найти отношение номинального момента к максимальному) и частота вращения при номинальной мощности. На основе этих данных, а также исходных данных представленных в задании на ВКР, и будут строиться дальнейшие расчеты.

Для наглядности расчетов составим принципиальную кинематическую схему привода тренажера вестибулярного аппарата на основании расчетов полученных в ходе дальнейшей работы (рис.2).

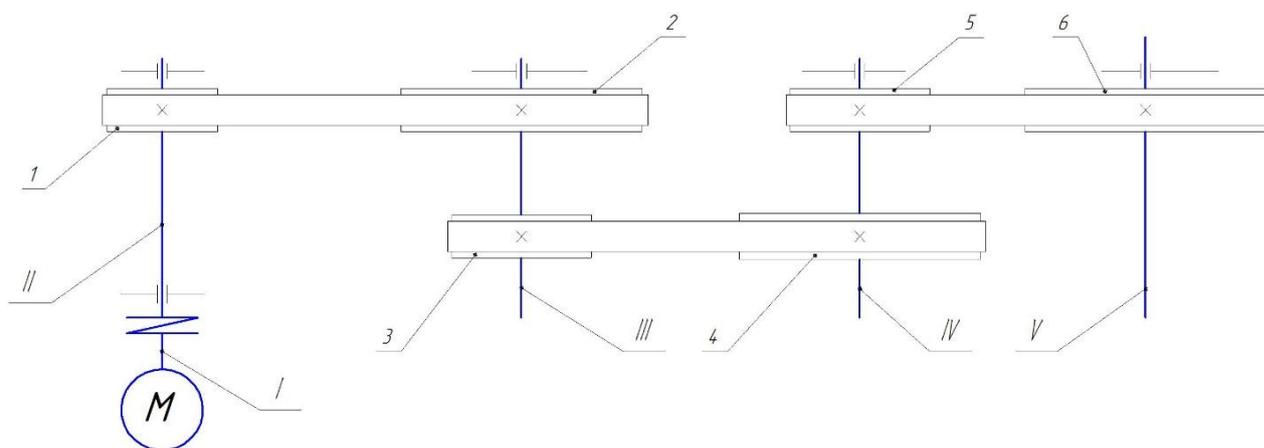


Рисунок 2. Кинематическая схема привода тренажёра вестибулярного аппарата.

2.1. Определение крутящих моментов на валах привода

Между мощностью двигателя (P), угловой скоростью (ω), силой (F), радиусом шкива (r) и вращающим моментом (M) существует следующая зависимость:

$$M = \frac{P}{\omega} = F \cdot r$$

Следовательно, зная номинальную мощность можно рассчитать номинальный момент:

$$M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega} = \frac{P_{\text{ном}}}{2\pi \cdot \frac{n_{\text{ном}}}{60}} = 9,554 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}} \right)$$

Где: $M_{\text{ном}}$ – номинальный момент асинхронного двигателя (Н·м);

$P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность электродвигателя (кВт);

ω – угловая скорость;

$n_{\text{ном}}$ – номинальные обороты вала двигателя (об/мин).

$$M_{\text{ном}} = 9,554 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{2,4}{1380} \right) = 16,615 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Следующим этапом необходимо определить передаточное отношение, определив его можно рассчитать момент передаваемый на основной вал тренажера. В исходных данных имеется требуемая частота вращения основного вала тренажера и номинальная частота вращения вала двигателя. Исходя из этого можно определить передаточное отношение проектируемой ременной передачи.

$$u_{1-6} = \frac{M_V}{M_{\text{ном}}} = \frac{n_I}{n_V}$$

$$u_{1-6} = 1380/20 = 69$$

При передаче момента от вала I к валу V возникнут потери мощности, которые рассчитываются по формуле:

$$P_V = P_{\text{ном}} \cdot \eta_{I-V}$$

Где: η_{I-V} – КПД привода от вала двигателя к валу III;

P_V – мощность на валу V.

КПД привода определяется по формуле:

$$\eta_{I-V} = \eta_{рем.п.}^2 \cdot \eta_{муф}^2 \cdot \eta_{подш}^4$$

Где : $\eta_{р.п.}$ - КПД зубчатой передачи;

η_M - КПД муфты соединительной;

$\eta_{подш}$ - КПД подшипников качения;

Согласно табл.1.1[4, с.7] принимаем: $\eta_{р.п.} = 0,95$; $\eta_M = 0,98$; $\eta_{подш} = 0,99$.

$$\eta_{I-V} = 0,95^2 \cdot 0,98^2 \cdot 0,99^4 = 0,868.$$

Крутящий момент напрямую зависит от передаваемой мощности. Следовательно, необходимо учесть потери мощности при расчёте момента на валу V.

$$M_V = M_{ном} \cdot u_{1-4} \cdot 0,868 = 16,615 \cdot 69 = 1146,43 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Где: u_{1-4} – передаточное отношение с вала I на вал IV;

$n_I = n_{II}$ – частота вращения валов I и II (т.к. валы I и II соединены муфтой);

n_V – частота вращения вала V;

M_V – момент на валу V.

Использование именно номинальной частоты при расчетах объясняется тем что большую часть времени двигатель работает при номинальных значениях нагрузки (и частоты соответственно) [1].

Из механической характеристики асинхронного двигателя, приведенной на Рис.3, можно видеть, что для того чтобы обеспечить необходимый момент частота вращения ротора должна находиться в пределах частот от $n_{кр}$ (600 об/мин) до $n_{ном}$ (1380).

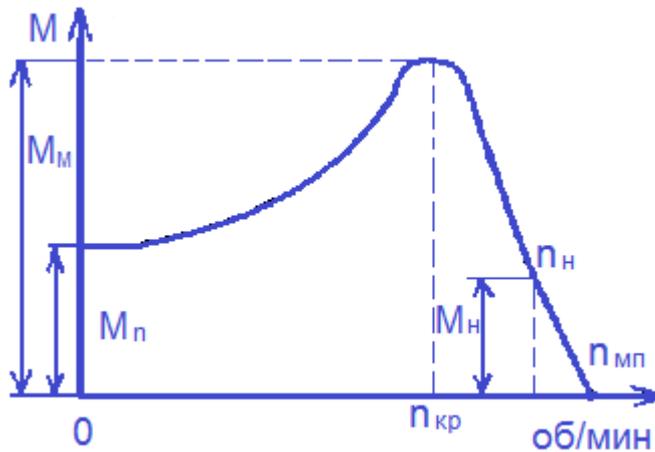


Рисунок 2. Механическая характеристика асинхронного двигателя.

На основании производственного опыта было отмечено, что при одной и той же мощности экономически более целесообразны быстроходные двигатели.

С целью дальнейшего определения конструкции рассматриваемого привода произведем его разбивку по ступеням.

Так как передаточное отношение очень велико для редуктора в одну-две ступени, то редуктор будет трехступенчатым. Соответственно, для того чтобы подобрать элементы ременной передачи необходимо рассмотреть передаточное отношение на всех ступенях редуктора.

Методом итераций (используя программу Matchcad) было установлено, что наиболее оптимальное сочетание передаточных отношений будет следующим:

$$u_{1-4} = M_V / M_{НОМ} = 69$$

$$u_{1-2} = M_{III} / M_{II} = 83,075 / 16,615 = 5$$

$$u_{3-4} = M_{IV} / M_{III} = 382,145 / 83,075 = 4,6$$

$$u_{5-6} = M_V / M_{IV} = 1146,48 / 382,145 = 3$$

Где: u_{1-2} – передаточное отношение первой ступени;

u_{3-4} – передаточное отношение второй ступени;

u_{5-6} – передаточное отношение третьей ступени;

M_{III} – момент на валу III;

M_{IV} – момент на валу IV.

Рекомендуемая передаточные отношения ременных передач, как правило, 4...5 [2, с. 236]. То есть полученные значения передаточных отношений можно считать приемлемыми.

Таким образом, крутящий момент на всех валах привода:

Крутящий момент на входном валу II ($M_I = M_{ном}$):

$$M_{II} = M_{ном} \cdot \eta_m \cdot \eta_{подш} = 16,198 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

Крутящий момент на промежуточном валу III:

$$M_{III} = M_{II} \cdot u_{1-2} \cdot \eta_m \cdot \eta_{подш} \cdot \eta_{р.п} = 83,075 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

Крутящий момент на промежуточном валу IV:

$$M_{IV} = M_{III} \cdot u_{3-4} \cdot \eta_m \cdot \eta_{подш} \cdot \eta_{р.п} = 382,145 \text{ (Н} \cdot \text{м)};$$

Крутящий момент на выходном валу V:

$$M_V = M_{IV} \cdot u_{5-6} \cdot \eta_m \cdot \eta_{подш} \cdot \eta_{р.п} = 1146,48 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

2.2. Определим угловые скорости и частоты вращения всех валов привода

Частота и угловая скорость на входном валу II:

$$n_I = n_{II} = 1380 \text{ об/мин};$$

$$\omega_I = \omega_{II} = n_I \cdot \frac{2\pi}{60} = 144,44 \text{ рад/с};$$

Частота и угловая скорость на промежуточном валу III:

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{u_{1-2}} = \frac{1380}{5} = 276 \text{ об/мин};$$

$$\omega_{III} = 28,88 \text{ рад/с};$$

Частота и угловая скорость на промежуточном валу IV:

$$n_{IV} = \frac{n_{III}}{u_{3-4}} = \frac{276}{4,6} = 60 \text{ об/мин};$$

$$\omega_{IV} = 6,28 \text{ рад/с};$$

Частота и угловая скорость на выходном валу V:

$$n_V = \frac{n_{IV}}{u_{5-6}} = \frac{60}{3} = 20 \text{ об/мин};$$

$$\omega_V = 2,09 \text{ рад/с};$$

3. РАСЧЕТ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Клиновья форма ремня обеспечивает лучшее сцепление его со шкивом, что позволяет по сравнению с плоскоременной передачей уменьшить натяжение ремня и действие сил на валы и опоры, снизить минимальные значения диаметров шкивов и повысить передаточное число [3, с. 256].

3.1. Расчет параметров передачи.

При известных моментах и угловых скоростях расчет клиноременной передачи проводится в следующей последовательности [3, с. 258]:

1. В зависимости от вращающего момента по таблице по табл. 6.12 [3, с. 258] выбирают сечение ремня и определяют диаметр малого шкива по эмпирической формуле:

$$d_1 = K_d \sqrt[3]{M_{II} \cdot 10^3}$$

Где: d_1 – диаметр малого шкива;

$$K_d = 2,0 \dots 2,5;$$

M_{II} – момент вращения на входном валу II.

При этом в целях повышения срока службы ремней рекомендуется применять шкивы с диаметром d_1 (из стандартного ряда – табл. 6.2 [3, с. 258]), большим $d_{1\ min}$, указанным в табл. 6.12.

По крутящему моменту на валу II из табл. 6.12 выбираем узкий клиновой ремень сечением УО.

$$d_1 = 2\sqrt[3]{16,615 \cdot 10^3} = 56,13 \text{ мм}$$

По табл. 6.2 ближайшее нормальное значение диаметра шкива – 63 мм, для увеличения долговечности ремня выберем диаметр шкива равным 71 мм.

Аналогичным образом определим сечение ремня и диаметр ведущих шкивов для второй и третьей ступени:

По крутящему моменту на валу III из табл. 6.12 выбираем узкий клиновой ремень сечения УА.

$$d_3 = 2\sqrt[3]{83,075 \cdot 10^3} = 87,26 \text{ мм}$$

По табл. 6.2 выбираем ближайшее нормальное значение диаметра шкива – 90 мм.

По крутящему моменту на валу IV из табл. 6.12 выбираем узкий клиновой ремень сечения УБ.

$$d_5 = 2\sqrt[3]{382,145 \cdot 10^3} = 145,13 \text{ мм}$$

По табл. 6.2 выбираем ближайшее нормальное значение диаметра шкива – 160 мм.

2. Определяем диаметр большего шкива $d_2 = d_1 \cdot \omega_1 / \omega_2$. Полученной значение округляют до ближайшего по стандартному ряду (табл. 6.2).

$$d_2 = 71 \cdot 5 = 355 \text{ мм}$$

По табл. 6.2 выбираем ближайшее нормальное значение диаметра шкива – 355 мм.

Аналогичным образом определим диаметры ведомых шкивов для второй и третьей ступени:

$$d_4 = 90 \cdot 4,6 = 369 \text{ мм}$$

По табл. 6.2 выбираем ближайшее нормальное значение диаметра шкива – 450 мм.

$$d_6 = 160 \cdot 3 = 480 \text{ мм}$$

По табл. 6.2 выбираем ближайшее нормальное значение диаметра шкива – 500 мм.

3. Уточняем угловую скорость $\omega_{III} = d_1 \cdot \omega_{II}(1 - \varepsilon)/d_2$ тихоходного вала, приняв коэффициент скольжения $\varepsilon = 0,01 \dots 0,02$.

$$\omega_{III} = 71 \cdot 144,44 \cdot (1 - 0,01)/355 = 28,59 \text{ рад/с};$$

Аналогичным образом уточняем угловые скорости на остальных валах:

$$\omega_{IV} = 90 \cdot 28,59 \cdot (1 - 0,01)/450 = 5,66 \text{ рад/с};$$

$$\omega_V = 160 \cdot 5,66 \cdot (1 - 0,01)/500 = 1,79 \text{ рад/с}.$$

Угловая скорость на выходном валу не соответствует требуемой при выборе рассмотренных выше элементов передачи.

Для того чтобы увеличить угловую скорость необходимо снизить передаточное число на последней ступени редуктора.

Примем передаточное отношение третьей ступени $u_{5-6} = 2,75$

Пересчитаем диаметр ведомого шкива:

$$d_6 = 160 \cdot 2,75 = 440 \text{ мм}$$

По табл. 6.2 выбираем ближайшее нормальное значение диаметра шкива – 450 мм.

Уточняем угловую скорость:

$$\omega_V = 160 \cdot 4,67 \cdot (1 - 0,01)/450 = 1,99 \text{ рад/с.}$$

Достигаемая при угловая скорость практически соответствует требуемой (2 рад/с), так что диаметры рассмотренных шкивов можно считать приемлемыми.

4. Находим скорость движения ремня по формуле:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{10^3 \cdot 60}$$

Где: d_1 и n_1 диаметр и частота вращения ведущего шкива.

Скорость движения ремня на первой ступени:

$$v_1 = \frac{\pi \cdot 71 \cdot 1380}{10^3 \cdot 60} = 5,12 \text{ м/с;}$$

Скорость движения ремня на второй ступени:

$$v_2 = \frac{\pi \cdot 90 \cdot 276}{10^3 \cdot 60} = 1,29 \text{ м/с;}$$

Скорость движения ремня на третьей ступени:

$$v_3 = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 60}{10^3 \cdot 60} = 0,5 \text{ м/с;}$$

5. Ориентировочно назначаем межосевое расстояние, принимая во внимание, что $a_{min} = 0,55(d_1 + d_2) + h$, $a_{max} = 2(d_1 + d_2)$. Где h – высота сечения ремня (см. табл. 6.7).

$$a_{min1} = 0,55 \cdot (71 + 355) + 8 = 242,3 \text{ мм;}$$

$$a_{max1} = 2 \cdot (71 + 355) = 852 \text{ мм;}$$

Назначим межосевое расстояние $a_1 = 850 \text{ мм}$.

$$a_{min2} = 0,55 \cdot (90 + 450) + 10 = 307 \text{ мм};$$

$$a_{max2} = 2 \cdot (90 + 450) = 1080 \text{ мм};$$

Назначим межосевое расстояние $a_1 = 1000$ мм.

$$a_{min2} = 0,55 \cdot (160 + 450) + 18 = 353,5 \text{ мм};$$

$$a_{max2} = 2 \cdot (160 + 450) = 1220 \text{ мм};$$

Назначим межосевое расстояние $a_1 = 1050$ мм.

