

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы – Отделение материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Автоматизированная приводная ортезная система вертикализаторного тренажёра</b>
УДК 62-83-52:616.7.089.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7В	Власова Анастасия Константиновна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент (ОМ, ИШНПТ)	Крауиньш Д. П.	К. т. н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент (ОСГН, ШБИП)	Маланина В. А.	К. э. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент (ООД, ШБИП)	Черемискина М. С.	Старший преподаватель		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.03.01 Машиностроение	Ефременков Е.А.	К. т. н.		

## Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на машиностроительных и строительно-монтажных производствах.
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, строительно-монтажного комплекса и в отраслевых научных организациях, участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые

	методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований
P7	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, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
P10	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования и конструкций строительно-монтажных объектов, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.

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

Школа - Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (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
4А7В	Власовой Анастасии Константиновне

Тема работы:

<b>Автоматизированная приводная ортезная система вертикализаторного тренажёра</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 140-17/с от 25.05.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Автоматизированная приводная ортезная система вертикализаторного тренажёра</li> <li>Тренажёр рассчитанный на вес пациента не более 50 кг и рост 140 см</li> <li>Электродвигатель привода – двигатель постоянного тока с напряжением питания 12-27 В</li> <li>Поворот выходного вала редуктора ограничен на 60°</li> <li>Диаметральный размер редуктора не более 50 мм</li> </ul>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Литературный обзор</li> <li>• Конструкторские расчеты в соответствии с кинематической схемой</li> <li>• Проектирование привода установки согласно ТЗ</li> <li>• Подготовка графического материала и пояснительной записки</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Трёхмерная модель установки</li> <li>• Сборочный чертёж и спецификация для редуктора привода</li> <li>• Сборочный чертёж и спецификация для привода установки</li> </ul>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Маланина Вероника Анатольевна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>

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

**Задание выдал руководитель:**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент (ОМ, ИШНПТ)</p>	<p>Крауиньш Д. П.</p>	<p>К. т. н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>4А7В</p>	<p>Власова Анастасия Константиновна</p>		

## Оглавление

Реферат .....	8
1. Введение .....	10
2. Литературный обзор .....	11
2.1 Причины нарушения работы опорно-двигательного аппарата.....	11
2.2 Краткая история данной тематики .....	12
2.3 Параподиум.....	15
2.4 Имитаторы ходьбы.....	17
2.4 Фирмы, занимающиеся производством вертикализаторов .....	18
3. Конструкторская часть .....	26
4. Технологическая часть .....	44
4.1 Техническое задание.....	45
4.2 Введение по разделу .....	45
4.3 Анализ технологичности конструкции детали .....	45
4.4 Выбор вида и способа получения заготовки.....	46
4.5 Составление технологического маршрута обработки детали .....	47
3.6 Расчет необходимых припусков на механическую обработку .....	52
4.7 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания.....	55
4.8 Заключение по технологической части .....	63
5. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований .....	65
5.1 Введение.....	65
5.2. Потенциальные потребители результатов исследования .....	66
5.3. SWAT-анализ.....	66
5.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	71

5.5 Структура работ в рамках научного исследования .....	72
5.6 Определение трудоемкости выполнения работ .....	73
5.7 Разработка графика проведения научного исследования .....	74
5.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	75
5.9 Основная заработная плата исполнителей темы .....	76
5.10 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	77
5.11 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	78
5.12 Расчет материальных затрат .....	78
5.13 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .....	79
5.14 Формирование бюджета затрат научно- исследовательского проекта ....	80
5.15 Определение ресурсной эффективности исследования .....	80
5.16 Выводы по разделу.....	81
6. Социальная ответственность .....	84
6.1 Введение по разделу .....	84
6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	84
6.3 Производственная безопасность.....	87
6.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	88
6.5 Экологическая безопасность.....	92
6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	92
6.7 Вывод по разделу .....	93
6. Заключение .....	94
7. Список литературы .....	95

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит пояснительную записку, состоящую из 98 листов, и графической части. В пояснительную записку включены 5 разделов: введение, обзор литературы, конструкторская часть, технологическая часть, финансовый менеджмент, социальная ответственность и заключение. В пояснительной записке присутствуют 38 рисунков и 18 таблиц.

Предметом работы является вертикализаторный тренажер, как реабилитационное устройство.

Цель работы: автоматизация ортезной системы вертикализаторного тренажера, которая заключается во внедрении в конструкцию приводов, отвечающих за движения ног.

Добавление приводов, отвечающих за движение ног, в вертикализаторный тренажёр позволит совместить пассивную и активную реабилитацию больного. Большинство моделей вертикализаторов, представленных на рынке, не имеют электроприводов. Работа на таких тренажёрах возможна только для людей, чьи верхние конечности работают и с помощью тренажёров могут приводить в движение ноги. В тех тренажёрах, в которых присутствуют электроприводы, они направлены на подъём пациента в вертикальное положение, а не на помощь в движении ног.

Основные задачи работы:

1. Рассмотреть стандартные конструкции и предложения рынка современных медицинских вертикализаторных тренажёров: функционал, особенности движения составных частей конструкции, выявить достоинства и недостатки;
2. Рассмотреть модели двигателей и редукторов, подходящих для создания из них привода для реабилитационного тренажёра;
3. Создать 3D модель привода для тренажёра;
4. Провести модернизацию существующей 3D модели тренажёра, разработать необходимую конструкторскую документацию;



5. Разработать технологический процесс изготовления детали для мелкосерийного производства;
6. Обеспечить экономическую целесообразность изделия;
7. Обеспечить безопасность человека при использовании изделия.

Ключевые слова: реабилитация, вертикализация, вертикализатор, вертикализаторный тренажёр, привод, редуктор.

## 1. Введение

Опорно-двигательный аппарат – функциональная система человеческого организма, которая является опорой всего тела, кроме того только благодаря этому комплексу человек способен совершать движения и передвигаться. К сожалению, на сегодняшний день нарушения работы опорно-двигательного аппарата не являются редкостью. Встречаются случаи различной тяжести, которые требуют определённого лечения. Было доказано, что при реабилитации пациентов с болезнями опорно-двигательного аппарата необходима вертикализация.

Очень важно начать вертикализировать пациента, как только его состояние после травмы или болезни будет оцениваться как стабильное, постепенно увеличивая время пребывания в вертикальном положении. Безусловно, лучше совмещать вертикализацию и тренировки.

Большинство моделей вертикализаторных тренажёров, представленных на рынке, не имеют электроприводов. Работа на таких тренажёрах возможна только для людей, чьи верхние конечности работают и с помощью тренажёров могут приводить в движение ноги. В тех тренажёрах, в которых присутствуют электроприводы, они направлены на подъём пациента в вертикальное положение, а не на помощь в движении ног. Добавление приводов, отвечающих за движение ног, в вертикализаторный тренажёр позволит совместить пассивную и активную реабилитацию больного.

## 2. Литературный обзор

### 2.1 Причины нарушения работы опорно-двигательного аппарата.

Можно достаточно долго перечислять все заболевания, сопровождающиеся нарушением работы опорно-двигательного аппарата, поэтому разделим их на несколько групп по особенностям развития:

- воспалительного характера (причиной становится инфекция или травма, которая спровоцировала воспаление);
- дегенеративного характера (происходят нарушения структуры и функциональности отдельных структур и тканей организма);
- разного рода деформации: сколиоз, кифоз, плоскостопие.

Рассмотрим причины, способные спровоцировать появление нарушений в работе опорно-двигательного аппарата:

- Инфекции. Они провоцируют развитие воспалительных процессов в суставах и мышцах;
- Травмы;
- Врожденные патологии. Ребенок с рождения имеет определенные нарушения, спровоцированные генетическими факторами или проблемами с развитием, когда он находился еще на стадии эмбриона;
- Детский церебральный паралич (ДЦП). Самое распространенное заболевание нервной системы (врождённое или приобретённое непосредственно после рождения) в группе нарушений опорно-двигательного аппарата. Своевременное начало использования вертикализатора для детей с ДЦП является профилактикой остеопороза (заболевание скелета с изменением структуры костей: снижением массы, уменьшением прочности и повышением хрупкости), нарушения работы внутренних органов и систем.
- Нарушение обмена веществ. Зачастую этот фактор становится причиной дегенеративных изменений;
- Нарушение работы иммунной системы. Также может вызывать заболевания опорно-двигательного аппарата;

- Осложнения после хирургического вмешательства;
- Чрезмерные физические нагрузки без обеспечения необходимого времени на восстановление и отдых;
- Инсульт и инфаркт. Представляют собой нарушение кровообращения, приводящее к стойкому поражению структур организма, включая головной мозг. Недостаточное кровоснабжение отдельных участков мозга вызывает нарушения в областях нервной системы, ответственных за движение, что проявляется, в том числе, в функциональных двигательных расстройствах конечностей

\*в данном перечне приведены лишь самые распространенные случаи, при которых аппарат эффективен. Ценность вертикализаторов не ограничивается приведенным списком. Данное средство реабилитации можно использовать практически во всех случаях, в том числе, при редких заболеваниях.

## **2.2 Краткая история данной тематики**

В результате многочисленных исследований, которые проводятся по всему миру с середины прошлого века, было доказано положительное влияние терапии «пассивного стояния» на пациентов, прикованных к постели и инвалидному креслу вследствие травмы, инсульта, неврологических повреждений, ДЦП. Длительное пребывание только в положении лежа и сидя приводит к нежелательным физическим, физиологическим и психологическим изменениям в организме, таким как пролежни, контрактуры, остеопороз, почечная и легочная недостаточность, депрессия.

В частности, в ходе одного из самых авторитетных и общепризнанных исследований вопроса вертикализации, проведенного в 1966 году группой ученых во главе с Б. Иззекацом было доказано, что ежедневное пассивное стояние в течение 3 часов останавливает повышенную экскрецию (выделение) кальция, типичную для иммобилизованных пациентов. Таким образом, предотвращается изменение костного скелета. В настоящее время в западных клиниках стараются регулярно вертикализировать даже пациентов, находящиеся в коме. Очень важно начать вертикализировать пациента, как только его

состояние после травмы или болезни будет оцениваться как стабильное, постепенно увеличивая время пребывания в вертикальном положении. Безусловно, подобная практика была бы невозможна без специальных приспособлений, позволяющих даже человеку с параличом нижних конечностей принимать вертикальное положение.

В сфере реабилитационной техники направление вертикализации относительно молодое и активно развивающееся. Первые разработки в данной области появились в 1970х годах. В частности, специалисты швейцарской компании LEVO разработали в 1975 году первое в мире инвалидное кресло с вертикализатором. В 1976 году новое изобретение пошло в серийное производство и было представлено на международном рынке как модель «F7» — кресло с механическим приводом и электрическим вертикализирующим устройством.

Новинка стала настоящим прорывом и сразу же вывела компанию LEVO в лидеры в области оборудования для пассивного стояния. Уже в 1989 году электрический вертикализатор был поставлен на кресло с электроприводом (рис.1), в результате чего даже пациенты с тяжелыми формами нарушений функций опорно-двигательного аппарата (которые до этого момента могли лишь управлять джойстиком электрического кресла) получили возможность вновь регулярно принимать вертикальное положение.



Рисунок 1 - Современная Электрическая инвалидная коляска производства LEVO

Вертикализатор для детей с ДЦП (рис.2).

Параллельно развивались и другие направления вертикализации. В частности, Ларри Малхолланд в 1977 году запатентовал первый вертикализатор для детей с ДЦП, адаптированный для применения в домашних условиях. Вертикализатор представлял собой прямоугольную металлическую базу на колесах, оснащенную вертикальной стойкой с подножкой, фиксаторами коленей, бедер и груди. Стойка располагалась под небольшим углом и была снабжена съемным столиком.

Применение вертикализаторов является обязательным, если ребенок не состоянии самостоятельно стоять, отчего проводит все время сидя или лежа. Игнорирование данных устройств в процессе реабилитации может приводить к серьезным проблемам со здоровьем.



Рисунок 2- Детские вертикализаторы

Параподиум (рис.3).

В 1987 году Джеймс Мич и Джексон Тийо запатентовали устройство под названием «параподиум», которое позволяло пациентам с параличом нижних конечностей и страдающих ДЦП принимать вертикальное положение. Первый параподиум представлял собой довольно громоздкую конструкцию, состоящую из прочной рамы на двух ножках с креплениями для стоп, подколенными фиксаторами и деревянными боковинами от уровня бедер до грудной клетки. Кроме того, рама обладала возможностью трансформации в опору для сидения.



Рисунок 3 - Пример современного параподиума

### 2.3 Параподиум

Реабилитация после неврологических заболеваний и травм, приводящих к ограничению двигательной активности – тяжелый и длительный процесс. Одним из важнейших условий скорейшего восстановления пациента является вертикализация тела. Для этого в реабилитационных мероприятиях активно применяется параподиум (рис. 4), помогающий принимать больному естественное вертикальное положение тела и выполнять гимнастические упражнения.

Параподиумы – это опоры для нижних конечностей и туловища, обеспечивающие вертикализацию и передвижение лиц с ограниченными физическими возможностями, и необходимы для активной реабилитации и передвижения без дополнительной помощи.

Параподиумы подразделяются на следующие виды:

- Статический – данный вертикализатор применяется для пациентов, чьи нижние или верхние конечности утратили активность. Пациент в таком устройстве не имеет возможности передвигаться самостоятельно, но может выполнять упражнения для восстановления активности рук, обучаться простым навыкам самообслуживания.



Рисунок 4 - Статический параподиум

- Динамический (рис. 5) – подходит для активной реабилитации пациентов, чьи руки сохранили частичную подвижность. В параподиуме этого вида можно самостоятельно передвигаться без помощи других вспомогательных средств, балансируя собственным телом. Это позволяет интенсивно тренировать ноги. Пациент может находиться в вертикальном положении в течение длительного времени, упражняться, заниматься несложными повседневными делами.