6. Определяем длину ремня по формуле:

$$L_p \approx 2a + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$$

Полученное значение округляют до ближайшего числа по стандартному ряду (см. табл. 6.3).

$$L_{p1} \approx 2 \cdot 850 + \frac{\pi(71 + 355)}{2} + \frac{(355 - 71)^2}{4 \cdot 850} = 2392,54 \text{ мм};$$

$$L_{p1} = 2500 \text{ мм}$$

$$L_{p2} \approx 2 \cdot 1000 + \frac{\pi(90 + 450)}{2} + \frac{(450 - 90)^2}{4 \cdot 1000} = 2880,2 \text{ мм};$$

$$L_{p2} = 3000 \text{ мм}$$

$$L_{p3} \approx 2 \cdot 1050 + \frac{\pi(160 + 450)}{2} + \frac{(450 - 160)^2}{4 \cdot 1050} = 3077,72 \text{ мм};$$

$$L_{p3} = 3150 \text{ мм}$$

7. Вычисляем окончательное значение межосевого расстояния по формуле:

$$a = \frac{\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 8 \cdot \Delta^2}}{4}$$

Где: $\lambda = L - \pi \cdot d_{\text{cp}}$; $d_{\text{cp}} = \frac{d_1 + d_2}{2}$; $\Delta = \frac{d_2 - d_1}{2}$;

Вычислим a_1 :

$$d_{\text{cp}} = \frac{71 + 355}{2} = 213 \text{ мм}; \lambda = 2500 - \pi \cdot 213 = 1831,18 \text{ мм};$$

$$\Delta = \frac{355 - 71}{2} = 142 \text{ мм};$$

$$a_1 = \frac{1831,13 + \sqrt{1831,13^2 - 8 \cdot 142^2}}{4} = 904,4 \text{ мм};$$

Вычислим a_2 :

$$d_{\text{cp}} = \frac{90 + 450}{2} = 270 \text{ мм}; \lambda = 3000 - \pi \cdot 270 = 2152,2 \text{ мм};$$

$$\Delta = \frac{450 - 90}{2} = 180 \text{ мм};$$

$$a_2 = \frac{2152,2 + \sqrt{2152,2^2 - 8 \cdot 180^2}}{4} = 1060,82 \text{ мм};$$

Вычислим a_3 :

$$d_{\text{cp}} = \frac{160 + 450}{2} = 305 \text{ мм}; \lambda = 3150 - \pi \cdot 305 = 2192,3 \text{ мм};$$

$$\Delta = \frac{450 - 160}{2} = 145 \text{ мм};$$

$$a_3 = \frac{2192,3 + \sqrt{2192,3^2 - 8 \cdot 145^2}}{4} = 1086,47 \text{ мм};$$

Для обеспечения необходимой силы трения между ремнем и шкивами ремень должен быть натянут. В ходе эксплуатации ременной передачи происходит вытяжка ремня (до 5 % от первоначальной длины), в следствии чего уменьшается сила натяжения. Для компенсации вытяжки увеличим межосевое расстояние на 10...20 мм.

Таким образом:

$$a_1 = 915 \text{ мм};$$

$$a_2 = 1075 \text{ мм};$$

$$a_3 = 1100 \text{ мм}.$$

8. Определяем угол обхвата на ведущих шкивах (значение которого в области $\alpha_1 \geq 120^\circ$) по формуле:

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{d_2 - d_1}{a} \cdot 57,3^\circ$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{355 - 71}{915} \cdot 57,3^\circ = 162,21^\circ$$

$$\alpha_2 = 180^\circ - \frac{450 - 90}{1075} \cdot 57,3^\circ = 160,81^\circ$$

$$\alpha_2 = 180^\circ - \frac{450 - 160}{1100} \cdot 57,3^\circ = 164,89^\circ$$

9. Определяем допускаемую мощность $P_{\text{доп}}$ по формуле:

$$P_{\text{доп}} = P_0 C_\alpha C_p C_L C_z$$

Где для первой ступени: $P_0 = 1,18$; $C_\alpha = 0,95$; $C_p = 1$; $C_L = 0,91$; $C_z = 0,95$ [3, с. 256-258].

$$P_{\text{доп1}} = 1,18 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 0,95 = 0,969 \text{ кВт};$$

Для второй ступени: $P_0 = 1,56$; $C_\alpha = 0,95$; $C_p = 1$; $C_L = 0,91$; $C_z = 0,95$.

$$P_{\text{доп2}} = 1,56 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 0,95 = 1,281 \text{ кВт};$$

Для третьей ступени: $P_0 = 3,45$; $C_\alpha = 0,95$; $C_p = 1$; $C_L = 0,91$; $C_z = 0,95$.

$$P_{\text{доп3}} = 3,45 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,91 \cdot 0,95 = 2,83 \text{ кВт};$$

10. По формуле (6.17) находим требуемое число клиновых ремней:

$$z_1 = \frac{P_{\text{II}}}{P_{\text{доп1}}} = \frac{2,4 \cdot 0,98 \cdot 0,99}{0,969} = 2,47$$

Принимаем $z_1 = 3$.

Аналогичным образом, учитывая потери мощности на каждой ступени рассчитываем z_2 и z_3 :

$$z_2 = \frac{P_{\text{III}}}{P_{\text{доп2}}} = 1,85$$

Принимаем $z_2 = 2$;

$$z_3 = \frac{P_{\text{IV}}}{P_{\text{доп3}}} = 0,76;$$

Принимаем $z_3 = 1$.

11. Определяем силу предварительного натяжения одного ремня:

$$F_{01} = \frac{780PC_L}{vC_\alpha C_p} + qv^2$$

И силу действующую на вал:

$$F_r = 2F_{01}z \sin \frac{\alpha_1}{2}$$

Где q – масса одного ремня по табл. 6.7.

Для первой ступени:

$$F_{01} = \frac{780 \cdot 2,4 \cdot 0,91}{5,12 \cdot 0,95 \cdot 1} + 0,7 \cdot 5,12^2 = 368,5 \text{ Н};$$

$$F_{r1} = 2 \cdot 368,5 \cdot 3 \cdot \sin \frac{162,21}{2} = 2291 \text{ Н}$$

Для второй ступени:

$$F_{02} = \frac{780 \cdot 2,37 \cdot 0,91}{1,29 \cdot 0,95 \cdot 1} + 0,12 \cdot 1,29^2 = 1372 \text{ Н};$$

$$F_{r2} = 2 \cdot 1372 \cdot 2 \cdot \sin \frac{162,21}{2} = 1523,16 \text{ Н}$$

Для третьей ступени:

$$F_{03} = \frac{780 \cdot 2,16 \cdot 0,91}{0,5 \cdot 0,95 \cdot 1} + 0,20 \cdot 0,5^2 = 3227 \text{ Н};$$

$$F_{r3} = 2 \cdot 3227 \cdot 1 \cdot \sin \frac{162,21}{2} = 6397 \text{ Н}$$

Сведем все данные полученные в ходе расчета передачи в таблицу 1.

Таблица 1. Параметры передачи.

	Наименование параметра	Значение	
Первая ступень	Тип ремня и его сечение	Узкий клиновый ремень сечения УО	
	Длина ремня (мм)	2500	
	Частота вращения шкивов (об/мин)	n_1	1380
		n_2	276
	Диаметры шкивов (мм)	d_1	71
		d_2	355
	Межосевое расстояние (мм)	915	
	Сила действующая на валы (Н)	2291	
Сила предварительного натяжения (Н)	368,5		
Количество ремней	3		
Вторая ступень	Тип ремня и его сечение	Узкий клиновый ремень сечения УА	
	Длина ремня (мм)	3000	
	Частота вращения шкивов (об/мин)	n_3	276
		n_4	60
	Диаметры шкивов (мм)	d_3	90
		d_4	450
	Межосевое расстояние (мм)	1075	
	Сила действующая на валы (Н)	1523,16	
Сила предварительного натяжения (Н)	1372		
Количество ремней	2		
Третья ступень	Тип ремня и его сечение	Узкий клиновый ремень сечения УБ	
	Длина ремня (мм)	3150	
	Частота вращения шкивов (об/мин)	n_1	60
		n_2	20
	Диаметры шкивов (мм)	d_5	160
		d_6	450
	Межосевое расстояние (мм)	1100	
	Сила действующая на валы (Н)	6397	
Сила предварительного натяжения (Н)	3227		
Количество ремней	1		

3.2. КОНСТРУИРОВАНИЕ ВАЛОВ

Редуктор разрабатываем типового решения, поэтому все используемые элементы будут типичными, а конструкции – типовыми. Следуя рекомендациям [2,3,4], конструируем валы редуктора II, III, IV и V.

Конструирование входного вала

Входной вал имеет концевой участок, участки для установки подшипников, а также участки на которые ставят шкив.

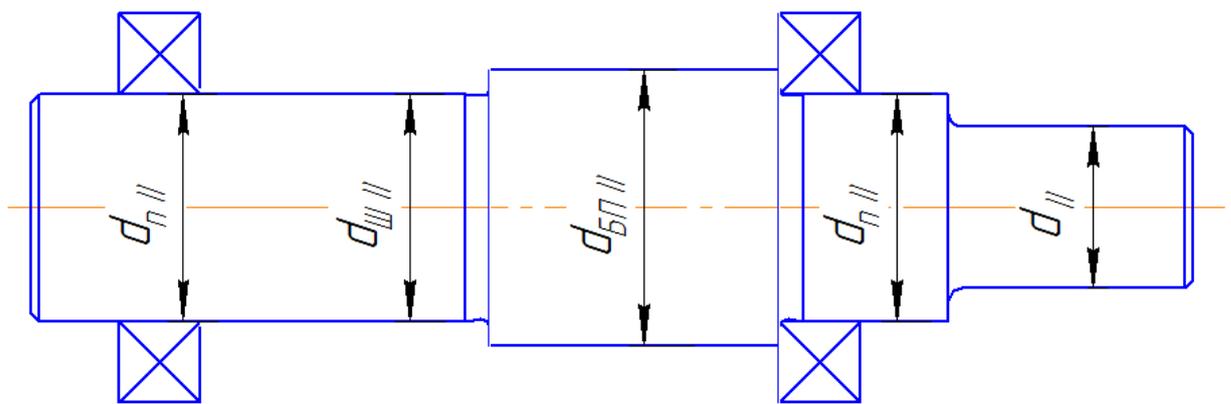


Рисунок 3. Конструкция входного вала.

Конструкция вала приведена на рис. 3. Где: d_{II} обозначен диаметр выходного конца вала; d_{III} – диаметр участка вала под подшипник качения, d_{BIII} – диаметр буртика под подшипник качения; d_{III} – диаметр вала под шкив, а также диаметр буртика под шкив d_{BIII} (дистанционная втулка, поэтому нет на схеме).

Определение d_{II}

d_{II} назначают в соответствии со следующими тремя требованиями:

1. Условие прочности при проектном расчете вала.

Вал находится в сложном напряженном состоянии: при одновременном действии кручения и изгиба. Для расчетов применяем методику проектного

расчета валов. Валы рассчитывают с учетом только крутящих моментов, а неучет действия изгибающих усилий компенсируют снижением допускаемого тангенциального напряжения в 8-10 раз.

$$\tau_{кр} = \frac{M_{II}}{W_x} = \frac{16 \cdot M_{II}}{\pi \cdot d_{II}^3} \leq [\tau_{кр}]'$$

Для стали 40ХН допускаемое тангенциальное напряжение кручения $[\tau_{кр}]' = 15 \dots 20$ МПа. Исходя из данных соображений, согласно [4, с.43], определим значение $d_{II} = (7 \dots 8) \cdot \sqrt[3]{M_{II}}$, при этом коэффициент перед корнем принимаем наименьшим, т.е. равным 7. Тогда $d_{II} = 7 \cdot \sqrt[3]{16,198} = 17,71$ мм.

2. Условие монтажа.

Принимаем, что выходной вал приводится во вращение валом электродвигателя через стандартную муфту. Тогда диаметр выходного конца этого вала должен быть согласован с диаметром вала электродвигателя: $d_{II} = (0,8 \dots 1) d_{\text{вала.двиг.}}$. Согласно табл.19.27 [4, с.507-509] диаметр вала принятого двигателя АИРС90L4У3 $d_{\text{вала.двиг.}} = 24$ мм. Вновь определяем наименьшее значение $d_{II} = 0,8 \cdot d_{\text{вала.двиг.}} = 0,8 \cdot 24 = 19,2$ мм.

3. Соотношение стандартных размеров цилиндрического конца вала.

Из определенных согласно условиям прочности и монтажа диаметров d_{II} , большим является $d_{II} = 19,2$ мм. По табл.12.1 [4, с.259] назначаем ближайший больший номинальный диаметр согласно ГОСТ 12081-72: $d_{II} = 20$ мм.

Следующим этапом является вычерчивание концевой части вала. Радиус галтелей (r) 1,6 мм, фаска (c) 1 мм [4, с. 259].

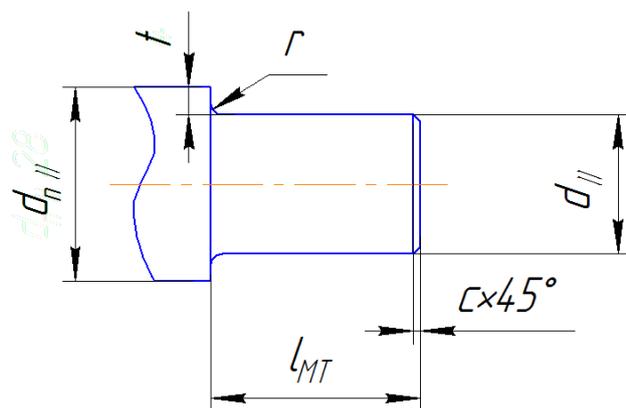


Рис.10. Конец вала цилиндрический

Где: $L_{MT} = 1,5 \cdot d_{II} = 30$ мм [4, с. 259];

Определение d_{III}

Соседним с концевым является участок вала для установки подшипника. Поэтому высота t заплечника концевого участка должна быть согласованна с посадочным диаметром подшипника. Кроме того, величину d_{III} принимают кратной 5. При этом желательно предусмотреть возможность установки подшипника без съема призматической шпонки. Диаметр вала в месте установки подшипника:

$$d_{III} \geq d_{II} + 2t_2 + 1$$

Где: t_2 – глубина паза в ступице (см. табл. 19.11)

$$d_{III} \geq 20 + 2 \cdot 2,8 + 1$$

$$d_{III} \geq 26,6$$

Согласно данным соображениям, а также рядом нормальных значений по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{III} = 30$ мм.

Определение d_{BIII}

Диаметр буртика под подшипник качения определяют по следующей формуле: $d_{BIII} = d_{III} + 3r$ [4, с.45], где r – координата фаски кольца

подшипника. Величину r подбираем согласно табл.3.1 [4, с.47] , тогда $r = 1,5$ мм. Отсюда $d_{БПШ} = 30 + 3 \cdot 1,5 = 34,5$ мм. Согласно табл.19.1 [4, с.481] округляем полученное значение до ближайшего нормального, т.е. $d_{БПШ} = 35$ мм.

Определение $d_{ШII}$

Диаметр вала под шкив должен быть равным или большим диаметра под подшипник. Примем диаметр вала под шкив равным диаметру вала под подшипник, $d_{ШII} = 30$ мм.

Определение $d_{БШII}$

Определим диаметр буртика под шкив 1 $d_{БШII} \geq d_{ШII} + 3f$, где f – размер фаски колеса на промежуточном валу. Согласно табл.3.1 [4, с.47] $f = 1$ мм. Отсюда $d_{БШII} \geq 30 + 3 \cdot 1 = 33$ мм. Согласно табл.19.1 [4, с.481] округляем полученное значение до нормального, т.е. $d_{БШII} = 35$ мм.

Конструирование промежуточного вала III

Промежуточные валы, в отличие от быстроходных, не имеют концевых участков.

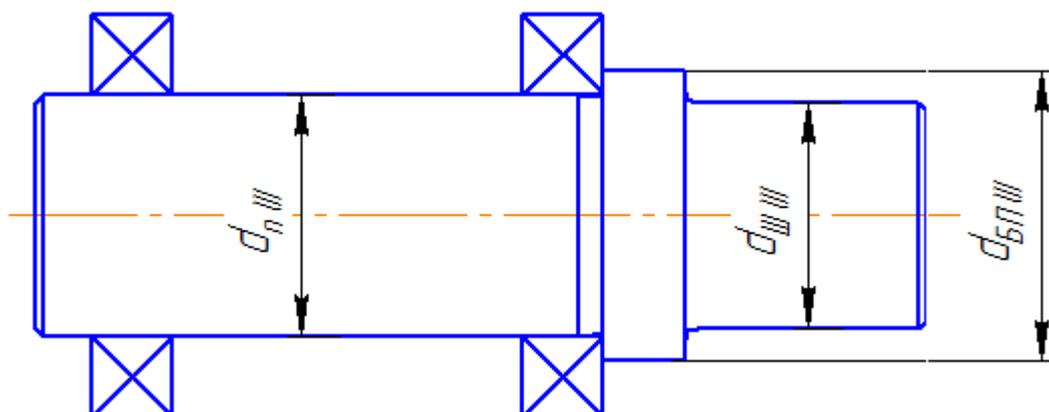


Рисунок 4. Конструкция промежуточного вала

Конструкция вала приведена на рис. 3. Где: d_{III} – диаметр участка вала под подшипник качения; $d_{БIII}$ – диаметр буртика под подшипник качения; $d_{ШIII}$ – диаметр вала под шкив.

Определение $d_{ШIII}$

Определим посадочный диаметр шкивов 2 и 3: $d_{ШIII} \geq (6 \dots 7) \cdot \sqrt[3]{M_{III}}$, большие значения числового коэффициента принимают для валов шевронных передач, а также при твердости колеса выше 55 HRC.

$$d_{ШIII} \geq 6 \cdot \sqrt[3]{M_{III}} = 6 \cdot \sqrt[3]{83,075} = 26,18 \text{ мм.}$$

Полученное значение округлим до нормального по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{ШIII} = 28$ мм.

Определение d_{III}

Диаметр участка вала под подшипник качения назначается большим или равным посадочному диаметру шкивов: $d_{III} \geq d_{ШII}$. Кроме того, величину d_{III} принимают кратной 5. Согласно данным соображениям, а также рядом нормальных значений по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{III} = 30$ мм.

Определение $d_{БIII}$

Диаметр буртика под подшипник качения определяют по следующей формуле: $d_{БIII} \geq d_{III} + 3r$ [1, с.45], где r – координата фаски кольца подшипника. Величину r подбираем согласно табл.3.1 [4, с.47], тогда $r = 2$ мм. Отсюда $d_{БIII} = 30 + 3 \cdot 2 = 36$ мм. Согласно табл.19.1 [4, с.481] округляем полученное значение до ближайшего большего нормального, т.е. $d_{БIII} = 36$ мм.

Конструирование промежуточного вала IV

Определение $d_{шIV}$

Определим посадочный диаметр шкивов 4 и 5:

$$d_{шIV} \geq 6 \cdot \sqrt[3]{M_{IV}} = 6 \cdot \sqrt[3]{382,145} = 43,54 \text{ мм.}$$

Полученное значение округлим до нормального по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{шIV} = 45$ мм.

Определение $d_{пIV}$

Диаметр участка вала под подшипник качения назначается большим или равным посадочному диаметру шкивов: $d_{пIV} \geq d_{шIV}$. Кроме того, величину $d_{пIV}$ принимают кратной 5. Согласно данным соображениям, а также рядом нормальных значений по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{пIV} = 45$ мм.

Определение $d_{бпIV}$

Определим диаметр буртика под подшипник:

$$d_{бпIV} = 45 + 3 \cdot 3 = 54 \text{ мм.}$$

Полученное значение округлим до нормального по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{бпIV} = 55$ мм.

Конструирование промежуточного вала V

Определение $d_{шV}$

Определим посадочный диаметр шкива 6:

$$d_{шV} \geq 6 \cdot \sqrt[3]{M_{IV}} = 6 \cdot \sqrt[3]{1142,48} = 62,72 \text{ мм.}$$

Полученное значение округлим до нормального по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{шV} = 63$ мм.

Определение $d_{пV}$

Диаметр участка вала под подшипник качения назначается большим или равным посадочному диаметру шкивов: $d_{ПV} \geq d_{ШV}$. Кроме того, величину $d_{ПV}$ принимают кратной 5. Согласно данным соображениям, а также рядом нормальных значений по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{ПV} = 65$ мм.

Определение $d_{БПV}$

Определим диаметр буртика под подшипник:

$$d_{БПV} = 65 + 3 \cdot 3,5 = 75,5 \text{ мм.}$$

Полученное значение округлим до нормального по табл.19.1 [4, с.481], назначаем $d_{БПV} = 80$ мм.

3.3. КОНСТРУИРОВАНИЕ ШКИВОВ

Шкивы изготавливаются из чугуна, стали, легких сплавов и неметаллических материалов. Шкивы для клиновых ремней имеют на наружном диаметре канавки выполненные по ГОСТ 20889-88. Ширину шкива назначаем табл. 6.15 [3, с. 264]. Наружный диаметр шкива рассчитывают по формуле:

$$d_e = d_p + 2b$$

Где: d_p – расчетный диаметр шкива, по которому определяют расчетную длину ремня; b – глубина канавки расчетной ширины (по d_p).

Конструкция шкива определяется его диаметром [3, с. 264]. Назначаем шпоночный способ соединения шкивов с валами. Торцы ступицы шкива определяют положение колеса на валу. Диаметр $d_{ст.}$ назначают в зависимости от материала ступицы, для стали:

$$d_{ст.} = (1,5 \dots 1,55) \cdot d_{Ш}$$

Большие значения соответствуют шпоночному соединению.

Конструирование шкива 1

Определяем по табл. 6.15 ширину шкива, $M = 40$ мм.

Рассчитываем наружный диаметр шкива:

$$d_e = 71 + 2 \cdot 2,5 = 76 \text{ мм.}$$

Определяем диаметр ступицы:

$$d_{ст1} = 1,55 \cdot 30 = 46,5 \text{ мм.}$$

Согласно табл.19.1 [4, с.481] округляем полученное значение до нормального, т.е. принимаем $d_{ст1} = 47 \text{ мм}$.

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.

Расчет шпоночного соединения входного вала

Выберем призматическую шпонку со скругленными краями (рис. 5). Такие шпонки применяются в ненапряженных шпоночных соединениях, не могут перемещаться на валу и устанавливаются в центральных частях определенных ступеней вала, являются врезными. При расчете будем полагать, что ровно половина шпонки находится в пазу вала и половина в пазу втулки.

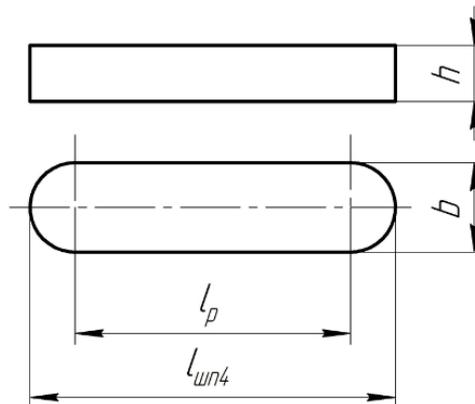


Рисунок 5. Призматическая шпонка со скругленными концами

Ширина и высота шпонок регламентирована ГОСТ 23360—78 и выбирается в зависимости от диаметра вала. Так как $d_{Ш1} = 30$ мм выберем по ГОСТ следующие значения размеров поперечного сечения шпонки:

$$b = 8 \text{ мм}$$

$$h = 7 \text{ мм}$$

Определим рабочую длину шпонки l_p по напряжениям смятия

$$\sigma_{см} = \frac{R_{12}}{A_{см}} = \frac{4M_{II}}{d_{к1} h_1 l_{p1}} \leq [\sigma_{см}]$$

Где: $R_{12} = \frac{2 \cdot M_{II}}{d_{к1}}$ – реакция со стороны вала на шпонку

$$A_{см} = \frac{h_1}{2} \cdot l_{p1} \text{ – площадь смятия}$$

Из этого выражения получим формулу для расчета рабочей длины шпонки:

$$l_{p2} = \frac{4M_{II}}{d_{Ш1} h_1 [\sigma_{см}]}$$

Допускаемое напряжение смятия примем по рекомендациям справочника Гузенкова [5, с. 108] $[\sigma_{см}] = 100$ МПа.

$$l_{p1} = \frac{4M_{II}}{d_{Ш1} h_1 [\sigma_{см}]} = \frac{4 \cdot 16,198 \cdot 1000}{30 \cdot 8 \cdot 100} = 2,69 \text{ мм}$$

Так как выбранная шпонка со скругленными концами ее длина определится из суммы длины скруглений и рабочей длины

$$l_{Шп2} = l_{p2} + b = 2,69 + 8 = 10,69 \text{ мм}$$

Для данного диаметра минимальная длина шпонки по ГОСТ 23360-78:

$$l_{шп1} = 18 \text{ мм}$$

Так как крутящий момент на данном валу очень мал, то в ступице нет необходимости.

Конструирование шкива 2-3

Определяем по табл. 6.15 ширину шкива 2, $M = 40 \text{ мм}$.

Рассчитываем наружный диаметр шкива:

$$d_{e2} = 355 + 2 \cdot 2,5 = 360 \text{ мм.}$$

Определяем по табл. 6.15 ширину шкива 3, $M = 35 \text{ мм}$.

Рассчитываем наружный диаметр шкива:

$$d_{e3} = 90 + 2 \cdot 3,3 = 96,6 \text{ мм.}$$

Определяем диаметр ступицы:

$$d_{ст2-3} = 1,55 \cdot 28 = 43,3 \text{ мм.}$$

Согласно табл.19.1 [1, с.481] округляем полученное значение до нормального, т.е. принимаем $d_{ст2-3} = 45 \text{ мм}$.

Расчет шпоночного соединения промежуточного вала III (шкив 2-3)

Так как $d_{ш2-3} = 28 \text{ мм}$ выберем по ГОСТ следующие значения размеров поперечного сечения шпонки:

$$b = 8 \text{ мм}$$

$$h = 7 \text{ мм}$$

Определим рабочую длину шпонки l_p по напряжениям смятия

$$l_{p2-3} = \frac{4M_{III}}{d_{ш2-3}h_{2-3}[\sigma_{см}]} = \frac{4 \cdot 83,075 \cdot 1000}{28 \cdot 8 \cdot 100} = 14,83 \text{ мм}$$

$$l_{\text{шп}2-3} = l_{p2-3} + b = 14,83 + 8 = 22,83 \text{ мм}$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного значения длины шпонки определенное по ГОСТ 23360—78: $l_{\text{шп}2-3} = 25 \text{ мм}$

Определим длину ступицы шкива 2-3: $l_{\text{ст}2-3} = l_{\text{шп}2-3} + 5 = 25 + 5 = 30 \text{ мм}$ (нормальный линейный размер).

Конструирование шкива 4-5

Определяем по табл. 6.15 ширину шкива 4, $M = 35 \text{ мм}$.

Рассчитываем наружный диаметр шкива:

$$d_{e4} = 450 + 2 \cdot 3,3 = 456,6 \text{ мм.}$$

Определяем по табл. 6.15 ширину шкива 5, $M = 25 \text{ мм}$.

Рассчитываем наружный диаметр шкива:

$$d_{e5} = 160 + 2 \cdot 4,2 = 168,4 \text{ мм.}$$

Определяем диаметр ступицы:

$$d_{\text{ст}4-5} = 1,55 \cdot 45 = 69,75 \text{ мм.}$$

Согласно табл.19.1 [1, с.481] округляем полученное значение до нормального, т.е. принимаем $d_{\text{ст}4-5} = 70 \text{ мм}$.

Расчет шпоночного соединения промежуточного вала IV (шкив 4-5)

Так как $d_{\text{ш}4-5} = 45 \text{ мм}$, выберем по ГОСТ следующие значения размеров поперечного сечения шпонки:

$$b = 14 \text{ мм}$$

$$h = 9 \text{ мм}$$

Определим рабочую длину шпонки l_p по напряжениям смятия

$$l_{p4-5} = \frac{4M_{IV}}{d_{\text{ш}4-5}h_{4-5}[\sigma_{\text{см}}]} = \frac{4 \cdot 382,145 \cdot 1000}{45 \cdot 9 \cdot 100} = 37,74 \text{ мм}$$

$$l_{\text{шп4-5}} = l_{p4-5} + b = 37,74 + 14 = 51,74 \text{ мм}$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного значения длины шпонки определенное по ГОСТ 23360—78: $l_{\text{шп4-5}} = 52 \text{ мм}$
 Определим длину ступицы шкива 4-5: $l_{\text{ст4-5}} = l_{\text{шп2-3}} + 5 = 52 + 5 = 57 \Rightarrow$
 60 мм (нормальный линейный размер).

Конструирование шкива 6

Определяем по табл. 6.15 ширину шкива 6, $M = 25 \text{ мм}$.

Рассчитываем наружный диаметр шкива:

$$d_{e6} = 450 + 2 \cdot 4,2 = 458,4 \text{ мм.}$$

Определяем диаметр ступицы:

$$d_{\text{ст6}} = 1,55 \cdot 63 = 97,65 \text{ мм.}$$

Согласно табл.19.1 [1, с.481] округляем полученное значение до нормального, т.е. принимаем $d_{\text{ст6}} = 100 \text{ мм}$.