Рисунок 5 - Динамический параподиум



- Мобильный параподиум очень похож на динамический – в нем также можно самостоятельно передвигаться в любом направлении. Отличие заключается в конструкции устройства, из которого исключены ползья и фиксаторы коленей. Благодаря этому пациент, чьи нижние конечности не полностью утратили функциональность, может сводить вместе колени, опираться на ноги всем весом. Данный аппарат безопасен, как и все остальные – реабилитируемый надежно зафиксирован в устройстве, защищенном от опрокидывания.

Более продвинутые конструкции оснащены пневматическими или электрическими приводами. Эти модификации позволяют самостоятельно изменить положение тела из сидячего в вертикальное, благодаря чему можно тренироваться без посторонней помощи.

Медицинское устройство имеет противопоказания к применению:

- сильная умственная отсталость;
- состояние транзиторной ишемической недостаточности, являющееся предвестником инсульта;
- предынфарктное состояние;
- остеопороз на поздней стадии,
- характеризующийся деформацией нижних конечностей;
- риск перелома или смещения костей.

## **2.4 Имитаторы ходьбы**

Это универсальное многофункциональное устройство (рис. 6), предназначено для восстановления полного объема движений ног, особенно для больных, находящихся долгое время без движения. В работе на таком тренажере, активно участвуют ноги и руки человека. Он позволяет в вертикальном положении, полноценно воспроизводить движения ходьбы, и показан больным параличами и порезами нижних конечностей, с травмами нарушениями работы головы и спинного мозга, ДЦП, неврологическими проблемами.



Рисунок 6 - Примеры имитаторов ходьбы

Тренажер для активно-пассивной механотерапии служит для выполнения комплексных реабилитационных упражнений в вертикальной позиции и предназначен для отделений медицинской реабилитации, а также для использования в физкультурно-оздоровительных комплексах. Имитатором ходьбы можно пользоваться и в домашних условиях, что немаловажно для пациентов.

#### **2.4 Фирмы, занимающиеся производством вертикализаторов**

1. EasyStand принадлежит американской компании Altimate Medical, которая уже более 20 лет производит приспособления для пассивного стояния - вертикализаторы. Компания была основана в 1987 году и вышла на рынок как производитель инвалидных колясок. Год спустя ассортимент компании пополнился душевыми стульями и креслами-туалетами. В этом же году основатель фирмы, прикованный к инвалидному креслу, изобрел первый вертикализатор серии EasyStand.

В 1991 руководство компании приняло решение сфокусировать внимание на вертикализаторах. Сегодня серия EasyStand считается самой прогрессивной на рынке специального оборудования для стояния.

Рассмотрим пример вертикализатора этой компании «Тренажер-вертикализатор Easy Stand Glider» (рис. 7).



Рисунок 7 - Тренажер-вертикализатор Easy Stand Glider

Тренажёр настраивается под разный рост пользователя и различные программы реабилитации. Есть возможность регулировки нагрузки на руки (10 степеней нагрузки), так же возможно два положения ручек, что позволяет пользователю выбрать удобный захват. Электропривод позволяет совершить лёгкое поднятие пациента в вертикальное положение.

Данный тренажер-вертикализатор представлен в двух размерах: детский и взрослый. Средняя цена на рынке 421 900 руб. Рассмотрим некоторые его технические характеристики (табл.1).

Таблица 1 – технические характеристики Easy Stand Glider

<i>Технические характеристики</i>	<i>Детский размер</i>	<i>Взрослый размер</i>
Рост пользователя	122-168 см	152 - 188 см
Грузоподъемность	90 кг	130 кг
Длина шага	52 см	52 см
Вес тренажёра	79 кг	79 кг

2. Hercules. Российский завод «ГЕРКУЛЕС» специализируется на производстве спортивного оборудования, в том числе и реабилитационное оборудование для больных ДЦП, после инсульта, после травм и операций на нижние и верхние конечности, а также оборудование для людей пожилого возраста, инвалидов-колясочников.

Рассмотрим один из представленных тренажёров: «Шагательный тренажер типа Имитрон» (рис. 8). Принцип действия: пациент приводит в синхронное движение элементы конструкции тренажера, которые отвечают за движение ног, за счёт движения рук. Если руки пациента тоже неподвижны или малоподвижны, механизм может приводиться в движение медперсоналом или любым сопровождающим лицом. Электроприводы отсутствуют.



Рисунок 8 - Шагательный тренажер типа Имитрон

Средняя стоимость такого тренажёра на рынке составляет 149 100 руб. Тренажер выпускается в двух габаритных модификациях: детский (4-12 лет) и взрослый. Детский вариант может быть дополнительно оснащен регулировкой высоты стоп. Рассмотрим некоторые его технические характеристики (табл.2).

Таблица 2 – технические характеристики шагательного тренажера типа Имитрон

<i>Технические характеристики</i>	<i>Детский размер</i>	<i>Взрослый размер</i>
Габариты	104x65x110 см	120x80x138 см
Вес конструкции	57	60

Возможно исполнение универсального тренажера, предусматривающего регулировку как для детей, так и для взрослых. Рассмотрим некоторые характеристики данного устройства.

Основной материал: сталь - профильная прямоугольная труба 30x30мм, 40x40мм, 60x40мм; круглая стальная труба 42мм; стальной лист 3, 4, 5мм; алюминиевый рифленый лист 5 мм; нержавеющая сталь - труба 25x25мм.

3. Аасурат. Немецкая компания Аасурат GmbH производит широкий ассортимент подъемников для людей с ограниченными двигательными возможностями. Устройства характеризуются разным исполнением и назначением. Устанавливаются стационарно или передвигаются на колесах.

Рассмотрим один из примеров подъёмника-вертикализатора этой фирмы: «Медицинский реабилитационный электрический подъемник (вертикализатор) Аасурат Standing Up 5310» (рис. 9,10).



Рисунок 9 - Медицинский реабилитационный электрический подъемник (вертикализатор) Аасурат Standing Up 5310

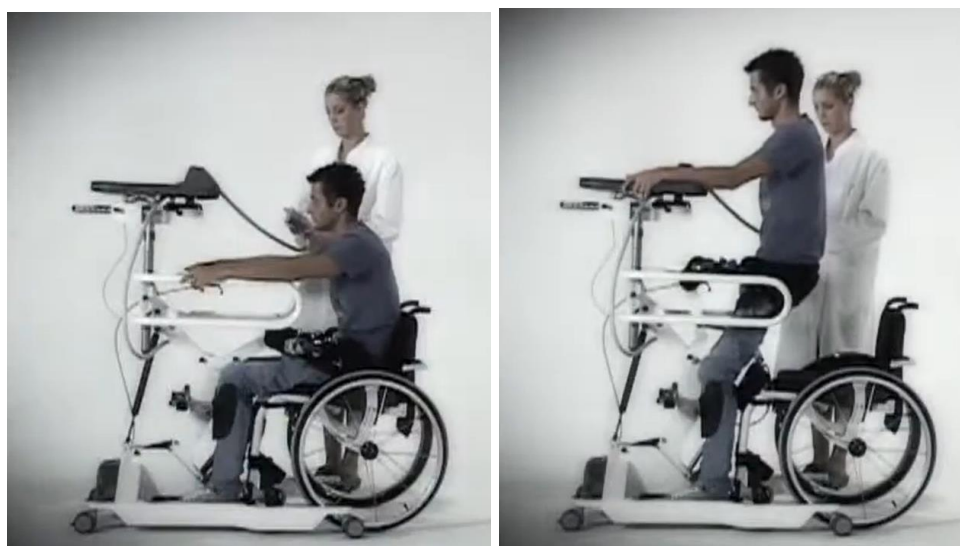


Рисунок 10 - Aacurat Standing Up 5310

С помощью данного подъемника больной может вставать, переходя в вертикальное положение прямо из кресла-каталки. Подъем осуществляется автоматически, пультом дистанционного управления, который можно крепить на любую металлическую поверхность с помощью магнита. Подъемник оснащен высококачественным приводом LINAK.

Данная модель полностью автономная, работает от стационарного аккумулятора, емкости которого хватает на 30 подъемов (имеет два мощных аккумулятора). Средняя цена на рынке 340 800 руб. Рассмотрим некоторые его технические характеристики (табл.3).

Таблица 3 – технические характеристики Aacurat Standing Up 5310

<i>Технические характеристики</i>	
Максимально допустимый рост пациента	2 м
Минимальный допустимый рост пациента	1,4 м
Предельный вес пациента	140 кг
Вес устройства	64 кг

4. Носома (Хокома) — это медицинская инжиниринговая компания, разрабатывающая инновационное оборудование для реабилитации. Была основана в 1996 году в Швейцарии. Сегодня в модельном ряду производителя – целый ряд инновационных разработок для реабилитации верхних и нижних конечностей, роботизированных комплексов для восстановления функций опорно-двигательного аппарата и другие разработки.

Рассмотрим один из продуктов данной компании: «ErigoPro» – инновационный стол–вертикализатор со встроенным роботизированным ортопедическим устройством (рис. 11). Данная установка позволяет вертикализировать прикованных к постели пациентов для ускорения процесса восстановления и снижения риска вторичных осложнений.



Рисунок 11 - Стол–вертикализатор «ErigoPro»

Стол подходит для пассивной реабилитации пациента, так как вертикализация больного и движения ног происходят за счёт электроприводов (рис. 12, 13).



Рисунок 12 - Стол–вертикализатор «ErigoPro» в вертикальном положении в процессе пассивных динамических движений нижних конечностей



Рисунок 13 - Приближенное изображение стола-вертикализатора.

Цена на данный вертикализатор составляем несколько миллионов рублей (5-10) и предоставляется по официальному запросу. Рассмотрим его некоторые технические характеристики (табл.4).

Таблица 4 – технические характеристики ErigoPro

<i>Технические характеристики</i>	
Вертикализация пациента	от 0 до 90°
Рост пациента	от 140 до 210 см.
Максимальный вес пациента	135 кг
Пассивное динамических движений нижних конечностей	от 0 до 80 шагов в минуту
Вес стола	305 кг
Электричество	220В, 500 Вт
Габариты стола	260x79x270(макс) см

5. Техномед. Российская компания, имеющая собственный производственный цех и реабилитационный центр в Томске. В центре реабилитации помогают подобрать индивидуально реабилитационные средства и проводят. На собственном производстве компании изготавливаются технические средства на основе индивидуальных размеров каждого пациента.

Рассмотрим один из представленных реабилитационных устройств: «Ортезная система ШР-2» (рис.14).





Рисунок 14 - Ортезная система ШР-2

Система состоит из ортезов: аппарат на нижние конечности и туловище (или аппарат на всю ногу, аппарат на тазобедренный сустав), опора для стояния, тьютора.

Функции вертикализатора: вертикализация, имитация ходьбы, отведение ног в стороны (независимо друг от друга и совместно), сгибание колена, как дополнительная функция: наклон туловищем вперед.

Ограничений по росту и весу нет, так как изготовление происходит по индивидуальным параметрам пациента. Цена также рассчитывается индивидуально, в зависимости от габаритов и области, где находится пациент. Средняя цена для Томска составляет 200 000 руб.

### 3. Конструкторская часть

Необходимо выбрать и установить приводы для уже существующей модели вертикализатора (рис. 15). Добавление приводов позволит совершать пассивные тренировки, если пациент полностью утратил способность движения нижними конечностями, или пассивно-активные (приводы будут помогать в движении ног). Приводы будут добавлены в область тазобедренного шарнира, коленного и голеностопного.

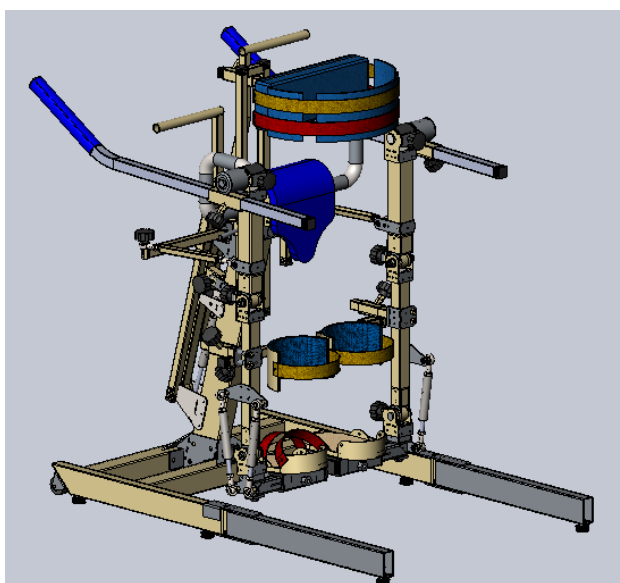


Рисунок 15 – Существующая модель вертикализаторного тренажёра.

В данном тренажёре есть режим шагохода, режим ползания, режим разведения ног в стороны, сгибания ноги в колене, движение стопы

В качестве двигателя выбирается маломощный двигатель напряжением 12...27В. Это условие необходимо для безопасности пациента, так как двигатели будут работать от аккумуляторов и именно двигатели с такими параметрами имеют безопасное напряжение питания.

Для определения необходимой мощности привода найдем нагрузку на привод. Было принято решение рассмотреть режим шагохода, так как предположительно именно в этом режиме будут самые большие нагрузки.

На рисунке 16 представлена расчётная схема. Предположим, что для приведения в движения ноги необходимо приложить силу  $F = 1\text{ кг} = 9,8\text{ Н}$ . Было принято решение принять вес пациента за 50 кг, следовательно, на

рассматриваемую часть тренажёра при равномерном распределении веса будет приходиться нагрузка  $G = 25 \text{ кг} = 245 \text{ Н}$ . Обычный угол отклонения ноги от вертикали при ходьбе равен  $30^\circ$ , что представлено на схеме с положениях 1 и 3. Параметры  $a$  и  $b$  равны  $0,28 \text{ м}$  и  $0,39 \text{ м}$  соответственно. Вес части конструкции было решено не учитывать, так как он является сравнительно небольшим по отношению к массе пациента.