Расчет шпоночного соединения выходного вала (шкив 6)

Так как $d_{\text{ш4-5}} = 63 \text{ мм}$, выберем по ГОСТ следующие значения размеров поперечного сечения шпонки:

$$b = 18 \text{ мм}$$

$$h = 11 \text{ мм}$$

Определим рабочую длину шпонки l_p по напряжениям смятия

$$l_{p6} = \frac{4M_V}{d_{\text{ш6}} h_6 [\sigma_{\text{см}}]} = \frac{4 \cdot 1148,46 \cdot 1000}{63 \cdot 11 \cdot 100} = 66,28 \text{ мм}$$

$$l_{\text{шп6}} = l_{p6} + b = 66,28 + 18 = 84,28 \text{ мм}$$

Полученное значение округлим до ближайшего большего стандартного значения длины шпонки определенное по ГОСТ 23360—78: $l_{\text{шп6}} = 85 \text{ мм}$

Определим длину ступицы шкива 6: $l_{ст6} = l_{шп6} + 5 = 85 + 5 = 90$ мм (нормальный линейный размер).

3.4. НАЗНАЧЕНИЕ ПОСАДОК

Эксплуатационные показатели механизмов и машин (долговечность, надежность, точность и т. д.) в значительной мере зависят от правильности выбора посадок, допусков формы и расположения, шероховатости поверхности. В собранном изделии детали связаны друг с другом, и отклонения размеров, формы и расположения осей или поверхностей одной какой-либо из деталей вызывают отклонения у других деталей. Эти отклонения, суммируясь, влияют на эксплуатационные показатели машин и механизмов.

При передаче вращающего момента шпоночным соединением применение посадок шкива на вал с зазором недопустимо, а переходные посадки нежелательны. Поэтому при передаче момента шпонкой на посадочных поверхностях вала и отверстия колеса следует задавать натяг.

Первый шкив сажаем на вал по посадке H7/r6, характеризующуюся небольшим натягом и применяемую при малых нагрузках. На остальные сопряжения вал-шкив назначается посадка H7/r6, данная посадка обеспечивает умеренный гарантированный натяг и способна выдержать средние нагрузки.

При реверсивной работе, а также при сильно нагруженных валах, муфту садят на вал по переходной посадке посадке H7/n6 [4, с. 345].

Посадки шпонок регламентированы ГОСТ 23360-78 для призматических шпонок. Ширину призматической шпонки выполняют по h9. Поэтому посадка осуществляется в системе вала и назначают следующие поля допусков:

На ширину шпоночного паза вала призматической шпонки P9

На ширину шпоночного паза отверстия при неподвижном соединении нереверсивной передачи Js9.

Многолетней практикой установлено, что соединение с валом или корпусом колец, вращающихся относительно нагрузки, должно быть осуществлено обязательно с натягом, исключая проворачивание и обкатывание кольцом сопряженной детали. Для наиболее распространенного в общем машиностроении случая применения подшипников класса точности «нормальный» поля допусков вала и отверстия корпуса можно выбирать по табл. 2. Поля допусков на диаметр отверстия обозначают L0, L6, L5, L4, L2 (в зависимости от класса точности), поля допусков на наружный диаметр подшипника обозначают соответственно 10, 16, 15, 14, 12.

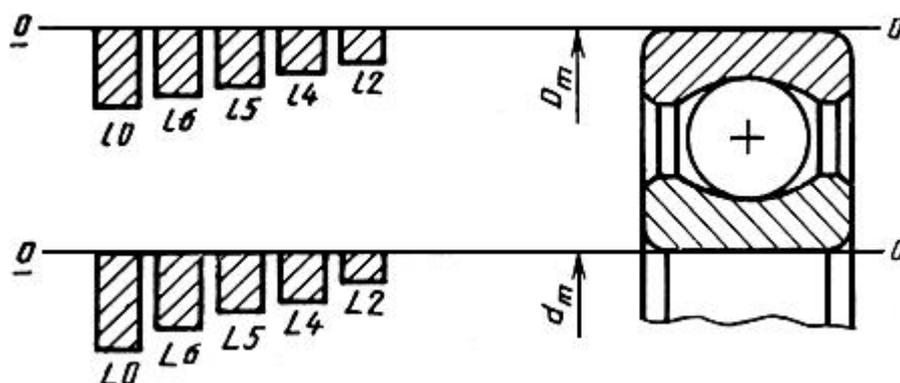


Рисунок 6. Схема расположения полей допусков на средний наружный диаметр и диаметр отверстия подшипников по классам точности

Таблица 2 – Рекомендации по назначению полей вала при установке подшипников

Вид нагружения внутреннего кольца	Режим работы подшипника	Поле допуска вала при установке подшипников	
		шариковых	роликовых
Местное	Требуется перемещение внутреннего кольца на валу: $P_r \leq 0,07 C_r$	g6	
	Не требуется перемещение кольца на валу: $0,07 C_r < P_r \leq 0,15 C_r$	h6	
Циркуляционное	Высокие требования к точности хода: $P_r \leq 0,07 C_r$	js5	k5
	$0,07 C_r < P_r \leq 0,15 C_r$	js6, k6	k6, m6
	Ударные нагрузки: $P_r > 0,15 C_r$	—	n6
Колебательное	$0,07 C_r < P_r \leq 0,15 C_r$	k6	m6
	Ударные нагрузки: $P_r > 0,15 C_r$	—	n6

ВЫБОР МУФТЫ

Из муфт с резиновыми упругими элементами широкое распространение получили муфты упругие втулочно-пальцевые благодаря относительной простоте конструкции и удобству замены упругих элементов. Муфты МУВП стандартизованы - ГОСТ 21424-93. Муфту будем выбирать по значениям диаметров соединяемых валов.

ВЫБОР ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

Выберем стационарные подшипниковые узлы SNR [6] исходя из диаметра вала и их расположения в приводе.

Вал II – СURN206;

Вал III и вал IV – СUP206;

На вал V подшипниковый узел подбирается непосредственно при проектировании конструкции самого аттракциона.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель данного раздела – спроектировать технологический процесс изготовления детали. Для этого необходимо выбрать заготовку, составить маршрут обработки, рассчитать припуски, режимы резания, выбрать оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка. Кроме того, необходимо рассчитать время необходимое на выполнение операции и рассчитать приспособление для одной операции.

Техническое задание

Разработать технологический процесс для мелкосерийного изготовления полумуфты (МУВП) исполнения 1 в соответствии с ГОСТ 21424-93. Материал детали Сталь 45 ГОСТ 1050-88.

Чертёж полумуфты представлен на рис.7.

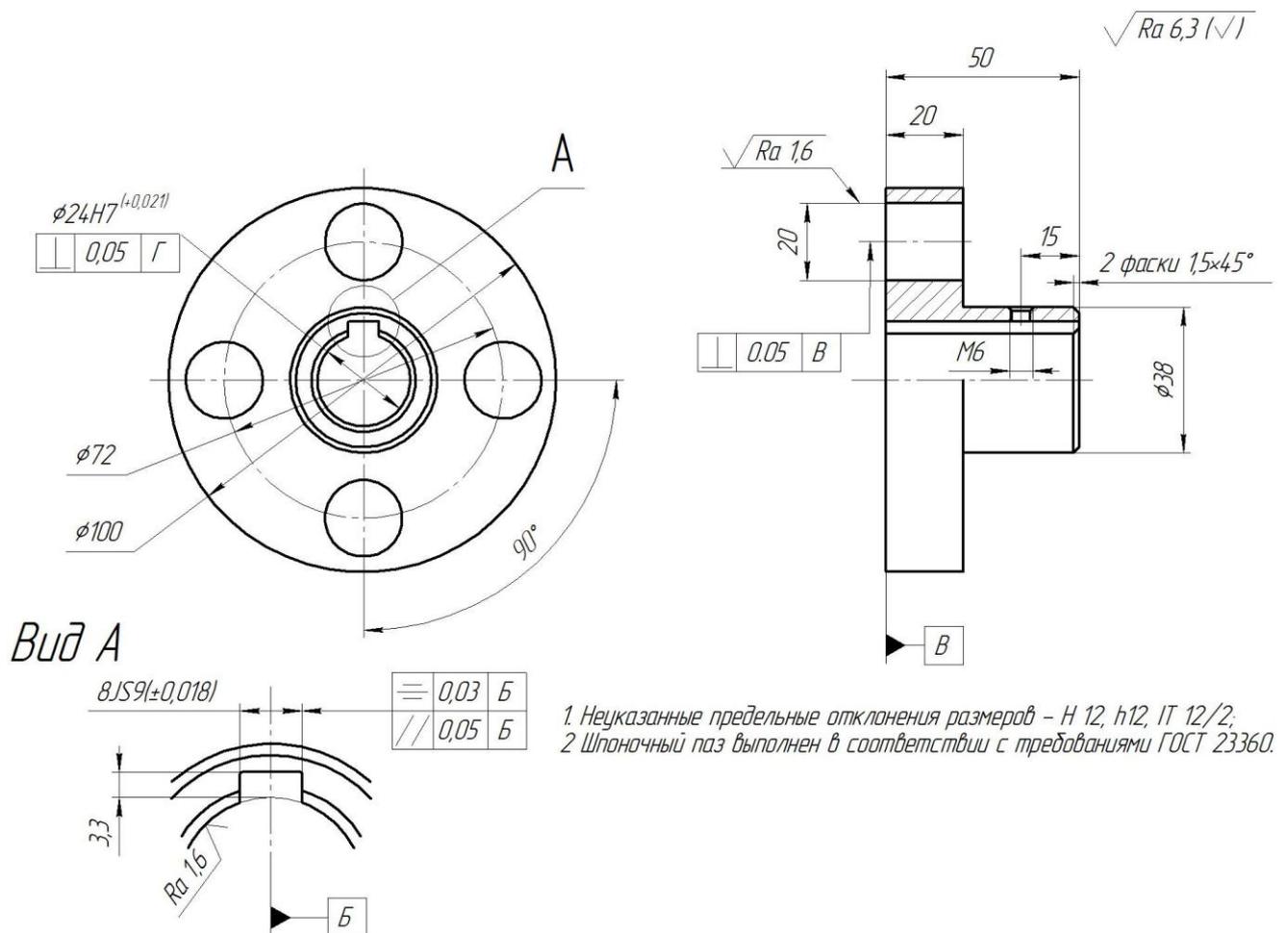


Рисунок 7. Чертеж полушпунты.

4.1. Проектирование технологического процесса изготовления детали

Основным исходным параметром при проектировании технологического процесса являлся тип производства. Проектирование технологического процесса изготовления детали связано с определенными трудностями: в каждом случае необходимо решать сложные многокритериальные задачи со многими параметрами. В зависимости от условий производства и назначения проектируемого технологического процесса применяются различные виды и формы технологических процессов. Вид технологического процесса определяется количеством изделий, охватываемых процессом. В данном проекте технологический процесс является мелкосерийным - технологический процесс изготовления изделия

одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Анализ технологичности конструкции детали

В процессе курсового проектирования, так же, как и в производственных условиях, любая конструкция (машина, узел, деталь) должна быть самым тщательным образом проанализирована. Цель такого анализа – выявление недостатков конструкции по сведениям, содержащимся в чертежах и технических требованиях, а также возможное улучшение технологичности рассматриваемой конструкции.

Технологический контроль чертежей сводится к тщательному их изучению. Рабочие чертежи обрабатываемых деталей должны содержать все необходимые сведения, дающие полное представление о детали, то есть все проекции, разрезы и сечения, совершенно четко и однозначно объясняющие ее конфигурацию и возможные способы получения заготовки. На чертеже должны быть указаны все размеры с необходимыми допусками, классы чистоты обрабатываемых поверхностей, допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, а также взаимного положения поверхностей. Чертеж должен содержать все необходимые сведения о материале детали, термической обработке, применяемых защитных и декоративных покрытиях, весе детали и т. п. Таким образом, технологический контроль – важная стадия проектирования технологических процессов и во многих случаях способствует выяснению и уточнению приведенных выше факторов.

Технологический анализ конструкции обеспечивает улучшение технико-экономических показателей разрабатываемого технологического процесса. Поэтому технологический анализ – один из важнейших этапов технологической разработки, в том числе и курсового проектирования.

Анализируя деталь можно отметить ряд факторов:

- 1) Все размеры и требуемая точность обеспечивается на доступном технологическом оборудовании;
- 2) Обрабатываемые поверхности легкодоступны для режущего инструмента.

Отрицательными с точки зрения технологичности следует считать следующие факторы:

- 1) Соотношение $\frac{l}{D} \ll 1$ и $\frac{l}{D} > 10$;
- 2) Наличие конической поверхности;
- 3) Высокой шероховатости отдельных поверхностей.

Выбор вида и способа получения заготовки

Главным при выборе заготовки является обеспечение заданного качества готовой детали при ее минимальной себестоимости. Себестоимость детали определяется суммированием себестоимости заготовки по калькуляции заготовительного цеха и себестоимости ее последующей обработки до достижения заданных требований качества по чертежу. Выбор заготовки зависит от формы детали и ее размеров, исходного материала, типа и вида производства, наличия необходимого оборудования.

Существуют различные способы получения заготовок. Мелкосерийное производство характеризуется тем, что большая часть металла уходит в стружку, из чего следует, что заготовка не совсем соответствует форме готового изделия.

Анализируя чертеж, приходим к выводу, что наиболее выгодный способ получения заготовки - прокат.

В качестве заготовки принимаем сортовой горячекатаный прокат круглой формы из стали Сталь 45 диаметром 105 мм обычной точности по ГОСТ 2590-2006.

В данном случае при использовании сортового проката в качестве заготовки ее форма и размеры будут достаточно близки к размерам готовой детали. Также горячекатаный сортовой прокат имеет однородную структуру, благодаря чему, в нем обеспечено постоянство механических свойств.

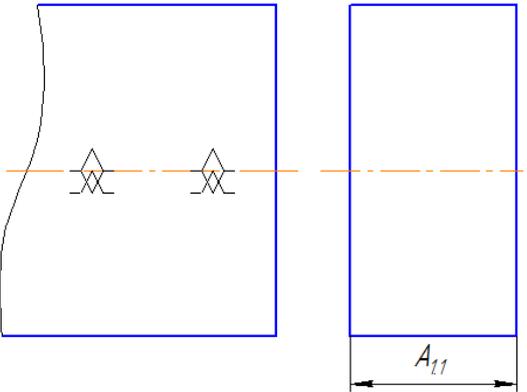
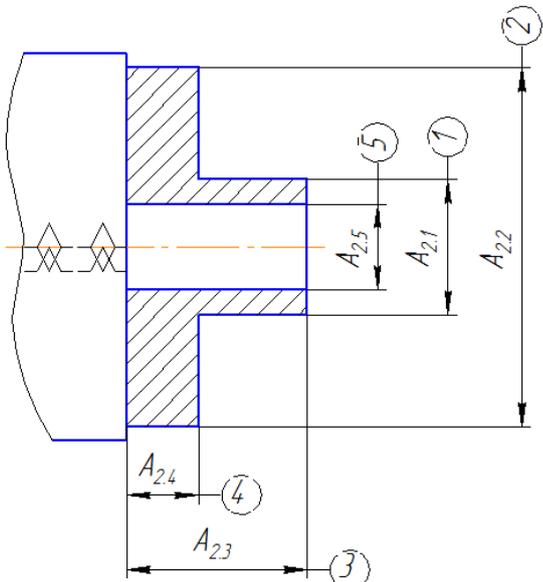
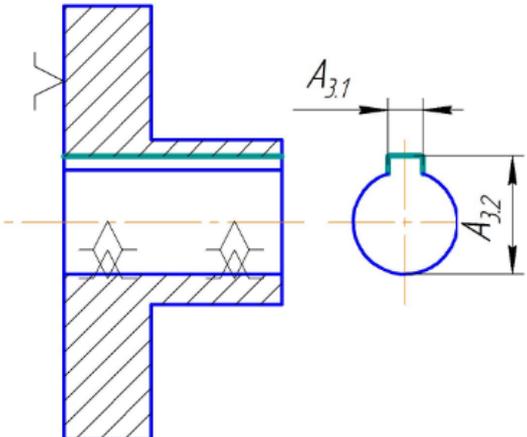
Помимо проката, можно использовать штамповку из сортового проката для получения заготовки. Это позволит максимально приблизить форму заготовки в форме готовой детали. Однако это эффективно в более масштабном производстве.

Составление технологического маршрута

Исходными данными для составления технологического маршрута будет являться конструкторский чертеж с конкретными требованиями на деталь, а так же вид производства, и ряд других факторов.

Технологический маршрут обработки сведем в табл. 3 согласно ГОСТ 3.1107-81 [6, с. 49]. Идеальные опорные точки обозначаются в соответствии с ГОСТ 21495-76.

Таблица 3. Технологический маршрут

Опер-я	Переход	Эскиз
2	<p style="text-align: center;"><u>Заготовительная</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить и закрепить пруток 2. Отрезать заготовку от прутка, выдержав размер $A_{1.1}$, предварительно подрезав торец 	 <p>The sketch shows two views of a rectangular workpiece. The left view is a perspective drawing showing a chamfered end. The right view is a side view showing a dimension $A_{1.1}$ at the bottom.</p>
2	<p style="text-align: center;"><u>Токарная</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить и закрепить заготовку 2. Точить поверхность 1 начерно, выдержав размер $A_{2.1}$ 3. Точить поверхность 2 начерно, выдержав размер $A_{2.2}$ 4. Подрезать торец 3 начерно, выдержав размер $A_{2.3}$ 5. Подрезать торец 4 начерно, выдержав размер $A_{2.4}$ 6. Сверлить отверстие 5 7. Расточить отверстие 5 начерно, выдержав размер $A_{2.5}$ 8. Отрезать заготовку 	 <p>The sketch shows a stepped shaft with several features labeled with circled numbers 1 through 5. Dimension lines indicate: $A_{2.1}$ (total length), $A_{2.2}$ (length of the second step), $A_{2.3}$ (length of the third step), $A_{2.4}$ (width of the third step), and $A_{2.5}$ (width of the fourth step).</p>
3	<p style="text-align: center;"><u>Долбежная</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить и закрепить заготовку 2. Долбить шпоночный паз с размерами $A_{3.1}$, $A_{3.2}$ 	 <p>The sketch shows a cross-section of a shaft with a keyway. The keyway is highlighted in green. Dimension lines indicate: $A_{3.1}$ (width of the keyway) and $A_{3.2}$ (depth of the keyway).</p>

<p>4</p>	<p style="text-align: center;"><u>Сверлильная</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить и закрепить заготовку 2. Сверлить отверстие 1, выдержав размеры $A_{4.1}$, $A_{4.2}$, $A_{4.3}$ 	<p>Technical drawing for step 4. The top view shows a circular part with diameter $A_{4.2}$ and a central hole with diameter $A_{4.1}$. The cross-section shows a hole with diameter $A_{4.3}$ and a distance of 4 holes from the center.</p>
<p>5</p>	<p style="text-align: center;"><u>Развертывание отверстия</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить и закрепить заготовку 2. Нормальное ручное развертывание отверстия 1, выдержав размер $A_{5.1}$ 3. Точное ручное развертывание отверстия 1, выдержав размер $A_{5.1}$ 4. Тонкое ручное развертывание отверстия 1, выдержав размер $A_{5.1}$ 	<p>Technical drawing for step 5. The cross-section shows a hole with diameter $A_{5.1}$ and a distance of 4 holes from the center.</p>

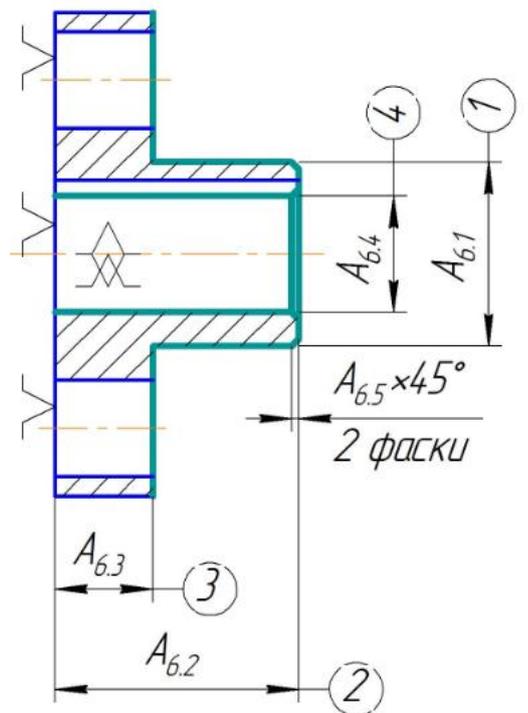
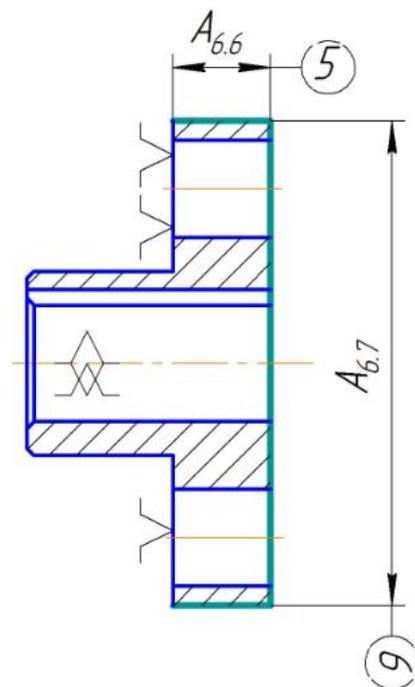
6

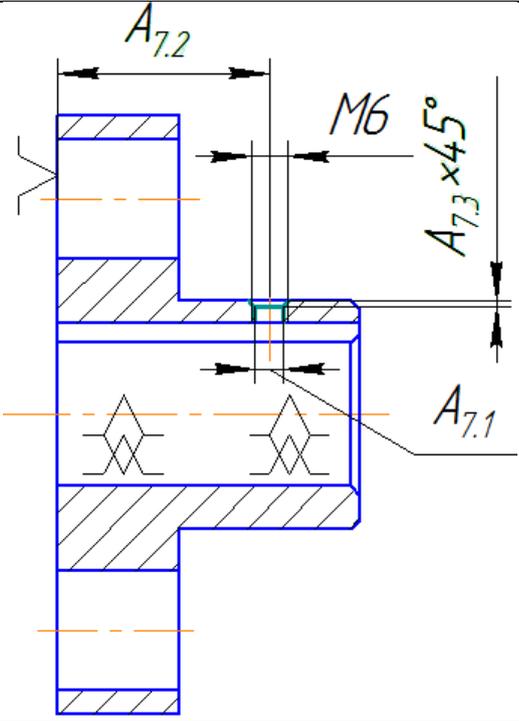
ТокарнаяУстанов А

1. Установить и закрепить заготовку
2. Точить поверхность 1 начисто, выдержав размер $A_{6.1}$
3. Подрезать торец 2 начисто, выдержав размер $A_{6.2}$
4. Подрезать торец 3 начисто, выдержав размер $A_{6.3}$
5. Расточить отверстие 4 начисто, выдержав размер $A_{6.4}$
6. Тонкое растачивание отверстия 4
7. Точить фаски размером $A_{6.5}$ окончательно

Установ Б

1. Переустановить и закрепить заготовку
2. Подрезать торец 5 начисто, выдержав размер $A_{6.6}$
3. Точить поверхность 6 начисто, выдержав размер $A_{6.7}$

Установ А*Установ Б*

7	<p align="center"><u>Сверлильно-резьбонарезная</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Установить и закрепить заготовку 2. Сверлить отверстие диаметром $A_{7.1}$, выдержав размеры $A_{7.2}$ 3. Зенковать фаску, выдержав размер $A_{7.3}$ 4. Нарезать резьбу М6 	
8	<p align="center"><u>Технический контроль</u></p>	

Назначение припусков на обработку

Установление оптимальных припусков на обработку является ответственной технико-экономической задачей. Назначение чрезмерно больших припусков приводит к потерям материала, превращаемого в стружку, увеличению трудоемкости механической обработки, к повышению расхода режущего инструмента и электрической энергии, увеличению потребности в оборудовании и рабочей силе.

Назначение заниженных припусков не обеспечивает удаления дефектных слоев материала и достижения требуемой точности и качества обрабатываемых поверхностей, повышает требования к точности исходных заготовок и приводит к их удорожанию, увеличивает опасность появления брака.

Припуск назначают для компенсации погрешностей, возникающих в процессе предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса изготовления детали.

Величины припусков на обработку могут быть установлены опытно-статистическим методом или определены с использованием расчетно-аналитического метода.

Опытно-статистический метод применяют для обычных деталей средней точности в условиях единичного и серийного производств. Данный метод ускоряет процесс проектирования технологического процесса обработки деталей, но он не учитывает конкретные условия обработки данных поверхностей, что приводит к завышению припусков на обработку.

Таким образом, проведем расчет припусков на обработку промежуточных технологических размеров и значений допусков на эти припуски опытно-статистическим методом. В соответствии с заданием, необходимо назначить припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметрального размера $24H7^{(+0,021)}$.

Технологический маршрут обработки данного диаметрального размера состоит из 4 переходов: сверление, черновое точение, чистовое точение и тонкое точение. Назначение припусков на обработку и расчет предельных размеров производят в обратной последовательности.

1. Диаметр отверстия после тонкого растачивания $24H7^{(+0,021)}$.
2. Определяем диаметр отверстия после чистового растачивания.

Находим припуск и предельное отклонение для диаметра 24 мм и длины 50 мм по табл. 3.1 [6, с. 55] для деталей группы 2 (единичное и мелкосерийное производство). Припуск 0,3 мм, предельное отклонение $H11^{(+0,13)}$.

Вычислим диаметр после чистового растачивания:

$$(24 - 0,3) H11^{(+0,13)} = 23,7 H11^{(+0,13)}$$

3. Определяем диаметр отверстия после чернового растачивания.

Находим припуск и предельное отклонение для диаметра 23,7 мм и длины 50 мм по табл. 3.1 [6, с. 55]. Припуск 1,2 мм, предельное отклонение $H14^{(+0.52)}$

Вычислим диаметр после чернового растачивания:

$$(23,7 - 1,2) H14^{(+0.52)} = 22,5 H14^{(+0.52)}$$

4. Определяем диаметр отверстия после сверления.

Находим припуск и предельное отклонение для диаметра 22,5 мм и длины 50 мм по табл. 3.1 [1, с. 55]. Припуск 2,5 мм, предельное отклонение не назначается.

Вычислим диаметр после сверления:

$$(22,5 - 2,5) = 20 \text{ мм}$$

На основании данных расчета строим схему графического расположения припусков и предельных размеров на обработку диаметрального размера $24H7^{(+0,021)}$.

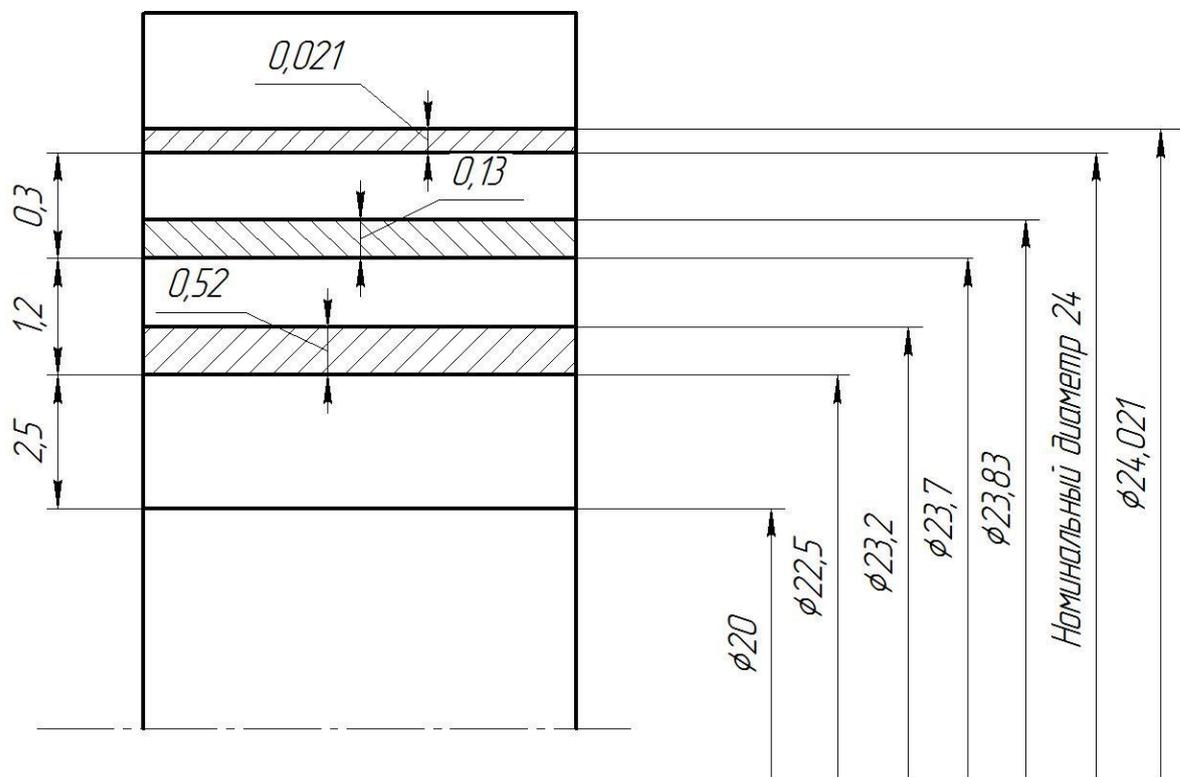


Рисунок 8. Схема расположения припусков и предельных диаметральных размеров на обработку.

Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

Выберем режущий инструмент и назначим режимы резания для операции 6 Токарной с ЧПУ.

Выбор режущего инструмента, его конструкции и размеров определяется видом обработки, размерами обрабатываемой поверхности, свойствами обрабатываемого материала, требуемой точностью обработки и величиной шероховатости поверхности.

Чистовая обработка отверстия

Для чистового и тонкого растачивания будем использовать один инструмент на разных режимах.

Инструмент:

Резец 2145-0069 1 ВК6М ГОСТ 18063-72

Чистовая обработка. Расточить отверстие $\phi 22,5$ до $\phi 23,7$. Точим за один проход.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x S^y} [1, \text{ с } 265]$$

Глубина $t = 0,60$ мм, подача на оборот $S = 0,25$ мм/об [6, с 265]

Стойкость инструмента $T=120$ мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [6, с 269]:

$C_V=420$; $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,2$.