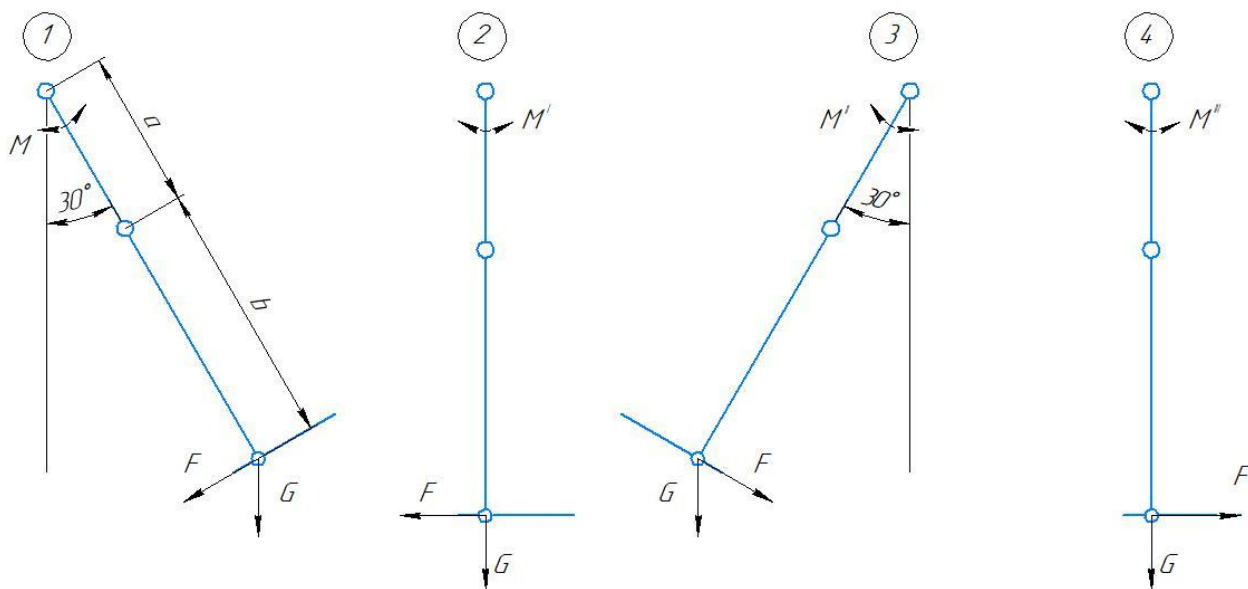


Рисунок 16 – Расчётная схема

Позиция 1

$$\begin{aligned}
 M &= -F \cdot (a + b) - G \cdot (a + b) \cdot \sin 30^\circ = \\
 &= -9,8\text{Н} \cdot (0,28 + 0,39)\text{м} - 245\text{Н} \cdot (0,28 + 0,39)\text{м} \cdot 0,5 = \\
 &= -88,6 \text{ Н} \cdot \text{м}
 \end{aligned}$$

Позиция 2

$$M' = -F \cdot (a + b) = -9,8\text{Н} \cdot (0,28 + 0,39)\text{м} = -6,56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Позиция 3

$$\begin{aligned}
 M'' &= F \cdot (a + b) + G \cdot (a + b) \cdot \sin 30^\circ = \\
 &= 9,8\text{Н} \cdot (0,28 + 0,39)\text{м} + 245\text{Н} \cdot (0,28 + 0,39)\text{м} \cdot 0,5 = 88,6 \text{ Н} \cdot \text{м}
 \end{aligned}$$

Позиция 2

$$M''' = F \cdot (a + b) = 9,8\text{Н} \cdot (0,28 + 0,39)\text{м} = 6,56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Будем считать максимальный момент за необходимый крутящий момент

$M_{\text{необ}} = 88,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Для получения номинального крутящего момента редуктора

необходимый момент нужно умножить на эксплуатационный коэффициент, который примем равным  $S_f = 1,25$ .

$$M_p = 88,6 \text{ Н}\cdot\text{м} \cdot 1,25 = 110,8 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Согласно ТЗ был выбран двигатель ДПМ-35-Н2-04 с параметрами: частота вращения  $n = 6000$  об/мин, номинальная мощность  $P = 0,012$  кВт.

Крутящий момент на валу двигателя:

$$M_d = 9550 \cdot \frac{P}{n} = 9550 \cdot \frac{0,012 \text{ кВт}}{6000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}} = 0,02 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

По отношению рассчитанных моментов определим передаточное число редуктора  $U$  без учёта его КПД, т.к ещё не выбран тип редуктора и количество ступеней.

$$U = \frac{M_p}{M_d} = \frac{110,8 \text{ Н}\cdot\text{м}}{0,02 \text{ Н}\cdot\text{м}} = 5540$$

Расчёты будут производиться для трёхступенчатого планетарного редуктора.

Разобьём передаточное число на 4 ступени (рис 17):

$$U = 9^4 = 6561$$

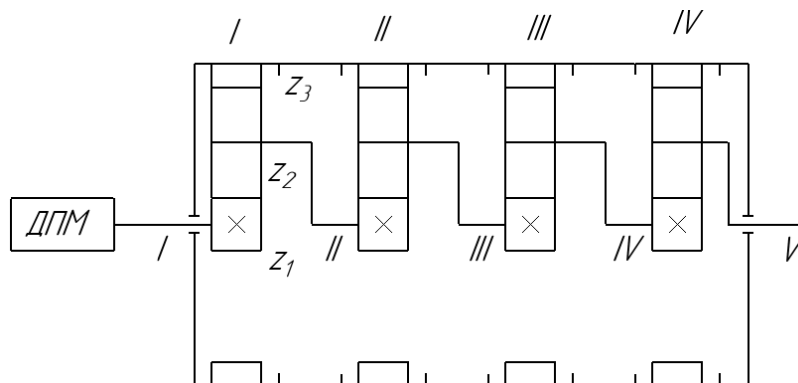


Рисунок 17 - Кинематическая схема

Уравнение для определения числа зубьев редуктора

$$Z_1:Z_2:Z_3:Z_4:\gamma = 1 : (i_{IH}^{(3)} - 2)/2 : (i_{IH}^{(3)} - 1) : i_{IH}^{(3)} / n_w,$$

где -  $Z_1$  число зубьев солнечной шестерни;

$Z_2$ -число зубьев сателлитов;

$Z_3$ - число зубьев центрального колеса с внутренними зубьями;

$n_w$  -число сателлитов;

$\gamma$  -целое число.

Принимаем число сателлитов  $n_w = 3$ .

$i_{1H}^{(3)}$  - передаточное отношение одной ступени редуктора (запись  $i_{1H}^{(3)}$  означает передаточное отношение между звеньями 1 (центральным колесом с наружными зубьями) и H (водилом) в движении относительно колеса 3 (центральным колесом с наружными зубьями), которое неподвижно) Передаточное отношение имеет знак плюс, если направления вращения связываемых им звеньев совпадают.

При  $i_{1H}^{(3)} = 9$  уравнение для определения числа зубьев редуктора будет выглядеть

$$Z_1:Z_2:Z_3:Z_4: \gamma = 1 : 7/2 : 8 : 9/3.$$

Числа зубьев колес выражаем через  $Z_1$  – число зубьев центрального колеса:

$$Z_3 = (i_{1H}^{(3)} - 1) Z_1 = (9-1) Z_1 = 8 Z_1;$$

$$Z_2 = (i_{1H}^{(3)} / 2 - 1) Z_1 = (9/2 - 1) Z_1 = 3,5 Z_1;$$

$$\gamma = (i_{1H}^{(3)} / n_w) Z_1 = 9/3 Z_1 = 3 Z_1.$$

Подбором (учитывая при этом, что должно соблюдаться неравенство  $Z_1 \geq 17$ ) находим, что  $Z_1$ ,  $Z_4$  и  $\gamma$  будут целыми числами при

$$Z_1 = 18; Z_2 = 63; Z_3 = 144.$$

Сделаем проверку. При проектировании планетарных передач следует соблюдать три условия собираемости:

1. Условие соосности валов центральных колес

$$Z_3 = Z_1 + 2 \cdot Z_2 = 18 + 2 \cdot 63 = 144, \text{ условие соблюдается}$$

2. Вхождение зубьев в зацепление при равных углах расположения сателлитов. Для этого сумма чисел зубьев колес 3 (корончатого) и 1 (солнечного) должна быть кратна числу сателлитов:

$$Z_3 + Z_1/n_w = \gamma$$

$$144 + 18/2 = 153, \text{ целое число, условие выполняется}$$

3. Условие соседства.

$$z_2 + 2 < (z_1 + z_2) \sin \pi / n_w$$

$$63 + 2 < (18 + 63) \cdot \frac{\sin 180^\circ}{3}$$

$$65 < 70,2$$

Фактическое передаточное число редуктора при принятых числах зубьев

$$U = 1 + \frac{Z_3}{Z_1} = 1 + \frac{144}{18} = 9$$

Выберем из стандартного ряда модуль зацепления  $m = 0,2$ . Рассчитаем Расстояние между осью солнечного колеса 1 и осью сателлита 2:

$$A_w = \frac{m \cdot (Z_1 + Z_2)}{2} = \frac{0,2 \cdot (18 + 63)}{2} = 8,1$$

Найдем мощности на валах привода ( $\mu = 0,95$  – КПД планетарной передачи):

$$P_1 = P_{\text{эл.дв.}} = 0,0120 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \mu = 0,0120 \cdot 0,95 = 0,0114 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \mu = 0,0114 \cdot 0,95 = 0,0108 \text{ кВт};$$

$$P_4 = P_3 \cdot \mu = 0,0108 \cdot 0,95 = 0,0103 \text{ кВт};$$

$$P_5 = P_4 \cdot \mu = 0,0103 \cdot 0,95 = 0,0098 \text{ кВт}.$$

Найдем частоты вращения валов:

$$n_1 = n_{\text{эл.дв.}} = 6000,00 \text{ об/мин};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{U} = \frac{6000}{9} = 666,66 \text{ об/мин};$$

$$n_3 = \frac{n_2}{U} = \frac{666,66}{9} = 74,07 \text{ об/мин};$$

$$n_4 = \frac{n_3}{U} = \frac{74,07}{9} = 8,23 \text{ об/мин};$$

$$n_5 = \frac{n_4}{U} = \frac{8,23}{9} = 0,91 \text{ об/мин.}$$

Найдем угловые скорости валов:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 6000,00}{30} = 628,32 \text{ рад/с};$$

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 666,66}{30} = 69,78 \text{ рад/с};$$

$$\omega_3 = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 74,07}{30} = 7,75 \text{ рад/с};$$

$$\omega_4 = \frac{\pi \cdot n_4}{30} = \frac{3,14 \cdot 8,23}{30} = 0,86 \text{ рад/с};$$

$$\omega_5 = \frac{\pi \cdot n_4}{30} = \frac{3,14 \cdot 0,91}{30} = 0,10 \text{ рад/с.}$$

Найдем крутящие моменты на валах:

$$M_1 = 1000 \frac{P_1}{\omega_1} = 1000 \frac{0,0120}{628,32} = 0,02 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = 1000 \frac{P_2}{\omega_2} = 1000 \frac{0,0114}{69,78} = 0,16 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = 1000 \frac{P_3}{\omega_3} = 1000 \frac{0,0108}{7,75} = 1,39 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = 1000 \frac{P_4}{\omega_4} = 1000 \frac{0,0103}{0,86} = 11,98 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_5 = 1000 \frac{P_5}{\omega_5} = 1000 \frac{0,0098}{0,10} = 98 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Расчёт первой и второй ступени:

Примем модуль зацепления  $m = 0,2 \text{ мм}$ .

Тогда делительный диаметр солнечной шестерни:

$$d_1 = mz_1 = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ мм} = 0,0036 \text{ м.}$$

Сила, действующая на зуб:

$$F = \frac{M_2}{d_1} = \frac{0,16 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,0036 \text{ м}} = 44,44 \text{ Н.}$$

Делительный диаметр коронной шестерни:

$$d_3 = mz_3 = 0,2 \cdot 144 = 28,8 \text{ мм} = 0,0288 \text{ м.}$$

Сила, действующая на зуб:

$$F = \frac{M_3}{d_1} = \frac{1,39 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,0288 \text{ м}} = 48,26 \text{ Н.}$$

Выбираем наибольшее значение  $F = 48,26 \text{ Н.}$

Длина дуги делительного диаметра одного зуба:

$$s_t = \frac{\pi m}{2} = \frac{3,14 \cdot 0,2}{2} = 0,314 \text{ мм.}$$

Примем ширину венца зубчатого колеса  $b = 10 \text{ мм.}$

Найдем допускаемое напряжение при срезе:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F/N_c}{s_t \cdot b} = \frac{48,26/3}{0,314 \cdot 10} = 5,12 \text{ МПа.}$$

Назначим материал колес сталь 25, нормализованная ( $[\tau_{\text{ср}}] = 65 \text{ МПа.}$ )

Расчёт третьей ступени:

Примем модуль зацепления  $m = 0,2 \text{ мм.}$

Тогда делительный диаметр солнечной шестерни:

$$d_1 = mz_1 = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ мм} = 0,0036 \text{ м.}$$

Сила, действующая на зуб:

$$F = \frac{M_3}{d_1} = \frac{1,39 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,0036 \text{ м}} = 386,11 \text{ Н.}$$

Делительный диаметр коронной шестерни:

$$d_3 = mz_3 = 0,2 \cdot 144 = 28,8 \text{ мм} = 0,0288 \text{ м.}$$

Сила, действующая на зуб:

$$F = \frac{M_4}{d_1} = \frac{11,98 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,0288 \text{ м}} = 416 \text{ Н.}$$

Длина дуги делительного диаметра одного зуба:



$$s_t = \frac{\pi m}{2} = \frac{3,14 \cdot 0,2}{2} = 0,314 \text{ мм.}$$

Примем ширину венца зубчатого колеса  $b = 10$  мм.