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left(\frac{750}{850} \right)^1 = 0,882$$

$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV} = 0,882 * 0,9 * 1 = 0,793$ [6, с 265]

Скорость резания:

$$V = \frac{420 * 0,793}{120^{0,2} 0,60^{0,15} 0,25^{0,2}} 0,9 = 163 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 163}{\pi * 22,5} = 2320 \text{ об/мин}$$

Сила резания [6, с 271]:

$$P_Z = 10C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,60^1 * 0,25^{0,75} * 163^{-0,15} * 1,3 = 385 \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [6, с 271]

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

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 \text{ [6, с 271]}$$

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{385 * 163}{1020 * 60} = 1,02 \text{ [6, с 271]}$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{1,02}{0,85} = 1,2 \text{ кВт}$$

Тонкое растачивание. Расточить отверстие $\phi 23,7$ до $\phi 24$. Точим за один проход.

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x S^y} \text{ [6, с 265]}$$

Глубина $t = 0,15$ мм, подача на оборот $S = 0,1$ мм/об [6, с 265]

Стойкость инструмента $T = 120$ мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [6, с 269]:

$$C_V = 420; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2.$$

$$K_{MV} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left(\frac{750}{850} \right)^1 = 0,882$$

$$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV} = 0,882 * 0,9 * 1 = 0,793 \text{ [6, с 265]}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{420 * 0,793}{120^{0,2} 0,15^{0,15} 0,1^{0,2}} 0,9 = 202 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 212}{\pi * 23,7} = 2704 \text{ об/мин}$$

Сила резания [6, с 271]:

$$P_Z = 10C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,15^1 * 0,1^{0,75} * 202^{-0,15} * 1,3 = 46,9 \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [6, с 271]

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

$$K_p = K_{\text{мр}} K_{\text{фр}} K_{\text{гр}} K_{\text{лр}} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 \text{ [6, с 271]}$$

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{46,9 * 202}{1020 * 60} = 0,15 \text{ [6, с 271]}$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{0,15}{0,85} = 0,176 \text{ кВт}$$

Чистовая обработка наружной цилиндрической поверхности

Инструмент:

Проходной упорный резец 2101-0051 ГОСТ 18879-73

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T m_t^{x_{SY}}} \text{ [6, с 265]}$$

Глубина $t = 0,75$ мм, подача на оборот $S = 0,25$ мм/об [6, с 265]

Стойкость инструмента $T = 120$ мин.

Коэффициенты и показатели степени по таб. 17 [6, с 269]:

$$C_V = 420; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2.$$

$$K_{\text{MV}} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left(\frac{750}{850} \right)^1 = 0,882$$

$$K_V = K_{\text{MV}} K_{\text{пV}} K_{\text{иV}} = 0,882 * 0,9 * 1 = 0,793 \text{ [6, с 265]}$$

Скорость резания:

$$V = \frac{420 * 0,793}{120^{0,2} 0,75^{0,15} 0,25^{0,2}} 0,9 = 165 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 165}{\pi * 38} = 1382 \text{ об/мин}$$

Сила резания [6, с 271]:

$$P_Z = 10C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,75^1 * 0,25^{0,75} * 165^{-0,15} * 1,3 = 480 \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [6, с 271]

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

$$K_p = K_{\text{мр}}K_{\varphi\text{р}}K_{\gamma\text{р}}K_{\lambda\text{р}} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 \text{ [6, с 271]}$$

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{480 * 165}{1020 * 60} = 1,29 \text{ [6, с 271]}$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{1,29}{0,85} = 1,52 \text{ кВт}$$

Чистовая обработка торцов

Инструмент:

Подрезной резец 2112-0033 ГОСТ 18871-73

При чистовой обработке торцов рекомендуется поперечная подача 0,1 - 0,3 мм/об при глубине резанья 0,7 – 1 мм. Для рассматриваемой детали глубина резанья будет равна величине припуска, который составляет 0,6 мм на оба торца [8, с 72]. Исходя из величины глубины резанья примем поперечную подачу равной 0,3 мм/об.

Скорость резанья для этого вида обработки берется на 20% выше, чем при обработке цилиндрических поверхностей, так как время участия резца в процессе резанья незначительно и он не успевает нагреться до критической температуры.

$$V = 165 * 1,2 = 198 \text{ м/мин}$$

Частота вращения шпинделя (Торец 1):

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 198}{\pi * 38} = 1659 \text{ об/мин}$$

Частота вращения шпинделя (Торец 2):

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 198}{\pi * 100} = 630 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 0,6^1 * 0,3^{0,75} * 198^{-0,15} * 1,3 = 429 \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22 [6, с 271]

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

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3 \text{ [6, с 271]}$$

Мощность резания:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{429 * 198}{1020 * 60} = 1,38 \text{ [6, с 271]}$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{\text{рез}}}{\eta} = \frac{1,38}{0,85} = 1,63 \text{ кВт}$$

Точение фаски

Инструмент:

Проходной отогнутый резец 2102-0101 ГОСТ 18868-73

Скорость резания.

$$V = \frac{C_V K_V}{T^{m_t} t^{x_{SY}}}$$

Глубина $t = 1,5$ мм, подача на оборот $S = 0,05$ мм/об

Стойкость инструмента $T = 120$ мин.

$C_V = 420; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2.$

$$K_{MV} = K_T \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 * \left(\frac{750}{850} \right)^{0,75} = 0,91$$

$$K_V = K_{MV} K_{PV} K_{IV} = 0,91 * 0,9 * 1 = 0,81$$

Скорость резания:

$$V = \frac{420 * 0,81}{120^{0,2} 1,5^{0,15} 0,05^{0,2}} = 201 / \text{мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi d_{\text{заг}}} = \frac{1000 * 201}{\pi * 38} = 1730 \text{ об/мин}$$

Сила резания:

$$P_Z = 10C_p t^x S^y V^n K_p = 10 * 300 * 1,5^1 * 0,05^{0,75} * 201^{-0,15} * 1,3 = 230 \text{ Н}$$

Коэффициенты и показатели степени по табл.22

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

$$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p} = 1,13 * 1 * 1,15 * 1 = 1,3$$

Мощность резания:

$$N_{рез} = \frac{P_Z * V}{1020 * 60} = \frac{230 * 201}{1020 * 60} = 0,75 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода станка:

$$N = \frac{N_{рез}}{\eta} = \frac{0,75}{0,85} = 0,88 \text{ кВт}$$

Сведем все данные в таблицу:

Таблица 4.

Наим-е операции	Подача S, мм/об	Глубина резания t, мм	Частота n, об/мин	Скорость резания V м/мин
Чистовое растачивание	0,25	0,6	2320	163
Тонкое растачивание	0,1	0,15	2704	202
Чистовое точение наружной пов-ти	0,25	0,75	1382	165
Подрезка торца 1	0,3	0,6	1659	198
Подрезка торца 2	0,3	0,6	630	198
Точение фасок	0,05	1,5	1730	201

Так как рассматриваемая при тонком точении подача является табличным значением и рассчитана на достижение более высокой шероховатости чем нам требуется, то считаю возможным снизить частоту вращения шпинделя до 2500 об/мин.

Выбор оборудования

Исходя из размеров заготовки, требуемой мощности и необходимой частоты оборотов шпинделя выбираем станок с ЧПУ модели 16К20Ф3.

Технические характеристики станка 16К20Ф3

Таблица 5. Технические характеристики.

Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	400
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом	220
Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	1000
Шаг нарезаемой резьбы: метрической	До 20
Частота вращения шпинделя, об/мин	12,5 – 2500
Число скоростей шпинделя	22
Наибольшее перемещение суппорта продольное	900
Наибольшее перемещение суппорта поперечное	250
Подача суппорта продольная, мм/мин	3-1200
Подача суппорта поперечная, мм/мин	1,5-600
Число ступеней подач	Б/с
Скорость быстрого перемещения суппорта продольного, мм/мин	4800
Скорость быстрого перемещения суппорта поперечного, мм/мин	2400
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	10

Составление программы в G-кодах.

Генерация управляющей программы для станка с ЧПУ обычно осуществляется с помощью САМ-систем. Ввиду этого составлю программу в G-кодах отдельно для 2 переходов установка А операции 6 Токарной.

N0 M40- третий диапазон частот вращения;

N1 M3 S2320 – включение шпинделя с частотой вращения 2320 об/мин;

N2 G00 X-88.15 Z-145 - ускоренное перемещение в точку 11;

N3 G01 X-88.15 Z-204 F0.25 - перемещение в точку 12 с подачей 0,25 мм/об;

N4 G00 X -90 Z-204- ускоренное перемещение в точку 13;

N5 X-90 Z-145 - ускоренное перемещение в точку 14;

N6 X-88 Z-145- ускоренное перемещение в точку 15;

N7 G01 X-88 Z-204 F0.25- перемещение в точку 16 с подачей 0,25 мм/об;

N8 G00 X-90 Z-204- ускоренное перемещение в точку 17;

N9 X-90 Z-145- ускоренное перемещение в точку 18;

N10 X0 Z0- ускоренное перемещение в точку 19;

N11 M5- отключение шпинделя;

N12 M30- конец программы.

Графическая часть

В ходе выполнения данной курсовой работы был оформлен следующий состав технологических документов:

- Операционная карта
- Расчетно-технологическая карта
- Карта эскизов
- Карта наладки инструмента

Операционная карта - технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения. В этой карте отражаются последовательность, способ и режим обработки, тип оборудования и инструмент, нормы времени, разряд работы и другие показатели. В учебных целях составил операционную карту отдельно для Установы А операции 6.

Расчетно-технологическая карта содержит технологические решения, принятые на предыдущих этапах технологической проработки, и законченный проект обработки детали на станке с ЧПУ в виде графического изображения траектории движения инструмента со всеми необходимыми пояснениями и расчетными размерами. В учебных целях составил РТК отдельно для Установы А операции 6.

Карта эскизов - технологический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы, необходимые для выполнения технологического процесса, операции или перехода сборки изделия. Карта эскизов является графической

иллюстрацией к маршрутным и операционным картам технологического процесса. В учебных целях составил карту отдельно для Установа А операции б.

Карта наладки является основным документом для наладчика станка при подготовке станка к работе, для комплектовщика и настройщика инструмента вне станка при подборе инструмента, при настройке и аттестации его в инструментальной кладовой участка. В учебных целях составил карту отдельно для Установа А операции б.

4.2. Нормирование технологических переходов, операций

Техническое нормирование устанавливает технически обоснованную норму расхода производственных ресурсов - рабочего времени, энергии, сырья, материалов, инструментов и т.п. Основы технологического нормирования устанавливает ГОСТ 3.1109-82. Главными целями нормирования являются:

- грамотно разработанный технологический процесс;
- минимальная себестоимость изготовления детали;
- минимальная трудоемкость изготовления детали.

Норма времени – регламентированное время выполнения некоторого объема работ в определенных производственных условиях одним или несколькими исполнителями соответствующей квалификации.

Норма времени, которое дается на обработку детали или каких-то поверхностей детали на данной технологической операции называется нормой штучного времени и складывается из:

- основного (машинного) или технологического времени;
- вспомогательного времени;
- времени обслуживания рабочего места;
- времени перерывов на отдых и физиологические потребности.

Нормирование будем вести для операции 6. Нормирование будет заключаться в определении штучного времени. Расчет норм времени осуществляется на основании РТК (см графическую часть курсового проекта).

Основное время считается по формуле:

$$T_0 = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n_i S_i} i;$$

где T_0 – машинное время для всех переходов, мин;

L_i – путь пройденный i -м инструментом на рабочей подаче, мм;

S_i – рабочая подача для i -го инструмента, мм/об;

n_i – рабочая частота вращения шпинделя, об/мин;

i – число проходов i -го инструмента.

Расчет основного времени

$$\begin{aligned} T_0 &= \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{n_i S_i} i \\ &= \frac{50,6}{2320 * 0,25} + \frac{50,6}{2704 * 0,1} + \frac{30}{0,25 * 1382} + \frac{12}{0,3 * 1659} \\ &+ \frac{62}{0,3 * 630} + \frac{1,5}{0,05 * 1730} = 0,73 \text{ мин} \end{aligned}$$

Расчёт вспомогательного времени.

Величина партии деталей 20 шт.

Вспомогательное время на установку и снятие детали – $t_y=0,16$ [10, с 131] мин.

Определение времени, требующегося на холостые ходы и смену инструмента:

$$T_{xx} = \frac{\sum L_{xxi}}{S_{xx}} + T_{см.ин.};$$

где T_{xx} – время на холостые перемещения, мин;

L_{xxi} – путь пройденный i -м инструментом на холостом ходу, мм;

S_{xxi} – скорость холостых ходов, мм/об;

i - число холостых ходов i -го инструмента;

$T_{см.ин.}$ – время смены инструмента, мин; $T_{см.ин.} = 0,05$ мин.

$$T_{xx} = \frac{\sum L_{xxi}}{S_{xx}} = \frac{150 * 8 + 44 + 58 * 2}{2000} + 0,05 = 0,73 \text{ мин}$$

Время на поворот резцедержателя $T_{пр} = 0,04 \cdot 3 = 0,12$ мин.

Тогда:

$$T_a = \sum T_o + \sum T_{xx} + T_{пр} = 0,73 + 0,73 + 0,12 = 1,58 \text{ мин.}$$

Время на контрольные измерения $t_{изм} = 0,19 \cdot 2 = 0,38$ мин. Время на установку заготовки $t_{уст} = 0,5$ мин.

$$T_b = t_{уст} + t_{изм} = 0,5 + 0,38 = 0,88 \text{ мин.}$$

$$k_{IB} = 1; k = 5\% .$$

$$T_{всп} = T_b \cdot k_{IB} = 0,88 \cdot 1 = 0,88 \text{ мин.}$$

Штучное время рассчитаем по формуле:

$$T_{шт} = (T_a + T_{всп}) \left(1 + \frac{k}{20}\right) = (1,58 + 0,88) \cdot 1,25 = 3,075 \text{ мин.}$$

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N};$$

где $T_{пз}$ - норма подготовительно заключительного времени, которая определяется как сумма слагаемых:

- а) Времени на наладку станка, зависящего от способа установки детали и количества инструментов, участвующих в выполнении операции;
- б) Времени, затрачиваемого в случаях работы с каким-либо дополнительным, нерегулярно встречающимся в работе приспособлением или устройством, предусмотренным технологическим устройством на данную операцию.