Найдем допускаемое напряжение при срезе:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F/n_w}{s_t \cdot b} = \frac{416/3}{0,314 \cdot 10} = 44,2 \text{ МПа.}$$

Назначим материал колес сталь 25, нормализованная ( $[\tau_{\text{ср}}] = 65$  МПа).

Расчёт четвёртой ступени:

Примем модуль зацепления  $m = 0,2$  мм.

Тогда делительный диаметр солнечной шестерни:

$$d_1 = mz_1 = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ мм} = 0,0036 \text{ м.}$$

Сила, действующая на зуб:

$$F = \frac{M_4}{d_1} = \frac{11,98 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,0036 \text{ м}} = 3327,78 \text{ Н.}$$

Делительный диаметр коронной шестерни:

$$d_3 = mz_3 = 0,2 \cdot 144 = 28,8 \text{ мм} = 0,0288 \text{ м.}$$

Сила, действующая на зуб:

$$F = \frac{M_5}{d_1} = \frac{98 \text{ Н} \cdot \text{м}}{0,0288 \text{ м}} = 3402,78 \text{ Н.}$$

Выбираем наибольшее значение  $F = 3402,78$  Н.

Длина дуги делительного диаметра одного зуба:

$$s_t = \frac{\pi m}{2} = \frac{3,14 \cdot 0,2}{2} = 0,314 \text{ мм.}$$

Примем ширину венца зубчатого колеса  $b = 20$  мм.

Найдем допускаемое напряжение при срезе:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F/n_w}{s_t \cdot b} = \frac{3402,78/3}{0,314 \cdot 20} = 180,6 \text{ МПа.}$$

Назначим материал колес сталь 50Х, закаленная в масле ( $[\tau_{\text{ср}}] = 220$  МПа).

Ширину  $b_2$  венца сателлита принимают на 2...4 мм больше значения  $b_3$ ; ширина центральной шестерни  $b_1 = 1,1b_2$ .

Составим таблицу для всех ступеней (табл.5).

Таблица 5 – таблица ширины зубчатых колёс

Ступень	Материал	$b_1$ , мм	$b_2$ , мм	$b_3$ , мм
1	сталь 25, нормализованная	11	10	8
2	сталь 25, нормализованная	11	10	8
3	сталь 25, нормализованная	11	10	8
4	50X, закаленная в масле	22	20	17

Исходя из прошлых пунктов в программном продукте KISSsoft был выполнен геометрический расчет планетарного механизма (рис. 18). Он был импортирован в CAD-систему SOLIDWORKS

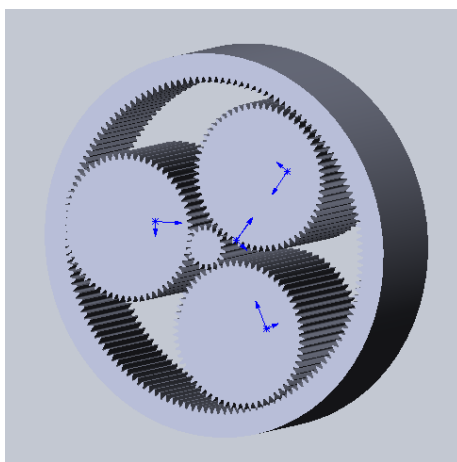


Рисунок 18 – планетарная ступень, смоделированная в программе KISSsoft

#### Расчет осей сателлитов

В относительном движении ось сателлита нагружена постоянной силой  $P_{H2}$ .

При симметричном расположении сателлита относительно водила эта сила действует в середине пролета оси. Принимая зазор между солнечным колесом и водилом  $\Delta_2 = 0,5$  мм, находим длину пролета:

$$l_0 = b_1 + 2\Delta_2 = 11 + 2 \cdot 0,5 = 12 \text{ мм (для ступеней 1-3)}$$

$$l_0 = b_1 + 2\Delta_2 = 22 + 2 \cdot 0,5 = 23 \text{ мм (для ступени 4)}$$

При скользящей посадке в водиле ось можно рассчитывать, как балку на двух опорах с пролетом  $l = l_0$ . При малой длине оси оба подшипника станут почти

вплотную, и можно считать, что ось будет нагружена по всему пролету равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью  $q = P_0/l_0$ , (рис. 19).

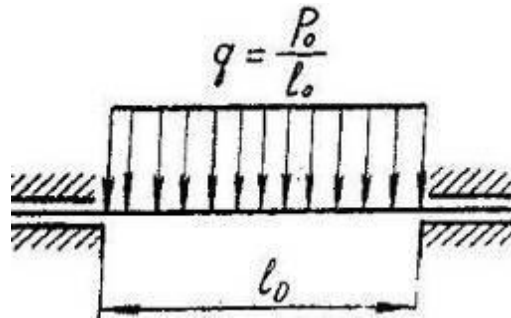


Рисунок 19 - Схема нагружения оси сателлита

Изгибающий момент в опасном сечении (в середине пролета)

$$T_i = \frac{P_i \cdot l_0}{8} = \frac{4 \cdot M_i \cdot l_0}{d_1 \cdot n_w \cdot 8}$$

$$T_1 = \frac{P_1 \cdot l_0}{8} = \frac{4 \cdot M_1 \cdot l_0}{d_1 \cdot n_w \cdot 8} = \frac{4 \cdot 0,02 \cdot 0,012}{0,0036 \cdot 3 \cdot 8} = 0,01 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_2 = \frac{P_2 \cdot l_0}{8} = \frac{4 \cdot M_2 \cdot l_0}{d_1 \cdot n_w \cdot 8} = \frac{4 \cdot 0,16 \cdot 0,012}{0,0036 \cdot 3 \cdot 8} = 0,09 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_3 = \frac{P_3 \cdot l_0}{8} = \frac{4 \cdot M_3 \cdot l_0}{d_1 \cdot n_w \cdot 8} = \frac{4 \cdot 1,39 \cdot 0,012}{0,0036 \cdot 3 \cdot 8} = 0,77 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_4 = \frac{P_4 \cdot l_0}{8} = \frac{4 \cdot M_4 \cdot l_0}{d_1 \cdot n_w \cdot 8} = \frac{4 \cdot 11,98 \cdot 0,023}{0,0036 \cdot 3 \cdot 8} = 12,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Принимаем для оси сталь 45 нормализованную с  $\sigma_T = 300$  МПа; учитывая значительные толчки, берем повышенный коэффициент запаса  $[n_T] = 2,5$ ; при этом

$$[\sigma]_и = \sigma_T / [n_T] = 300/2,5 = 120 \text{ МПа.}$$

Требуемый диаметр оси:

$$D_{ci} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_i}{\pi \cdot [\sigma]_и}}$$

$$D_{c1} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_1}{\pi \cdot [\sigma]_u}} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,01}{3,14 \cdot 120}} \geq 0,1 \text{ мм}$$

$$D_{c2} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_2}{\pi \cdot [\sigma]_u}} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,09}{3,14 \cdot 120}} \geq 0,2 \text{ мм}$$

$$D_{c3} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_3}{\pi \cdot [\sigma]_u}} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0,77}{3,14 \cdot 120}} \geq 0,4 \text{ мм}$$

$$D_{c4} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot T_4}{\pi \cdot [\sigma]_u}} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 12,76}{3,14 \cdot 120}} \geq 1,03 \text{ мм}$$

### Расчёт ведущих валов

При трех сателлитах силы, действующие в зацеплении центральных колес, взаимно уравновешиваются, и при установке на выходном конце вала муфты ведущий вал работает только на кручение. Принимая допускаемое напряжение кручения  $[\tau]_к = 40$  МПа, находим диаметр выходного конца быстроходного вала:

$$D_{vi} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_i}{\pi \cdot [\tau]_к}}$$

$$D_{v1} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_1}{\pi \cdot [\tau]_к}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 0,02}{3,14 \cdot 40}} \geq 0,14 \text{ мм}$$

$$D_{v2} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_2}{\pi \cdot [\tau]_к}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 0,16}{3,14 \cdot 40}} \geq 0,27 \text{ мм}$$

$$D_{v3} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_3}{\pi \cdot [\tau]_к}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1,39 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40}} \geq 0,56 \text{ мм}$$

$$D_{v4} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_4}{\pi \cdot [\tau]_к}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 11,98}{3,14 \cdot 40}} \geq 1,15 \text{ мм}$$

### Расчёт ведомых валов

Ведомый вал – вал водила – при трех сателлитах также работает только

на кручение.

$$D_{Bi} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{i+1}}{\pi \cdot [\tau]_K}}$$
$$D_{B1} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_2}{\pi \cdot [\tau]_K}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 0,16}{3,14 \cdot 40}} \geq 0,27 \text{ мм}$$
$$D_{B2} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_3}{\pi \cdot [\tau]_K}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 1,39}{3,14 \cdot 40}} \geq 0,56 \text{ мм}$$
$$D_{B3} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_4}{\pi \cdot [\tau]_K}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 11,98}{3,14 \cdot 40}} \geq 1,15 \text{ мм}$$
$$D_{B4} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_5}{\pi \cdot [\tau]_K}} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 98}{3,14 \cdot 40}} \geq 2,32 \text{ мм}$$

#### Подшипники сателлита

В сателлите устанавливаем два подшипника.

#### Ступени 1-3

Радиальная нагрузка на каждый подшипник:

$$R = P_3 / 2 = 514,8 / 2 = 257,4 \text{ Н.}$$

Эквивалентная нагрузка на подшипник:

$$P_3 = RVK_\sigma K_T = 257,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 308,9 \text{ Н}$$

где  $K_\sigma$  – коэффициент безопасности [6, с. 214]

$K_T$  – температурный коэффициент [6, с.214].

$V$  – коэффициент, зависящий от того, какое кольцо подшипника вращается. В данном случае вращается наружное кольцо, поэтому  $V=1,2$ ;

При спокойной нагрузке, принимаем  $K_\sigma = 1$

Учитывая, что рабочая температура меньше  $100^\circ\text{C}$  принимаем  $K_T = 1$ .

Расчетная долговечность, млн. об.:

$$L = (C / P_3)^3.$$

Расчетная долговечность, ч.:

$$L_h = (L \cdot 10^6 / 60 \cdot n)$$

Заданный срок службы редуктора  $365 \cdot 5 \cdot 4 = 7300$  ч., следовательно,  $L_h = 7300$  ч. Таким образом, требуемая динамическая грузоподъемность подшипника:

$$C_{\text{треб.}} = P_3 \cdot \sqrt[3]{\frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}} = 308,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{7300 \cdot 60 \cdot 10,58}{10^6}} = 515 \text{ Н}$$

$$n = n_H \cdot \left(1 - \frac{Z_3}{Z_2}\right) = 30 \cdot \frac{w_3}{i\pi} \cdot \left(1 - \frac{Z_3}{Z_2}\right) = 30 \cdot \frac{7,75}{9 \cdot 3,14} \cdot \left(1 - \frac{144}{63}\right) = -10,58$$

Наибольший допустимый диаметр наружного кольца подшипника из условия его размещения в сателлите

$$D_{\text{max}} = m(Z_2 - 7) = 0,2 \cdot (63 - 7) = 11,2 \text{ мм.}$$

По каталогу подбираем подшипник, имеющий наименьшую ширину при  $C \geq 515 \text{ Н}$ ,  $d \geq D_{c4} = 1,03 \text{ мм}$  и  $D < D_{\text{max}} = 11,2 \text{ мм}$ . Был выбран подшипник шариковый радиальный однорядный 1000094 ГОСТ 8338-75.

#### Четвёртая ступень

Радиальная нагрузка на каждый подшипник:

$$R = P_4 / 5 = 4437 / 5 = 887,4 \text{ Н.}$$

Эквивалентная нагрузка на подшипник:

$$P_3 = R V K_\sigma K_T = 887,4 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1064 \text{ Н}$$

где  $K_\sigma$  – коэффициент безопасности [9, с. 214]

$K_T$  – температурный коэффициент [9, с.214].

$V$  – коэффициент, зависящий от того, какое кольцо подшипника вращается. В данном случае вращается наружное кольцо, поэтому  $V = 1,2$ ;

При спокойной нагрузке, принимаем  $K_\sigma = 1$

Учитывая, что рабочая температура меньше  $100^\circ\text{C}$  принимаем  $K_T = 1$ .

Расчетная долговечность, млн. об.:

$$L = (C / P_3)^3.$$

Расчетная долговечность, ч.:

$$L_h = (L \cdot 10^6 / 60 \cdot n)$$

Заданный срок службы редуктора  $365 \cdot 5 \cdot 4 = 7300$  ч., следовательно,  $L_h = 7300$  ч. Таким образом, требуемая динамическая грузоподъемность подшипника:

$$C_{\text{треб.}} = P_3 \cdot \sqrt[3]{\frac{L_h \cdot 60 \cdot n}{10^6}} = 1064 \cdot \sqrt[3]{\frac{7300 \cdot 60 \cdot 1,17}{10^6}} = 851,5 \text{ Н}$$

$$n = n_H \cdot \left(1 - \frac{Z_3}{Z_2}\right) = 30 \cdot \frac{w_4}{i\pi} \cdot \left(1 - \frac{Z_3}{Z_2}\right) = 30 \cdot \frac{0,86}{9 \cdot 3,14} \cdot \left(1 - \frac{144}{63}\right) = -1,17$$

Наибольший допустимый диаметр наружного кольца подшипника из условия его размещения в сателлите

$$D_{\text{max}} = m(Z_2 - 7) = 0,2 \cdot (63 - 7) = 11,2 \text{ мм.}$$

По каталогу подбираем подшипник, имеющий наименьшую ширину при  $C \geq 851,5 \text{ Н}$ ,  $d \geq D_{c4} = 1,03 \text{ мм}$  и  $D < D_{\text{max}} = 11,2 \text{ мм}$ . Был выбран подшипник шариковый радиальный однорядный 1000094 ГОСТ 8338-75.

Были спроектированы четыре ступени в ПО SolidWorks (рис. 20, 21)

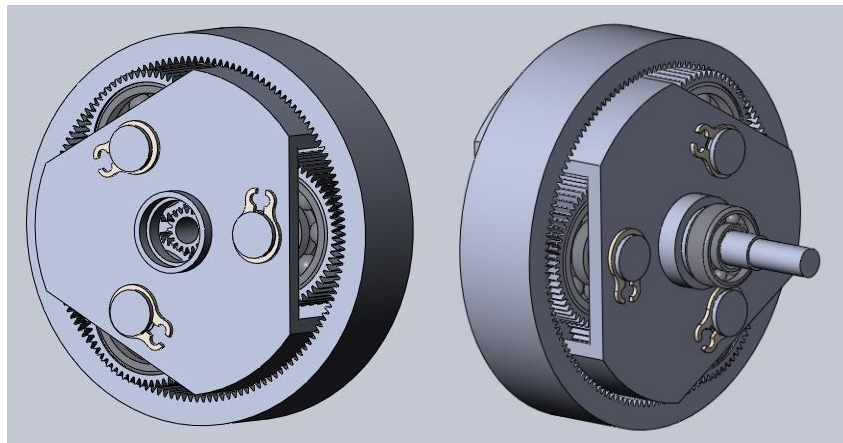


Рисунок 20 – 1-3 ступень редуктора

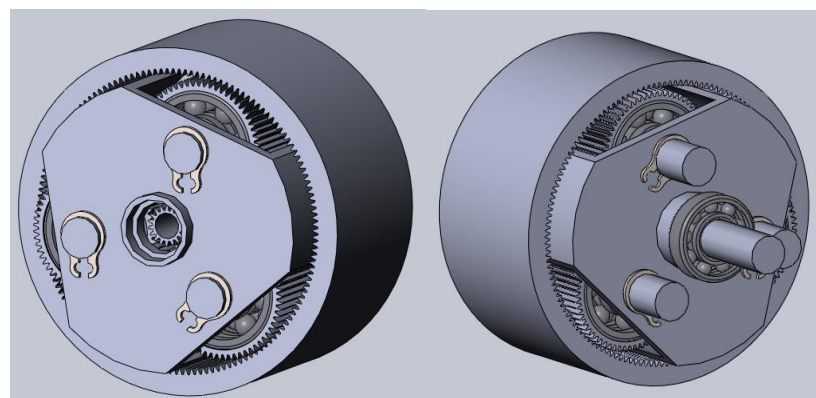


Рисунок 21 – 4 ступень редуктора

Все четыре ступени были соединены (рис. 22)

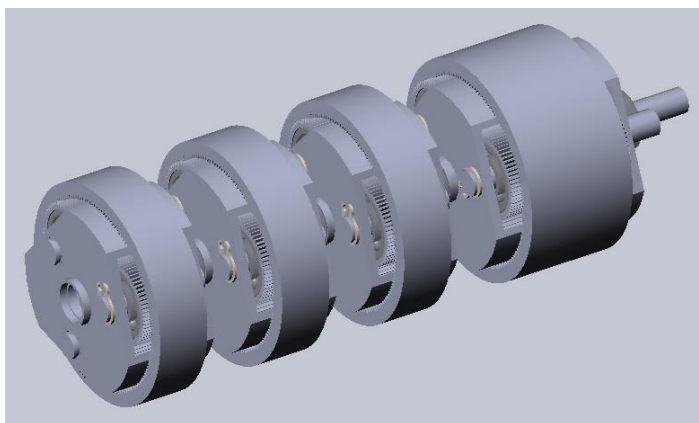


Рисунок 22 – ступени редуктора

Были добавлены дистанционные кольца, предотвращающие смещение ступеней (рис. 23)

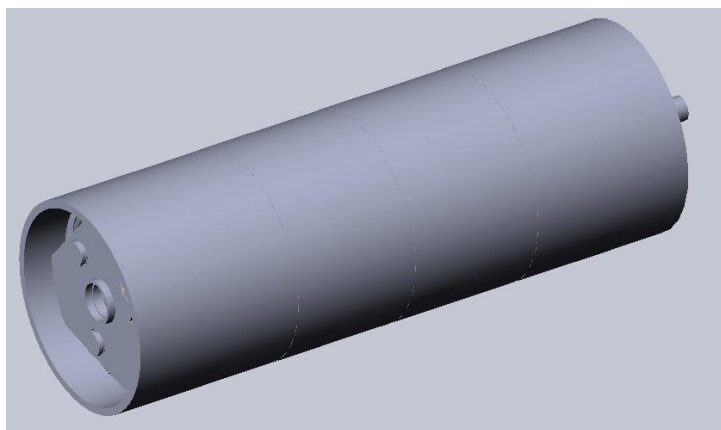


Рисунок 23 – ступени редуктора и дистанционные кольца

Особое внимание следует обратить на дистанционное кольцо между четвёртой ступенью редуктора и корпусом (рис. 24).

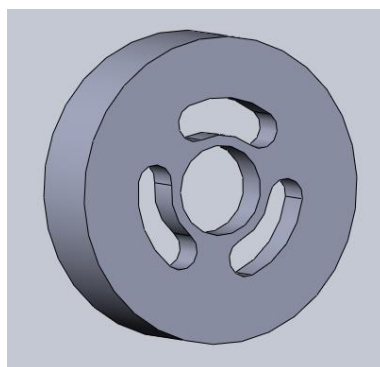


Рисунок 24 – дистанционное кольцо между четвёртой ступенью редуктора и корпусом

Дистанционное кольцо спроектировано таким образом, что является механическим ограничителем. В специальные прорези в кольце вставляются



валы сателлитов четвёртой ступени (рис. 25), так и будет ограничиваться угол поворота выходного вала. Согласно ТЗ необходимо разработать 3 привода для разных частей установки, следовательно, угол действия должен быть разным. Для бедренного шарнира угол действия составляет  $60^\circ$ , для коленного –  $90^\circ$ , для голеностопного  $55^\circ$ .

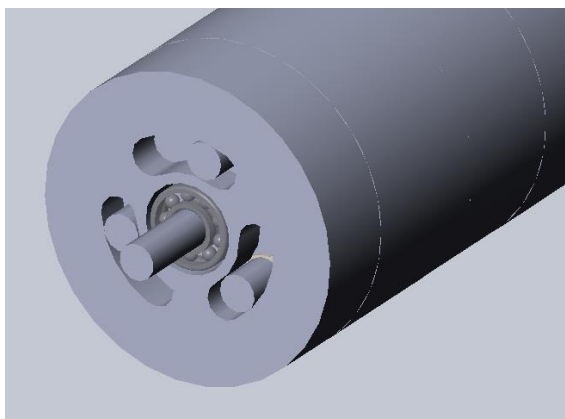


Рисунок 25 – сборка редуктора

Следующим шагом были спроектированы корпус редуктора, крышка редуктора и прокладка между крышкой и корпусом редуктора (рис. 26).

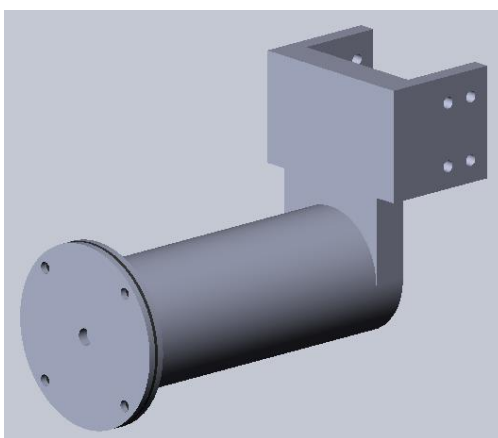


Рисунок 26 – редуктор

Для данного привода был выбран двигатель ДПМ-35-Н2-04 (рис. 27)

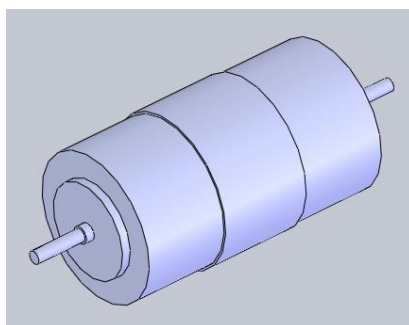


Рисунок 27 – двигатель ДПМ-35-Н2-04

Двигатель будет закреплён в стакане, который будет прикреплён к редуктору (рис. 28). Сборочный чертёж привода приведён в приложении А, спецификация к сборочному чертежу – в приложении Б

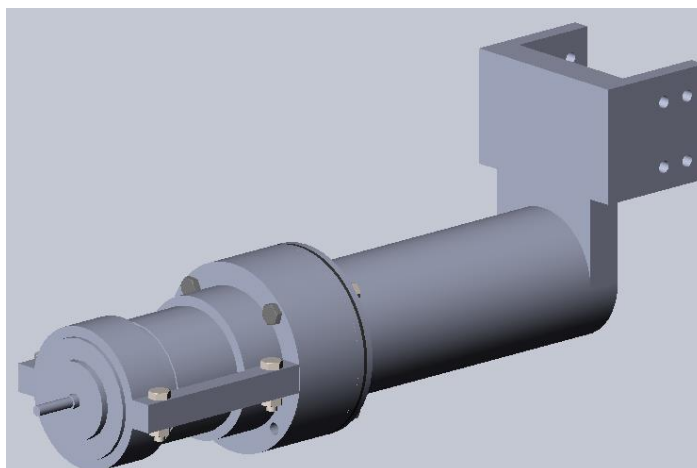


Рисунок 28 – привод установки

Приводы были установлены в вертикализаторный тренажёр (рис. 29)

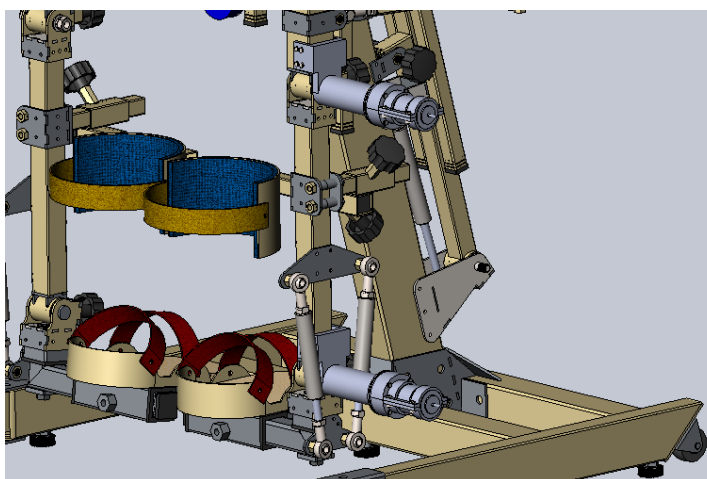


Рисунок 29 – приводы, соединённые с моделью тренажёра

Кроме этого необходимо подобрать контроллер, источник питания, и энкодер.

Контроллер — устройство или группа устройств, служащих для управления электрическими машинами, обычно такими, как электродвигатели или электрогенераторы (рис. 30). В состав контроллера обычно входят цепи управления пуском/остановкой двигателя, переключением направления движения, а также схемы аварийной остановки, защиты от перегрузок по току, коротких замыканий. Для контроллера будет необходим алгоритм, разработанный в соответствии с медицинской программой.



Рисунок 30 - Блок управления коллекторным двигателем постоянного тока BMD-20DIN

Отдельные модели контроллеров имеют возможность стабилизации частоты вращения по установленному на двигатель энкодеру. Модификация выбранного электродвигателя имеет выходные валы на обеих сторонах. На противоположную от редуктора сторону есть возможность закрепить энкодер. Энкодер (от англ. encoder — кодирующее устройство) — измерительный преобразователь, предназначенный для преобразования угла поворота вращающегося объекта (например, вала) в цифровые или аналоговые сигналы, позволяющие определить угол его поворота (рис.31). Его наличие будет необходимо для программирования контроллера.



Рисунок 31 - Датчик угла поворота (энкодер)

В качестве источника питания будет выступать аккумуляторная батарея с номинальным напряжением 12 В (рис. 32). Также необходимо рассмотреть возможность наличия зарядного устройства для АКБ. Прокладка проводов питания должна выполняться со всеми требованиями безопасности, наличие гофры, хомутов для закрепления, заземляющих частей.



Рисунок 32 - Литий-ионный аккумулятор

Для предотвращения ЧП помимо энкодера и контроллера используются ограничители установленные на точках вращения. В коленном суставе это брусочки, блокирующие разгиб в колена в противоположном направлении. На голеностопе это два газовых упора, не позволяющих развить слишком большой угол движения (рис. 33). Синхронизатор ограничивают боковые щеки площадки, которые позволяют разводить ноги только в  $30^\circ$  градусов.

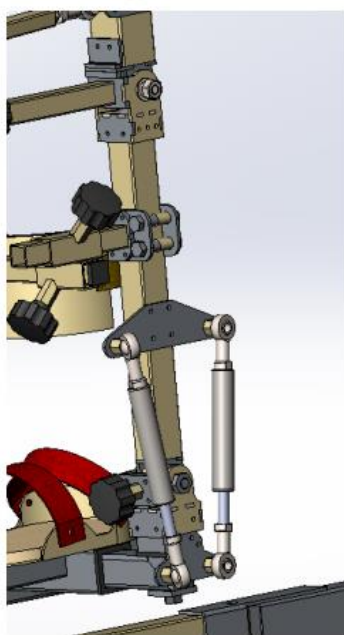


Рисунок 33 - Ограничители на тугоре ноги

## **4. Технологическая часть**

### **4.1 Техническое задание**

Разработать технологический процесс для эксцентричного вала, применяемого в редукторе. Чертёж представлен в приложении В.