Определим $T_{пз}$ по карте 49 [10, с.135]. Получаем:

$$T_{пз} = 20,5 \text{ мин.}$$

Тогда:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{N} = 3,075 + \frac{20,5}{20} = 4,025 \text{ мин.}$$

4.3. Расчет усилия зажима приспособления

Выбранное приспособление для обработки заготовки – трехкулачковый самоцентрирующийся патрон. Заготовка базируется с упором в торец, соответственно необходимо рассчитать силу, которую приложить для предотвращения проворота заготовки в приспособлении на один кулачок.

$$Q = \frac{KM}{3fR}, \text{ где}$$

K – коэффициент запаса;

M – крутящий момент;

R – радиус заготовки;

f – коэффициент трения заготовки о поверхности кулачков.

$$M = \frac{N_{рез} * 10^3 * 60}{2 * \pi * n} = \frac{4,28 * 10^3 * 60}{2 * \pi * 1958} = 20,87 \text{ Н * м, где}$$

$N_{рез}$ – мощность резания для черновой операции (кВт);

n – частота вращения шпинделя (об/мин).

$$Q = \frac{KM}{3fR} = \frac{1,95 * 20,87}{3 * 0,25 * 0,014} = 3875 \text{ Н}$$

Коэффициент запаса рассчитывается под конкретные условия:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 * 1 * 1 * 1 * 1,3 * 1 = 1,95 \text{ [9, с 164], где:}$$

$K_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент для всех случаев;

$K_1 = 1$ – коэффициент, учитывающий состояние поверхности;

$K_2 = 1$ – коэффициент, учитывающий затупление инструмента в процессе работы на черновой операции;

$K_3 = 1$ – коэффициент, учитывающий увеличение силы при прерывистом резании;

$K_4 = 1,3$ – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима при ручном зажиме и удобном расположении рукояток;

$K_5 = 1$ – коэффициент, учитывающийся при наличии крутящих моментов, с ограниченной поверхностью контакта заготовки;

5. ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Миронову Николаю Сергеевичу

Институт	ИК	Кафедра	АРМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	150305 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

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

1. <i>Задание и тема выпускной квалификационной работы.</i>	<i>Разработка привода тренажера для вестибулярного аппарата</i>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Разработка технического задания на проектирование и изготовление привода тренажера</i>	
2. <i>Аналитический обзор приводов современных тренажеров</i>	
3. <i>Разработка принципиально-кинематической схемы привода тренажера</i>	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Н21	Миронов Н.С.		

Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Экономическая оценка является важной частью исследовательской деятельности. Разработка должна не только выполнять свои функциональные назначения, но и быть финансово выгодно, как при производстве, так и при эксплуатации.

Объектом экономической части дипломной работы является привод тренажера для вестибулярного аппарата.

Цель - оценка конкурентоспособности и перспективности выведения изделия на рынок.

Задачи:

- Определение потенциальных потребителей;
- Анализ конкурентоспособности;
- SWOT – анализ.

Тренажер для вестибулярного аппарата, или просто аттракцион типа «Хип Хоп», предназначен для применения в сфере развлекательных услуг. Данный тип аттракционов имеет ряд преимуществ обеспечивших ему широкое распространение: во-первых, это простота конструкции, и как следствие, относительно небольшая стоимость для устройства такого рода; во-вторых, возможность транспортировки без сложных монтажных работ; в-третьих, ввиду простоты конструкции аттракциона не требуется высококвалифицированного обслуживающего персонала.

Целевая аудитория

Как уже говорилось выше, аттракцион предназначен для использования в сфере развлекательных услуг. Данный тип аттракционов является легко транспортируемым и не требует серьезной подготовки участка

для установки, поэтому он наиболее востребован частными лицами занимающиеся предпринимательством в данной сфере.

Анализ конкурентоспособности

Анализ конкуренции позволяет определить вероятное место продукции на рынке среди компаний, производящих схожий продукт. Правильный анализ и оценка конкурентной среды предприятия позволяет создать устойчивое конкурентное преимущество продукта, выбрать правильные каналы коммуникации и понизить операционные риски. В условиях современного рынка, продукция может испытывать конкуренцию как со стороны мирового рынка, так и со стороны фирм внутри страны.

На рынке преобладает продукция отечественных производителей. Наиболее перспективными и конкурентоспособными являются аттракционы следующих предприятий:

- Ейский завод «Аттракцион»;
- Компания «Аттракцион-Инвест»;
- Компания «Vadipark»;
- Компания «VTORIO».

Приведенные предприятия уже заняли свою нишу в данной сфере, поэтому составить им конкуренцию будет трудно. Но вся изготавливаемая ими продукция базируется на типовых решениях, в связи с чем, есть возможность привлечь покупателя уникальностью, индивидуальной работой с каждым заказчиком. Так как производство планируется единичным, в лучшем случае мелкосерийном, то проблем с таким подходом не возникнет.

SWOT – анализ

SWOT – вид ситуационного анализа, позволяющий оценить текущую и будущую конкурентоспособность товара компании на рынке с помощью анализа внутренней и внешней среды организации, а также соотношения ее сильных и слабых сторон. Для проведения качественного SWOT-анализа, необходимо провести такие анализы, как SNW и PEST (PESTLE), в нашем случае мы ими пренебрегаем. SWOT – анализ проекта представлен в таблице 6.

Таблица 6 – SWOT-анализ

S – (Сильные стороны)	W – (Слабые стороны)
<ol style="list-style-type: none">1. Уникальность продукции;2. Самостоятельное производство некоторых составных деталей, что снижает себестоимость;3. Много вариативность конечного продукта (ориентация на потребителя).	<ol style="list-style-type: none">1. Угроза со стороны крупных компаний;2. Единичное производство.
O – (Возможности)	T – (Угрозы)
<ol style="list-style-type: none">1. Возможность адаптации к массовому и серийному производству;2. Возможности быстрого роста спроса и развитие;3. Возможен приток частного капитала.	<ol style="list-style-type: none">1. Нестабильное финансирование2. Высокая конкуренция

Составим матрицу сильных сторон и возможностей, результаты занесем в таблицу 7.

Таблица 7 – Матрица сильных сторон и возможностей

		Возможности проекта		
		О1	О2	О3
Сильные стороны проекта	S1	Простота конструкции позволит без радикальных изменений производить серийный выпуск продукции	Уникальность продукции способствует быстрому росту спроса	Возможности притока частного капитала положительно сказываются на разработках уникальности данной продукции
	S2	Использование деталей собственного производства позволяют снизить стоимость конечного продукта.	Снижение себестоимости способствует быстрому росту спроса.	Рост спроса на продукт, может привлечь инвесторов.
	S3	-	Более широкий функционал изделий способен заинтересовать больше потребителей.	Рост спроса на продукт, может привлечь инвесторов.

Сопоставление сильных сторон и угроз отображается в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица слабых сторон и угроз

		Угрозы	
		T1	T2
Слабые стороны проекта	W1	Нестабильное финансирование может привести к отставанию по технологическим разработкам	По причине технического развития крупных фирм и компаний конкурентов, конструкция может стать менее уникальной и менее востребованной.
	W2	Единичное и мелкосерийное производство не является источником постоянной прибыли от производства конкретного изделия, что отталкивает возможные источники финансирования.	Единичное и мелкосерийное производство подвержено более высокой конкуренции, чем крупносерийное производство.

Вывод:

Производство данного типа изделий серийно будет затруднительно в связи с высокой конкуренцией на рынке. Помимо этого, из-за того что срок службы изделий высок, рынок уже насыщен изделиями бывшими в употреблении. И как следствие, спрос на такой продукт будет невелик. В то же время, проектируемое изделие имеет свои сильные стороны по сравнению с уже имеющимися на рынке, что позволяет рассчитывать на то что оно будет востребованным.

6. ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Н21	Миронову Николаю Сергеевичу

Институт	ИК	Кафедра	АРМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	150305 «конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>2. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы производственной среды: недостаточное освещение, повышения уровня шума, микроклимат, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений; монотонный режим работы. – Опасные факторы среды: электрический ток, влияние на зрение. – Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы. – Чрезвычайные ситуации: пожар.
<p>3. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.) – ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность» – ГОСТ 12.1.010–76 «Взрывобезопасность» – Правила устройства электроустановок. – ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00 – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (с измен. 2010 г.) – СН 2.2.4/2.1.8.562–96. – СН 2.2.4/2.1.8.556–96.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы возникают из-за ПЭВМ. – Негативные электромагнитное и ионизирующее излучения отрицательно влияют на иммунную, нервную, эндокринную и дыхательную системы. Шум негативно влияет на психофизиологическое состояние. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 В/м. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. При нахождении на рабочем месте в процессе трудовой деятельности на ПЭВМ уровень
--	--

	<p>звукового давления не должен превышать 50 дБА.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Уменьшение мощности блока питания компьютера, сокращение времени пребывания за компьютером, перерывы.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<ul style="list-style-type: none"> – Механические опасности отсутствуют. – Термические опасности отсутствуют. – Установлены удлинители в розетках (эл. сеть перегружена) – Возможные причины пожара: возникновение КЗ в проводке.
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> – Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС: пожар. – Пожар. – Устройства оповещения при пожаре, датчики дыма. – Соблюдения техники безопасности. – Следование плану эвакуации, вызов пожарных.
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<ul style="list-style-type: none"> – Право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. – Использование оборудования и мебели согласно антропометрическим факторам.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8н21	Миронов Н.С.		

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В ходе выполнения данной выпускной квалификационной работы был произведен аналитический обзор конструкций приводов современных тренажеров вестибулярного аппарата, разработано техническое задание на проектирование и изготовление привода тренажера, разработана принципиально-кинематическая схема привода тренажера. То есть были проведены все необходимые технические расчеты и конструирование элементов привода с помощью различных программных комплексов, текстовых и графических редакторов. На основе этого рабочим местом будет принято место работы оператора ПК (персонального компьютера).

Данный раздел ВКР посвящен анализу опасных и вредных факторов возникающих в процессе работы на ПК, а также выработке методов защиты от негативного действия этих факторов. Произведен анализ факторов составляющих производственную среду при работе на ПК: микроклимат в помещении, уровень шума, электромагнитные излучений. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а так же правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Проектирование рабочей (производственной) среды сфокусировано на том, чтобы ее физические, химические и биологические факторы на рабочем месте не только не оказывали вредного воздействия на людей, но и способствовали сохранению их здоровья, обуславливали проявление способностей и стимулировали желание выполнять рабочие задачи.

Комфортным называется состояние внешней среды, обеспечивающее оптимальную динамику работоспособности, хорошее самочувствие и сохранение здоровья работающего человека.

Рабочее место находится в жилом 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 [2] площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ составляет $6,5\text{ м}^2$ и 20 м^3 объема на одного человека [2]. В помещении работает 2 человека, следовательно, нормы по площади и объему выполняются.

При работе с ПК можно столкнуться с рядом вредных факторов и опасностей, к числу которых относятся: недостаточная освещенность рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенная или пониженная подвижность воздуха; повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенный уровень статического электричества; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.

Значительным физическим фактором является микроклимат рабочей зоны, особенно температура и влажность воздуха.

Микроклимат помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. При определенных значениях микроклимата, человек испытывает состояние теплового комфорта,

что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит и др.

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 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Таблица 10 –Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работ по уровням	Температура, С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22–24	60–40	0.1
	Iб	21–23		
Теплый	Ia	23–25		
	Iб	22–24		

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

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основной недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [12] объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной

вентиляции должен быть более 40 м^3 [13]. 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 40 дБА. При выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50 дБА [12]. Следовательно, можно считать, что рабочее место соответствует вышеуказанным нормам.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ (видеодисплейный терминал) не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц и 2,5 В/м - в диапазоне от 2 до 400 кГц [12]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл и 25 нТл - в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [12]. Рабочие места оборудованы ПЭВМ типа Acer Aspire, имеющими характеристики: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 420 В [13].

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч (100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год.

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 [12], должна быть не менее 300-500 лк, что может достигаться установкой местного освещения.

Таблица 11–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.

Меры защиты от опасных и вредных факторов производства делятся на технические и организационные. К ним относится защита от вредного воздействия облучения. При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;

- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

- должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

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 неизолированного от земли человека к неизолированным 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 [14]:

- 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.

Первая помощь при поражении электрическим током:

1. Обеспечить свою безопасность. Надеть сухие перчатки (резиновые, шерстяные, кожаные и т.п.), резиновые сапоги. По возможности отключить источник тока. При подходе к пострадавшему по земле идти мелкими, не более 10 см, шагами.

2. Сбросить с пострадавшего провод сухим токонепроводящим предметом (палка, пластик). Оттащить пострадавшего за одежду не менее чем на 10 метров от места касания проводом земли или от оборудования, находящегося под напряжением.

3. Вызвать (самостоятельно или с помощью окружающих) «скорую помощь».

4. Определить наличие пульса на сонной артерии, реакции зрачков на свет, самостоятельного дыхания.

5. При отсутствии признаков жизни провести сердечно-легочную реанимацию.

6. При восстановлении самостоятельного дыхания и сердцебиения придать пострадавшему устойчивое боковое положение.

7. Если пострадавший пришел в сознание, укрыть и согреть его. Следить за его состоянием до прибытия медицинского персонала, может наступить повторная остановка сердца.

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) [15];

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.

Защита в чрезвычайных ситуациях

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.

Данное помещение относится к категории Д (наличие твердых сгораемых вещей). Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- Обучение персонала правилам техники безопасности;
- Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в

специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2 или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно своевременно организовать эвакуацию людей.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Обеспечение безопасности на рабочем месте подразумевает различные правовые и организационные решения.

Для осуществления практической деятельности в области обеспечения безопасности жизнедеятельности необходимо соблюдение нормативов и правил ведения соответствующих работ, позволяющие их обеспечить. Соблюдение рабочего режима, правил ведения работ и т.д.

Согласно СанПиН [12] при размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе были подробно рассмотрены все этапы проектирования привода тренажера вестибулярного аппарата. На основе имеющихся исходных данных был спроектирован привод с требуемыми характеристиками.

Был спроектирован технологический процесс (не в полном объеме) изготовления полумуфты в условиях мелкосерийного производства.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