### **4.2 Введение по разделу**

Почти самой главной задачей, из стоящих перед машиностроением, является повышение технического уровня производства. Её решение определяется требованиями качественного изготовления постоянно усложняющихся изделий. Одним из основных видов производств в машиностроении является механическая обработка.

Технологический процесс разрабатывается на основании чертежа изделия и отдельных его деталей и определяет последовательность операций. На каждом этапе производственного процесса по отдельным операциям технологического процесса осуществляется контроль за изготовлением деталей в соответствии с техническими условиями.

Основные требования, предъявляемые к технологическому процессу, заключаются в том, чтобы процесс обработки вёлся с наиболее полным использованием всех технических возможностей станка, инструмента и приспособлений при оптимальных допустимых режимах резания металла. Использование станка должно быть наиболее полным по времени, производительности и мощности.

Цель данной работы – спроектировать технологический процесс изготовления детали «эксцентриковый вал». Для этого необходимо выбрать заготовку, составить маршрут обработки, рассчитать припуски, режимы резания, выбрать оборудование, приспособление, инструмент, с помощью которого будет производиться обработка.

### **4.3 Анализ технологичности конструкции детали**

В соответствии с ГОСТ 14.205-83 [11] технологичность – совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к

достижению оптимальных затрат при производстве, эксплуатации и ремонте при заданных показателях качества, объёме выпуска и условиях выполнения работ.

Основным источником информации, для оценки технологичности, является чертёж детали, разработанный конструктором. Он должен содержать все необходимые сведения о конструкции детали, материале, из которого она изготовлена, все размеры, допуски, шероховатость обрабатываемых поверхностей и допускаемые отклонения от правильных геометрических форм, взаимное положение поверхностей, а также технические требования к их обработке.

Анализируя деталь можно отметить ряд факторов:

- 1) Все размеры и требуемая точность обеспечивается на доступном технологическом оборудовании;
- 2) Качества точности имеют соответствующие параметры шероховатости;
- 3) Отсутствие пазов, отверстий и резьб;
- 4) Обработка по месту отсутствует в конструкции детали;
- 5) Обрабатываемые поверхности легкодоступны для режущего инструмента;

Отрицательными с точки зрения технологичности следует считать следующие факторы:

- 1) Необходимость применения дополнительных приспособлений (эксцентричные оправки);
- 2) Точность 7-го качества требует нескольких видов механообработки;

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что в целом деталь является технологичной.

#### **4.4 Выбор вида и способа получения заготовки.**

При выборе вида и метода изготовления заготовки учитывают конструкцию и материал детали, ее форму и размеры, тип производства и имеющееся оборудование.

От выбора заготовки, т. е. установления метода ее получения, формы, величины припусков, напусков и др., зависит масса заготовки и объем последующей механической обработки детали.

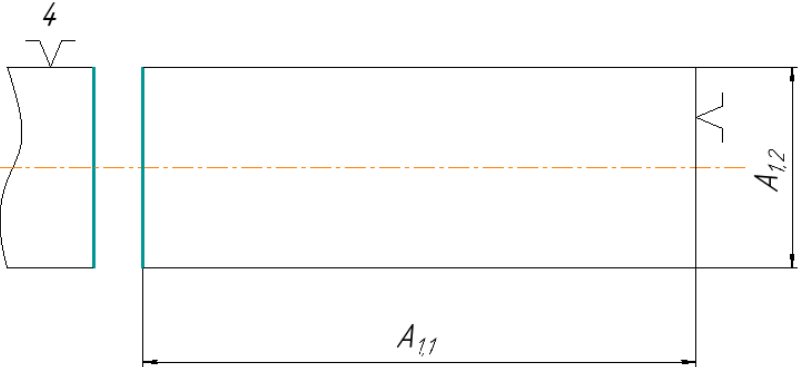
Наиболее целесообразна исходная заготовка, требующая наименьших затрат при изготовлении детали с учетом всех технологических операций обработки и необходимого качества детали. Форма и размеры заготовки должны быть возможно близкими к форме и размерам готовой детали с тем, чтобы свести к минимуму обработку резанием.

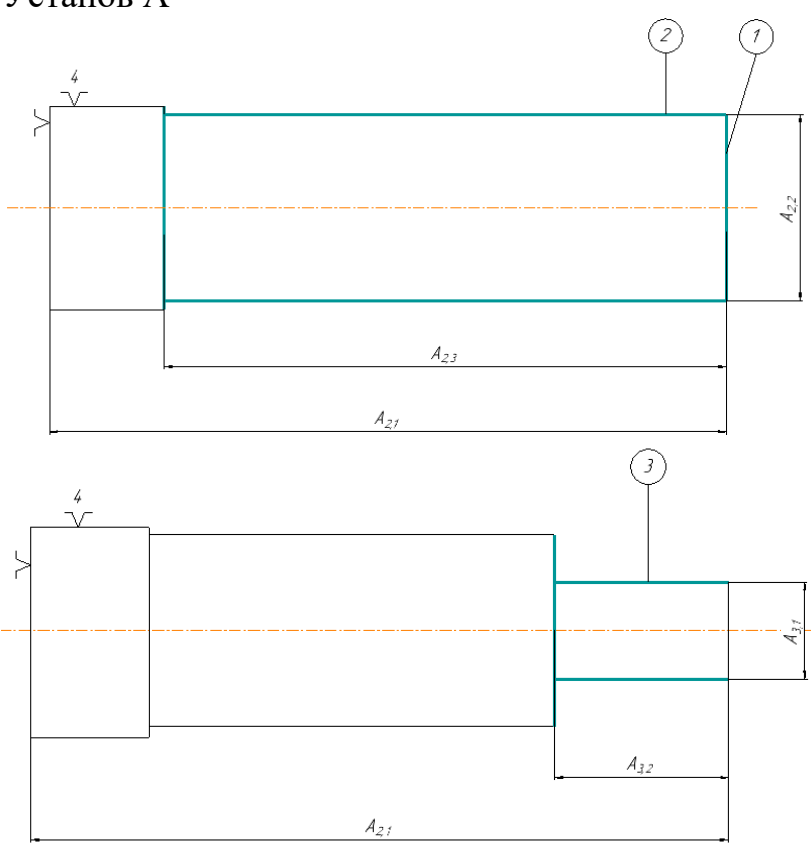
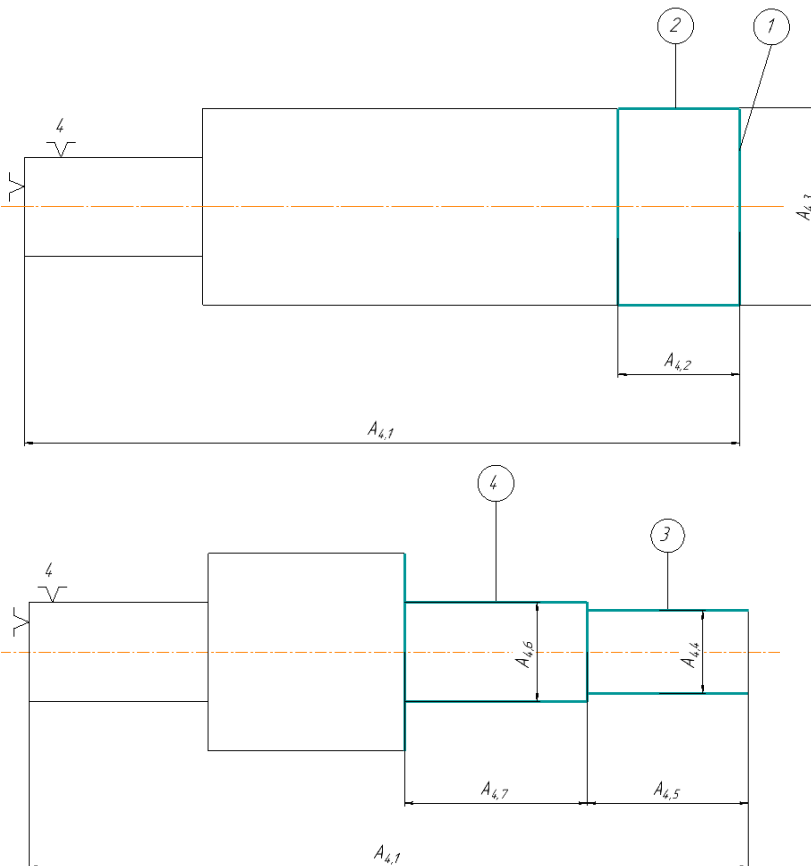
Валы изготавливают из штучных заготовок, отрезанных от горячекатаного или холодноотянутого прутка, а также из заготовок, получаемых штамповкой, поперечным прокатом или ротационным обжатием. Выбор заготовки обоснован: меньшим временем на изготовление проката заготовки; технологу остаётся лишь подобрать два допуска: на длину и диаметр заготовки, а не все диаметра как в штамповке.

Для выполнения всех операция из ГОСТ 2590-88 [12] выбираем стандартный прокат  $\varnothing 15$  мм. На чертеже пруток обозначается как:

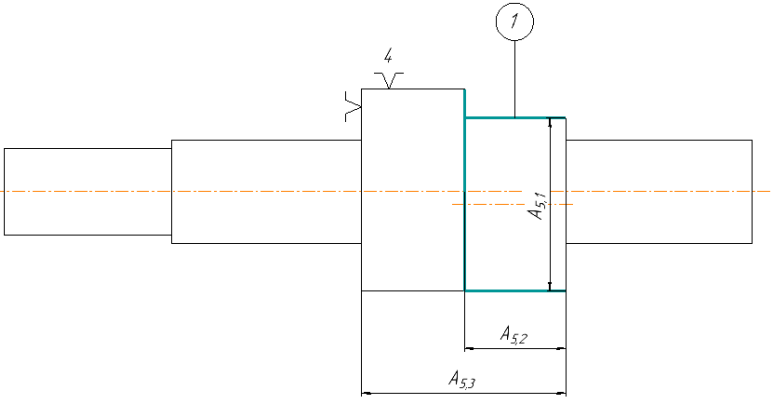
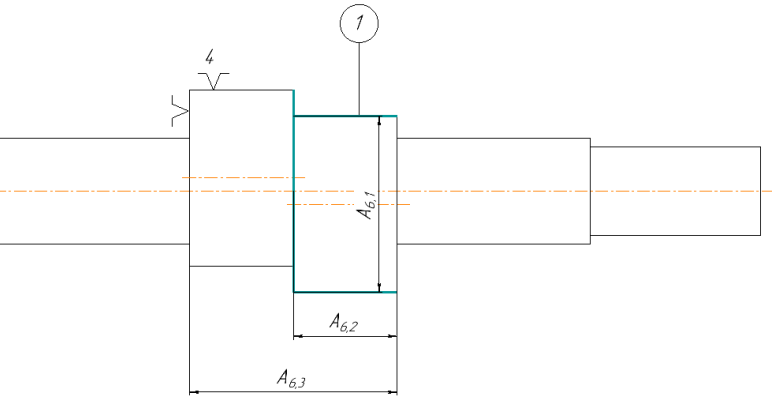
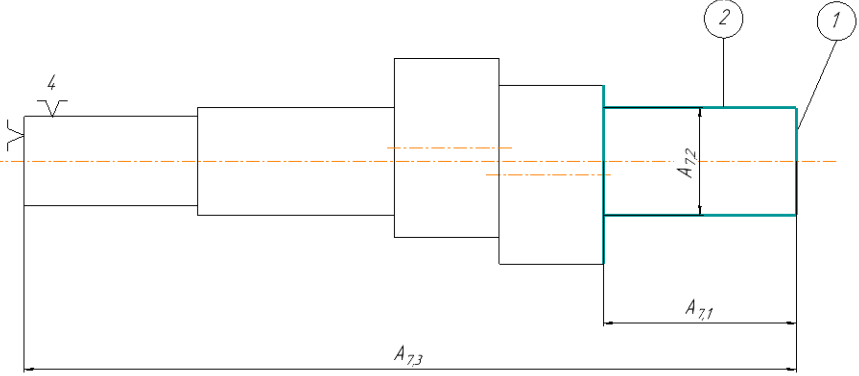
Круг  $\frac{15 \text{ ГОСТ } 2590-88}{45 \text{ ГОСТ } 1050-88}$

#### 4.5 Составление технологического маршрута обработки детали

005	Заготовительная	
	1. Установить и закрепить пруток в трёхкулачковом патроне; 2. Отрезать заготовку от прутка, выдержав размер $A_{1.1}$ , предварительно подрезав торец	
010	Контрольная	
	Контролировать размеры $A_{1.1}$ и $A_{1.2}$	

015	Токарная	
	<p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковом патроне;</li> <li>2. Подрезать торец 1 начерно, выдерживая размер <math>A_{2,1}</math>;</li> <li>3. Точить цилиндр 2 начерно выдерживая размер <math>A_{2,2}</math> на длину <math>A_{2,3}</math>;</li> <li>4. Точить цилиндр 3 начерно выдерживая размеры <math>A_{3,1}</math> и <math>A_{3,2}</math>;</li> </ol> <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковом патроне;</li> <li>2. Подрезать торец 1 начерно, выдерживая размер <math>A_{4,1}</math>;</li> <li>3. Точить цилиндр 2 начерно, выдерживая размеры <math>A_{4,3}</math> и <math>A_{4,2}</math>;</li> <li>4. Точить цилиндр 3 начерно, выдерживая размеры <math>A_{4,4}</math> и <math>A_{4,5}</math>;</li> <li>5. Точить цилиндр 4 начерно, выдерживая</li> </ol>	<p>Установ А</p>  <p>Установ Б</p> 