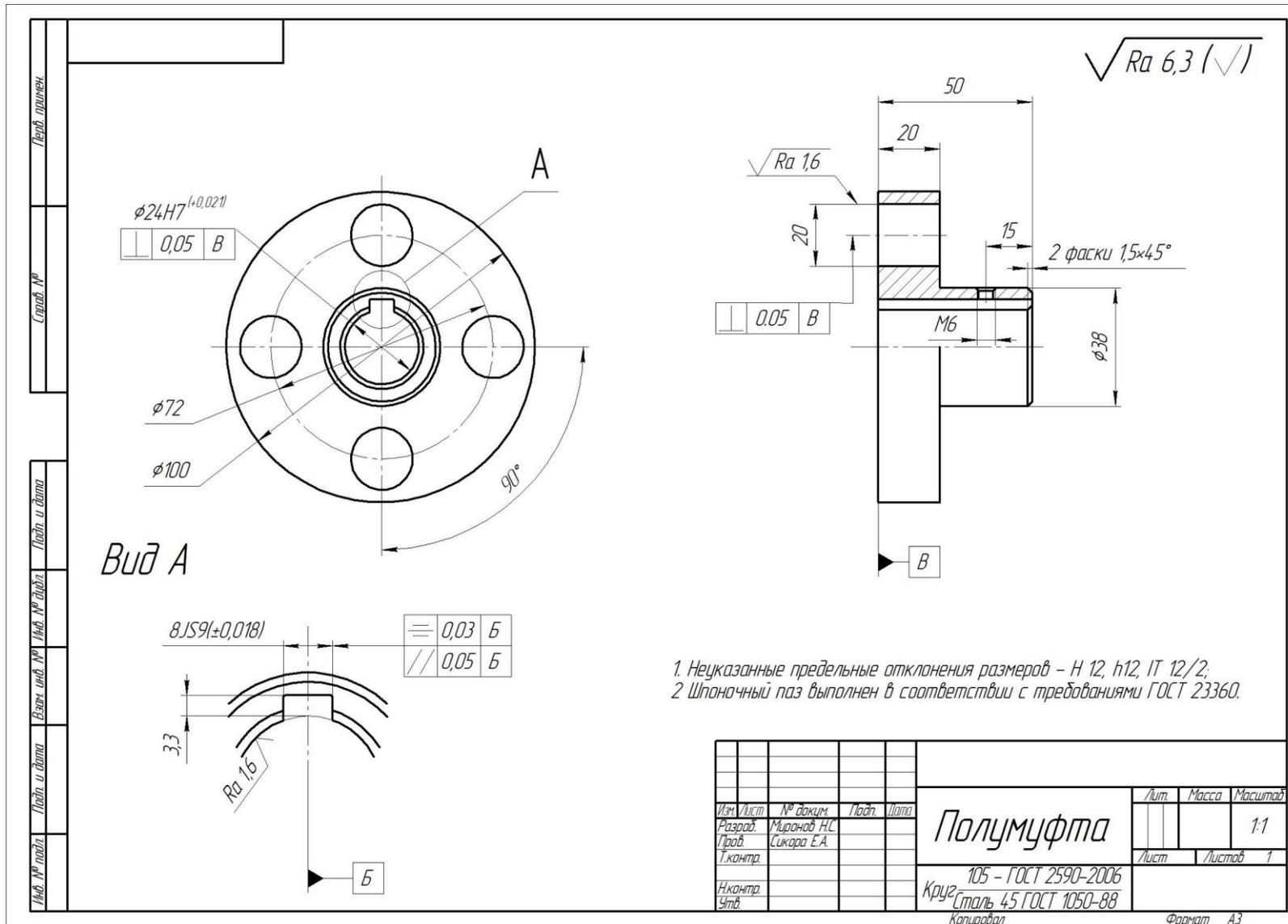
1. Миронов Н.С. Сравнительный анализ схем натяжных устройств ременной передачи: статья / Томский политехнический университет – Томск, 2016. 10 с., илл.
2. Миронов Н.С. неисправности ременной передачи: статья / Томский политехнический университет – Томск, 2016. 10 с., илл.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Рабочие характеристики асинхронного двигателя [Электронный ресурс]: дата обращения: 10.04.16. – режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/495-rabochie-kharakteristiki-asinkhronnogo.html>, свободный.
2. Детали машин и основы конструирования. Основы теории и расчета: учебник / П.Н. Учаев, С.Г. Емельянов, С.П. Учаева, Е.В. Павлов; под общ. ред. проф. П.Н. Учаева. – Старый Оскол: ТНТ, 2015. – 344с.
3. Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2006. – 656 с.: ил.
4. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин. Курсовое проектирование: учеб. Пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования. – 6-е изд. – М.: Машиностроение, 2013. – 560 с., ил.
5. Гузенков П.Г. Детали машин: Учеб. для вузов. – 4-е изд.,испр. / Репринтное воспроизведение издания 1986 г. – М.: Издательство Альянс, 2012. – 359 с.: ил.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 1/под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. Доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с., ил.
7. Радкевич Я.М. Расчет припусков и межпереходных размеров в машиностроении: Учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов/ под ред. В.А. Тимирязева. – М.: Высш. шк., 2004.– 272с.: ил.
8. Авраменко, В. Е. Технология машиностроения. Расчет припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / В. Е. Авраменко, . Красноярск: ПИ СФУ, 2007. 88 с.
9. Антонюк В.Е. В помощь молодому конструктору станочных приспособлений. Издательство «Беларусь», 1986 г.–350 с.

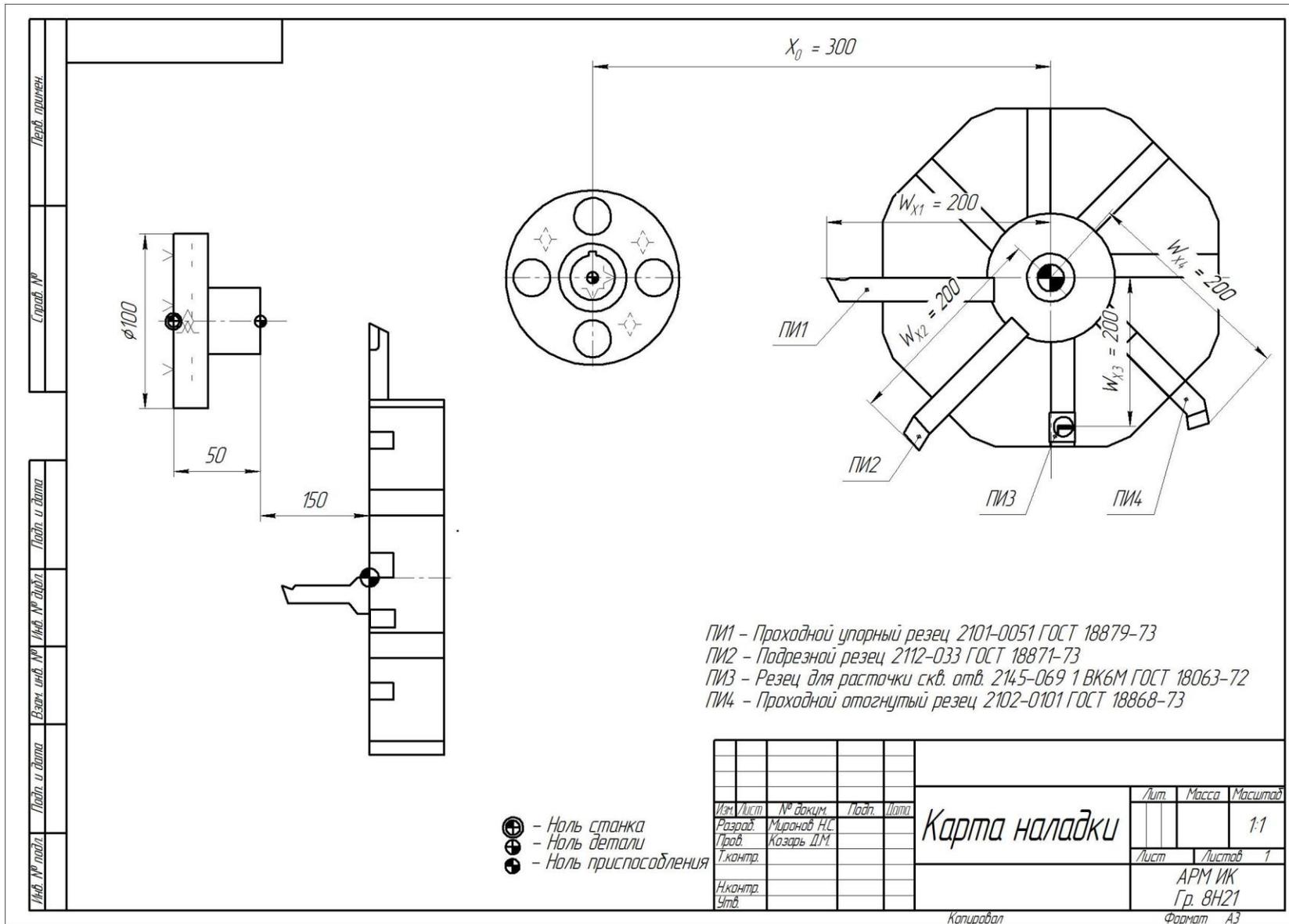
10. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика машиностроителя: Т.2/
Под ред. Е.И. Стружестраха. М.: Машиностроение, 1961. 826с.
11. Романенко С.В Социальная ответственность – С.В. Романенко, Ю.В. Анищенко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 11 с.
12. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. – М., 2003
13. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
14. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.
15. ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок.

Приложение Г. Чертеж полумуфты

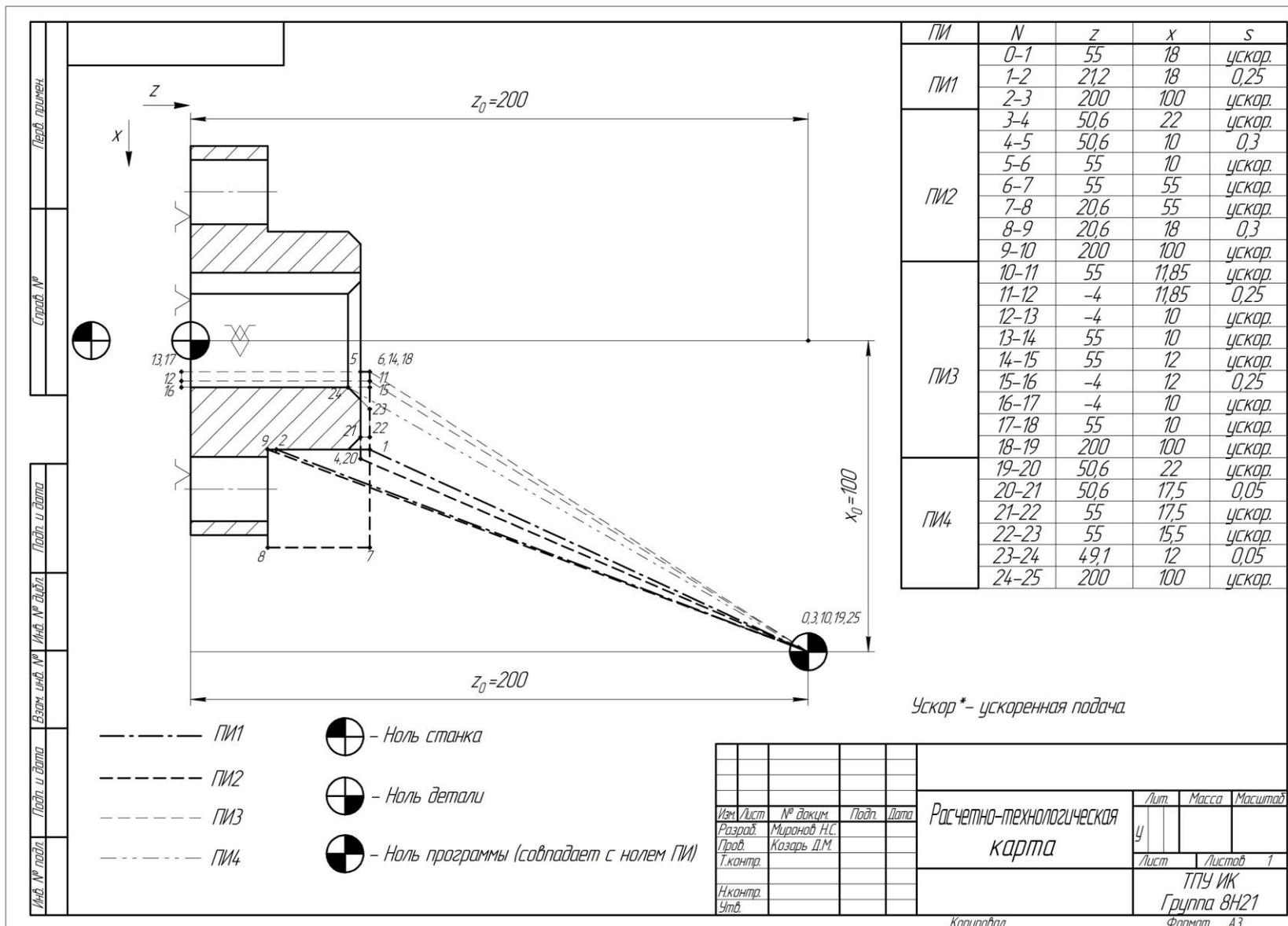


Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Штамп	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Миронид Н.С.						1:1
Проб.	Сижара Е.А.				Лист	Листов	1
Т.контр.							
Н.контр.							
Утв.							
Полумуфта							
Круг 105 - ГОСТ 2590-2006							
Сталь 45 ГОСТ 1050-88							
Копирадал					Формат А3		

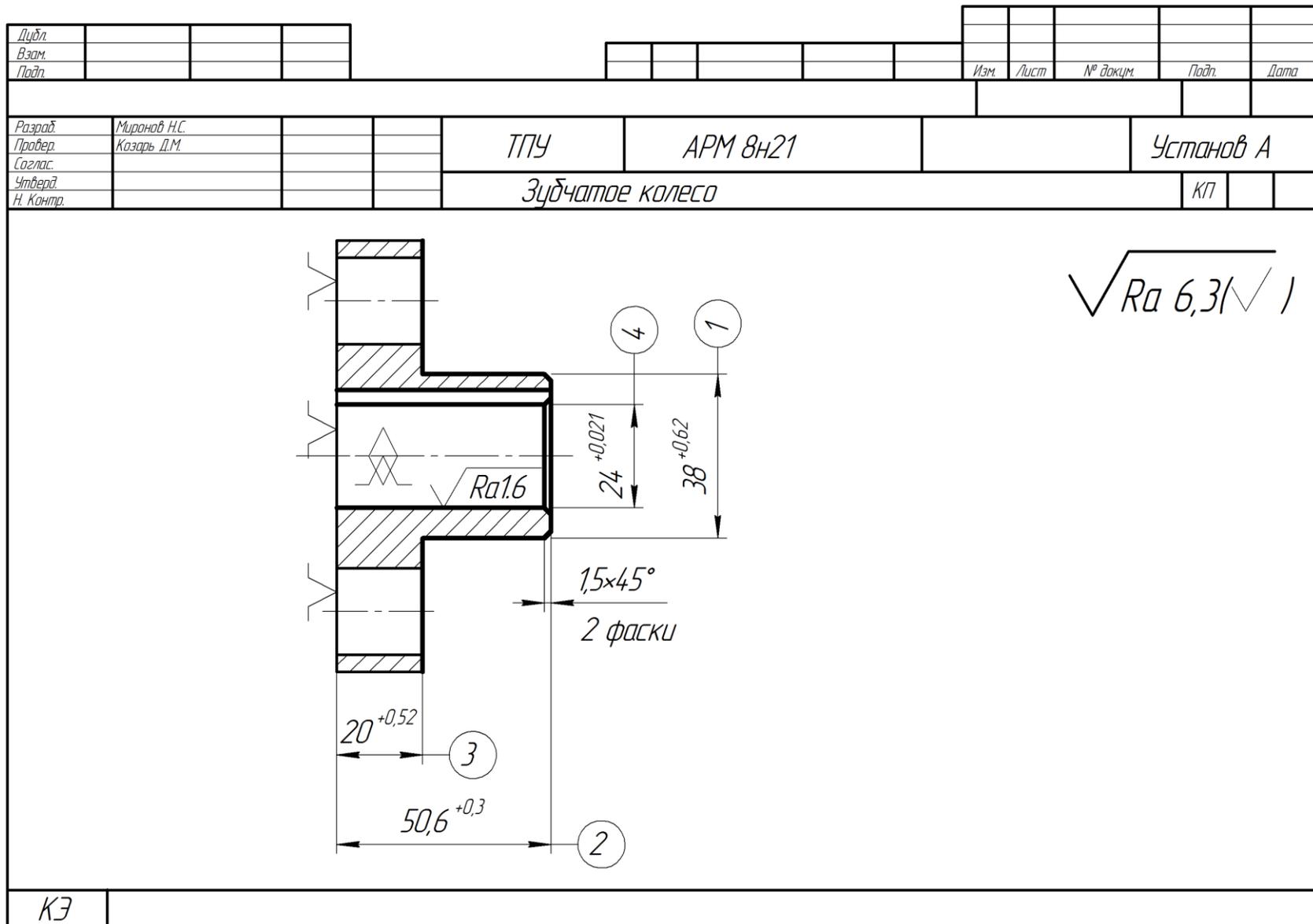
Приложение Д. Карта наладки



Приложение Е. Расчетно-технологическая карта



Приложение Ж. Карта эскизов



КЭ