	<p>размеры <math>A_{4.6}</math> и <math>A_{4.7}</math>;  Установ В</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в эксцентричной оправке;</li> <li>2. Точить цилиндр 1 начерно выдерживая размеры <math>A_{5.1}</math>, <math>A_{5.2}</math> и <math>A_{5.3}</math>;</li> </ol> <p>Установ Г</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в эксцентричной оправке;</li> <li>2. Точить цилиндр 1 начерно выдерживая размеры <math>A_{6.1}</math>, <math>A_{6.2}</math> и <math>A_{6.3}</math></li> </ol>	<p>Установ В</p>  <p>Установ Г</p> 
<b>020</b>	<b>Контрольная</b>	
	Контролировать размеры $A_{2.1}$ - $A_{6.3}$	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89 [13]
<b>025</b>	<b>Токарная</b>	
	<p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковом патроне;</li> <li>2. Подрезать торец 1 начисто, выдерживая размер <math>A_{7.1}</math>;</li> <li>3. Точить цилиндр 2 начисто выдерживая размеры <math>A_{7.1}</math>, <math>A_{7.2}</math> и <math>A_{7.3}</math>;</li> </ol>	<p>Установ А</p> 

### Установ Б

1. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковом патроне;
2. Подрезать торец 1 начисто, выдерживая размер  $A_{8.5}$ ;
3. Точить цилиндр 2 начисто, выдерживая размеры  $A_{8.1}$  и  $A_{8.2}$ ;
4. Точить цилиндр 3 начисто, выдерживая размеры  $A_{8.4}$  и  $A_{8.3}$ ;

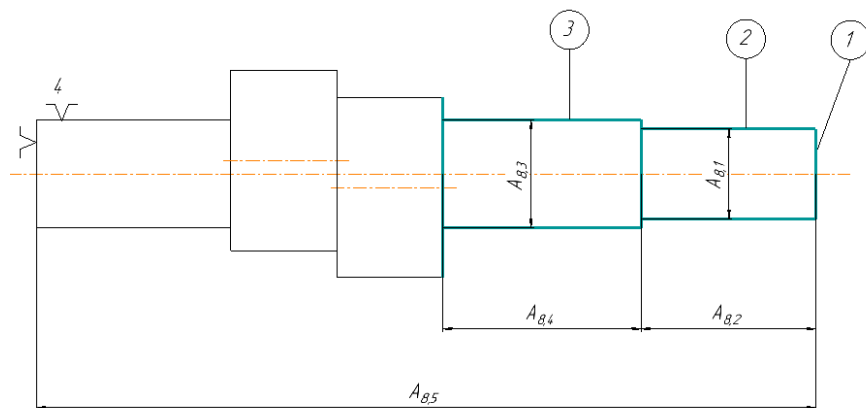
### Установ В

1. Установить и закрепить заготовку в эксцентричной оправке;
2. Точить цилиндр 1 начисто выдерживая размеры  $A_{9.1}$ ,  $A_{9.2}$  и  $A_{9.3}$ ;

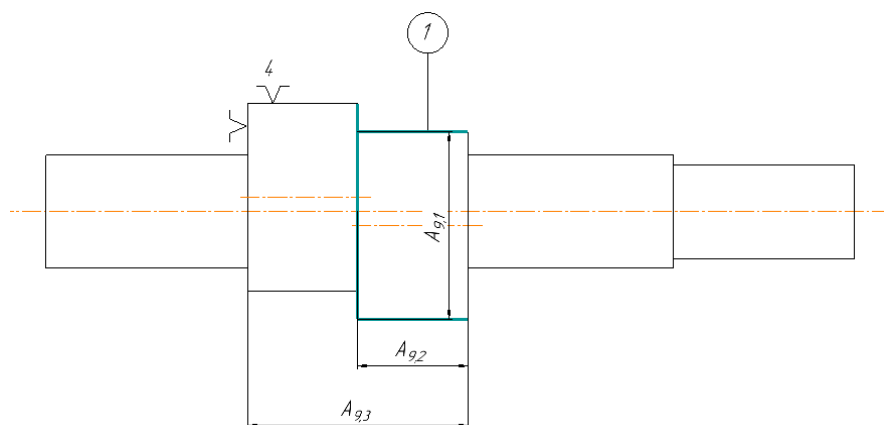
### Установ Г

1. Установить и закрепить заготовку в эксцентричной оправке;
2. Точить цилиндр 1 начисто выдерживая размеры  $A_{10.1}$ ,  $A_{10.2}$  и  $A_{10.3}$ ;

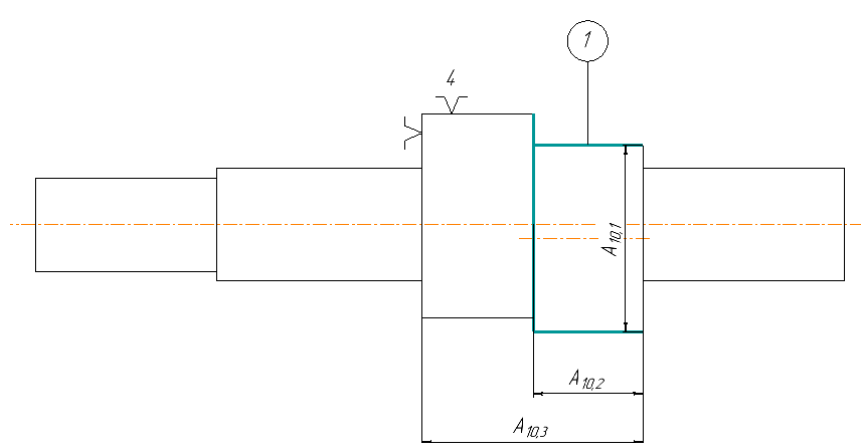
### Установ Б

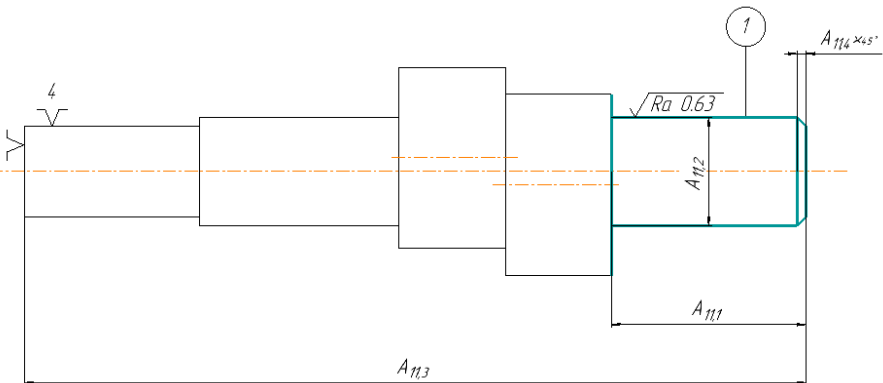
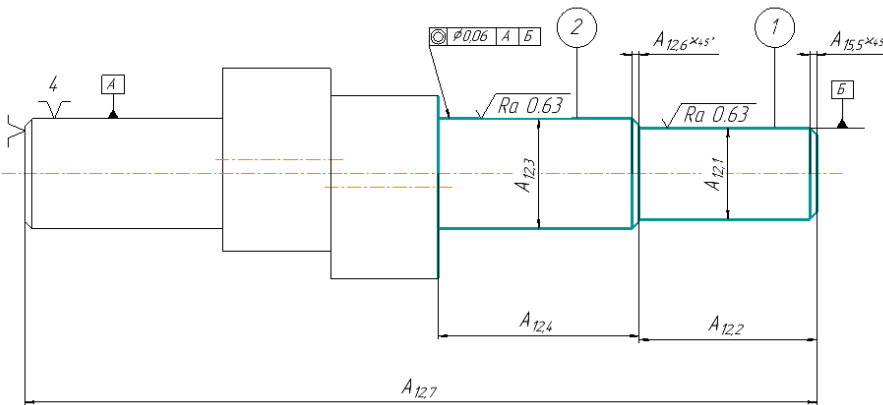


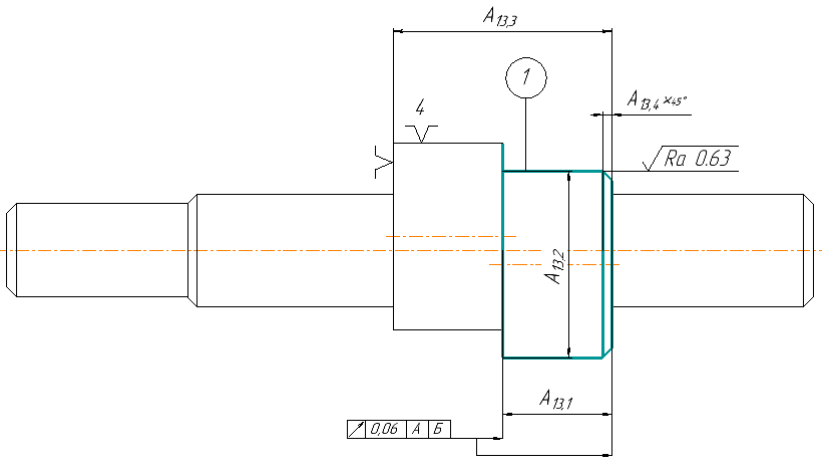
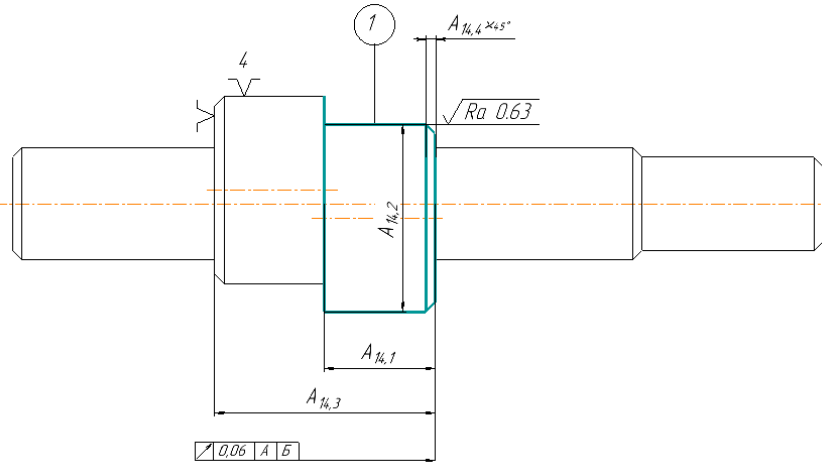
### Установ В



### Установ Г



<b>030</b>	<b>Контрольная</b>	
	Контролировать размеры $A_{7.1}$ - $A_{10.3}$	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89 [13]
<b>035</b>	<b>Термическая</b>	
	Закаливать до получения твердости 42-51 HRC	
<b>040</b>	<b>Токарная</b>	
	<p><b>Установ А</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковом патроне;</li> <li>2. Тонкое точение цилиндра 1, выдерживая размеры <math>A_{11.1}</math>, <math>A_{11.2}</math> и <math>A_{11.3}</math>;</li> <li>3. Точить фаску, выдерживая размер <math>A_{11.4} \times 45^\circ</math>;</li> </ol> <p><b>Установ Б</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в трёхкулачковом патроне;</li> <li>2. Тонкое точение цилиндра 1, выдерживая размеры <math>A_{12.1}</math> и <math>A_{12.2}</math>;</li> <li>3. Тонкое точение цилиндра 2, выдерживая размеры <math>A_{12.4}</math> и <math>A_{12.3}</math>;</li> <li>4. Точить фаски, выдерживая размеры <math>A_{12.5}</math> и <math>A_{12.6}</math>;</li> </ol>	<p><b>Установ А</b></p>  <p><b>Установ Б</b></p> 

	<p>Установ В</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в эксцентричной оправке;</li> <li>2. Тонкое точение цилиндра 1, выдерживая размеры <math>A_{13.1}</math> и <math>A_{13.2}</math>;</li> <li>3. Точить фаску, выдерживая размер <math>A_{14.3} \times 45^\circ</math>;</li> </ol> <p>Установ Г</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установить и закрепить заготовку в эксцентричной оправке;</li> <li>2. Тонкое точение цилиндра 1, выдерживая размеры <math>A_{14.1}</math> и <math>A_{14.2}</math>;</li> <li>3. Точить фаску, выдерживая размер <math>A_{14.4} \times 45^\circ</math></li> </ol>	<p>Установ В</p>  <p>Установ Г</p> 
<b>045</b>	<b>Контрольная</b>	
	Контролировать размеры $A_{11.1}$ - $A_{14.4}$	Штангенциркуль ШЦЦ-I-125-0,01 ГОСТ 166-89 [13] Микрометр МК Ц25 ГОСТ 6507-90 [14] Образец шероховатости 1,6 ТТ ГОСТ 9378-93 [15] Образец шероховатости 0,63 Т ГОСТ 9378-93 [15]

### 3.6 Расчет необходимых припусков на механическую обработку

Припуском называется слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Различают следующие виды припусков: минимальный, номинальный.

В соответствии с заданием, необходимо рассчитать припуски на обработку и промежуточные предельные размеры для диаметрального размера  $5h7(-0,012)$ . Все расчетные значения будем заносить в таблицу 6.

Таблица 6 – рассчитанные значения для размера  $5h7_{(-0,012)}$

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный мин. припуск, мкм	Допуск $TZ_i$ , мкм	Технологический размер, мм		Предельные значения припуска на сторону, мкм	
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon$			-	-	$d_{\min}$	$d_{\max}$
Заготовка	80	100	4,5	-	-	800	5,869	6,669	-	-
Черновое точение	80	50	0	10	260	120	5,36	5,48	194,5	314,5
Чистовое точение	15	20	0	0	70	30	5,07	5,1	130	160
Тонкое точение	6	10	0	0	32	12	4,988	5	35	47

Так как заготовка устанавливается в самоцентрирующийся трехлачковый патрон погрешность установки и закрепления принимаем равной нулю и не учитываем в расчетах. Для заготовительной операции выбираем параметры Rz и T из табл.1 [16, с.180], а для остальных операций – по табл.27 [16, с.190].

В качестве заготовки используем горячекатаный прокат  $d = 6,5$  мм обычной точности. Технологический маршрут обработки данного диаметрального размера состоит из 3 переходов: черного, чистового и тонкого точения. Заготовка, необходимая для исполнения целой детали должна быть не менее 12 мм. Весь лишний материал будет снят в несколько проходов до необходимого для начала обработки по рассчитанным припускам.

Расчет припуска дается ГОСТ 31109-82. Методами расчета минимального припуска являются два метода: опытно-статистический; расчетно-аналитический (ГОСТ 7505-74; 7062-79; 7829-70).

$$Z_{i\min} = (Rz + h)_{i-1} + \rho \sum_{i-1} + \varepsilon_i$$

минимальный припуск на обработку

где – Rz высота неровностей профиля на предшествующем переходе;

$h_{i-1}$ – глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе;

$\rho_{\Sigma i-1}$  – суммарные отклонения расположения поверхности;

$\varepsilon_i$  – погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{пр}^2}, \text{ где } \varepsilon_6 \text{ – погрешность базирования; } \varepsilon_3 \text{ – погрешность}$$

закрепления,  $\varepsilon_{пр}$  – погрешность приспособления. [17, с 32]

Погрешность базирования равна нулю, так как патрон самоцентрирующийся, погрешность приспособления принимают равной нулю.

$$\varepsilon_3 = 10 \text{ мкм [17, с 34]}$$

Расчет кривизны заготовки из круглого проката:

$\rho = 0,5 * 9 = 4,5$  мкм – отклонение расположения поверхности, где 0,5 мкм/1мм – величина кривизны сортового горячекатаного проката диаметром 6.5 мм. 9 мм – длина обрабатываемого участка.

Расчет минимальных припусков на обработку на сторону:

$$z_{imin} = (Rz + h)_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i$$

$z_{2min} = 80 + 100 + 4.5 + 10 = 194.5$  мкм – припуск на черновой проход

$z_{3min} = 80 + 50 + 0 + 0 = 130$  мкм – припуск на чистовой проход

$z_{4min} = 15 + 20 + 0 + 0 = 35$  мкм – припуск на тонкое точение

Расчет максимальных припусков на чистовую обработку на сторону:

$$z_{imax} = z_{imin} + TZ_i$$

$z_{2max} = 194.5 + 120 = 314.5$  мкм – припуск на черновой проход

$z_{3max} = 130 + 30 = 160$  мкм – припуск на чистовой проход

$z_{4max} = 35 + 12 = 47$  мкм – припуск на тонкое точение

При обработке наружных поверхностей вращения размеры определяются по формулам

$$d_{\min(i-1)} = d_{imax} + 2Z_{imin}$$

$$d_{\max(i-1)} = d_{\min(i-1)} + TZd_{i-1}$$

Зная, что после тонкотого точения должен получиться размер равный 5, начинаем считать таблицу снизу вверх.

$$d_{4max} = 5 \text{ мм}$$

$$d_{4min} = 5 - 0.012 = 4,988 \text{ мм}$$

$$d_{3min} = 5 + 2 * 0.035 = 5.07 \text{ мм}$$

$$d_{3max} = 5,07 + 0,03 = 5,1 \text{ мм}$$

$$d_{2min} = 5,1 + 2 * 0,13 = 5,36 \text{ мм}$$

$$d_{2max} = 5,36 + 0,12 = 5,48 \text{ мм}$$

$$d_{1min} = 5,48 + 2 * 0,1945 = 5,869 \text{ мм}$$

$$d_{1max} = 5,869 + 0,8 = 6,669 \text{ мм}$$

#### 4.7 Выбор режущего инструмента и расчет режимов резания

Режимы резания необходимо рассчитать для диаметрального размера 5h7. На данной операции необходимо обработать торец, проточить цилиндрическую поверхность начерно, начисто, тонким точением и получить фаску. Выбор инструмента произведем на сайте Sandvik Coromant в соответствующем разделе по полученным режимам резания.

##### Черновая подрезка торца

Выбран инструмент SSDCR 2020K 12 с пластиной SCMT 12 04 12-PR 4335

Скорость резания определяется по формуле [18, с. 265]:

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x s^y}$$

Где  $t = 0,6$  мм – глубина резания;

$$s = 0,42 \text{ мм} – \text{подача [18, с. 266];}$$

$$C_V = 292 \text{ [18, с. 269];}$$

$$m = 0,18 \text{ [18, с. 269];}$$

$$x = 0,3 \text{ [18, с. 269];}$$

$$y = 0,15 \text{ [18, с. 269];}$$

$$T = 60 \text{ мин} – \text{стойкость инструмента [18, с. 268];}$$

$$K_V = K_{mV} K_{nV} K_{иV} – \text{поправочный коэффициент [18, с. 268];}$$

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \left( \frac{750}{675} \right)^{1,75} = 1,2$$

$$K_V = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$V = \frac{292 \cdot 1,2}{60^{0,18} \cdot 0,6^{0,3} \cdot 0,42^{0,15}} = 222,6 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 222,6}{3,14 \cdot 6,5} = 10\,906,4 \text{ об/мин.}$$

Сила резания определяется по формуле [18, с. 271]:

$$P_Z = 10C_p t^x s^y V^n K_p,$$

где  $C_p = 300$  [18, с. 273];

$t = 11,9$  мм – длина лезвия резца;

$x = 1$  [18, с. 273];

$s = 0,42$  мм/об – подача;

$y = 0,75$  [18, с. 273];

$V = 222,6$  мм/мин – скорость резания;

$n = -0,15$  [18, с. 273];

$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p}$  – поправочный коэффициент [18, с. 271].

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{675}{750} \right)^{0,75} = 0,92$$

$$K_p = 0,92 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,06$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 11,9^1 \cdot 0,42^{0,75} \cdot 222,6^{-0,15} \cdot 1,06 = 87,8 \text{ Н}$$

Мощность резания [18, с. 271]:

$$N_{PEZ} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{87,8 \cdot 222,6}{1020 \cdot 60} = 0,32 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода станка

$$N = \frac{N_{PEZ}}{\eta} = \frac{0,32}{0,85} = 0,38 \text{ кВт}$$

### Черновая обработка цилиндра

Черновое точение заготовки диаметром 6,5 мм до диаметра 5,48 мм за один проход с достижением шероховатости в продольном направлении 80 мкм.

Выбран инструмент QS-SVJBR1616E16 с пластиной VBMT 16 04 12-UM 4425.



Скорость резания определяется по формуле [18, с. 265]:

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x s^y}$$

Где  $t = 0,51$  мм – глубина резания;

$s = 0,4$  мм – подача [18, с. 266];

$C_V = 350$  [18, с. 269];

$m = 0,2$  [18, с. 269];

$x = 0,15$  [18, с. 269];

$y = 0,2$  [18, с. 269];

$T = 50$  мин – стойкость инструмента [18, с. 268];

$K_V = K_{mV} K_{nV} K_{иV}$  – поправочный коэффициент [18, с. 268];

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{nV} = 1 \left( \frac{750}{675} \right)^{1,75} = 1,2$$

$$K_V = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$V = \frac{350 \cdot 1,2}{50^{0,2} \cdot 0,51^{0,15} \cdot 0,4^{0,2}} = 255,2 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 255,2}{3,14 \cdot 6,5} = 12503,7 \text{ об/мин.}$$

Сила резания определяется по формуле [18, с. 271]:

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y V^n K_p,$$

где  $C_p = 300$  [18, с. 273];

$t = 15,4$  мм – длина лезвия резца;

$x = 1$  [18, с. 273];

$s = 0,4$  мм/об – подача;

$y = 0,75$  [18, с. 273];

$V = 255,2$  мм/мин – скорость резания;

$n = -0,15$  [18, с. 273];

$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p}$  – поправочный коэффициент [18, с. 271].

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{675}{750} \right)^{0,75} = 0,92$$

$$K_p = 0,92 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,06$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 15,4^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 255,2^{-0,15} \cdot 1,06 = 107,3 \text{ Н}$$

Мощность резания [18, с. 271]:

$$N_{\text{РЕЗ}} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{107,3 \cdot 255,2}{1020 \cdot 60} = 0,44 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода станка

$$N = \frac{N_{\text{РЕЗ}}}{\eta} = \frac{0,44}{0,85} = 0,53 \text{ кВт}$$

Чистовая подрезка торца

Выбран инструмент SSDCR 2020K 12 с пластиной SCMT 12 04 12-PR  
4335

Скорость резания определяется по формуле [18, с. 265]:

$$V = \frac{C_V K_V}{T^m t^x s^y}$$

Где  $t = 0,3$  мм – глубина резания;

$s = 0,22$  мм – подача [18, с. 266];

$C_V = 292$  [18, с. 269];

$m = 0,18$  [18, с. 269];

$x = 0,3$  [18, с. 269];

$y = 0,15$  [18, с. 269];

$T = 60$  мин – стойкость инструмента [18, с. 268];

$K_V = K_{mV} K_{nV} K_{иV}$  – поправочный коэффициент [18, с. 268];

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \left( \frac{750}{675} \right)^{1,75} = 1,2$$

$$K_V = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$V = \frac{292 \cdot 1,2}{60^{0,18} \cdot 0,3^{0,3} \cdot 0,22^{0,15}} = 302 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 302}{3,14 \cdot 6,5} = 14\,796,7 \text{ об/мин.}$$

Сила резания определяется по формуле [18, с. 271]:

$$P_Z = 10C_p t^x s^y V^n K_p,$$

где  $C_p = 300$  [18, с. 273];

$t = 11,9$  мм – длина лезвия резца;

$x = 1$  [18, с. 273];

$s = 0,42$  мм/об – подача;

$y = 0,75$  [18, с. 273];

$V = 302$  мм/мин – скорость резания;

$n = -0,15$  [18, с. 273];

$K_p = K_{mp} K_{\varphi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p}$  – поправочный коэффициент [18, с. 271].

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{675}{750} \right)^{0,75} = 0,92$$

$$K_p = 0,92 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,06$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 11,9^1 \cdot 0,42^{0,75} \cdot 302^{-0,15} \cdot 1,06 = 83,8 \text{ Н}$$

Мощность резания [18, с. 271]:

$$N_{\text{РЕЗ}} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{83,8 \cdot 302}{1020 \cdot 60} = 0,41 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода станка

$$N = \frac{N_{\text{РЕЗ}}}{\eta} = \frac{0,41}{0,85} = 0,48 \text{ кВт}$$

#### Чистовая обработка цилиндра

Чистовое точение цилиндра диаметром 5,48 мм до диаметра 5,1 мм за один проход с достижением шероховатости в продольном направлении 15 мкм.

Выбран инструмент QS-SCLCR1212E09 с пластиной CCMT 09 T3 08-PF 4425.

Скорость резания определяется по формуле [18, с. 265]:

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

Где  $t = 0,19$  мм – глубина резания;

$s = 0,23$  мм – подача [18, с. 266];

$C_V = 420$  [18, с. 269];

$m = 0,2$  [18, с. 269];

$x = 0,15$  [18, с. 269];

$$y = 0,2 \text{ [18, с. 269];}$$

$$T = 30 \text{ мин – стойкость инструмента [18, с. 268];}$$

$$K_V = K_{mV}K_{nV}K_{iV} \text{ – поправочный коэффициент [18, с. 268];}$$

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_V} = 1 \left( \frac{750}{675} \right)^{1,75} = 1,2$$

$$K_V = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$V = \frac{420 \cdot 1,2}{30^{0,2} \cdot 0,19^{0,15} \cdot 0,23^{0,2}} = 382,5 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 382,5}{3,14 \cdot 6,5} = 18\,740,8 \text{ об/мин.}$$

Сила резания определяется по формуле [18, с. 271]:

$$P_Z = 10C_p t^x s^y V^n K_p,$$

где  $C_p = 300$  [18, с. 273];

$$t = 12,3 \text{ мм – длина лезвия резца;}$$

$$x = 1 \text{ [18, с. 273];}$$

$$s = 0,23 \text{ мм/об – подача;}$$

$$y = 0,75 \text{ [18, с. 273];}$$

$$V = 382,5 \text{ мм/мин – скорость резания;}$$

$$n = -0,15 \text{ [18, с. 273];}$$

$$K_p = K_{mp}K_{\varphi p}K_{\gamma p}K_{\lambda p} \text{ – поправочный коэффициент [18, с. 271].}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left( \frac{675}{750} \right)^{0,75} = 0,92$$

$$K_p = 0,92 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,06$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 12,3^1 \cdot 0,23^{0,75} \cdot 382,5^{-0,15} \cdot 1,06 = 53,2 \text{ Н}$$

Мощность резания [18, с. 271]:

$$N_{PEZ} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{53,2 \cdot 382,5}{1020 \cdot 60} = 0,33 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода станка

$$N = \frac{N_{PEZ}}{\eta} = \frac{0,33}{0,85} = 0,39 \text{ кВт}$$

### Тонкое точение цилиндра

Тонкое точение цилиндра диаметром 5,1 мм до диаметра 5 мм за один проход с достижением шероховатости в продольном направлении 6 мкм.

Выбран инструмент QS-SCLCR1212E09 с пластиной CCMT 09 T3 08-PF 4425.

Скорость резания определяется по формуле [18, с. 265]:

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

Где  $t = 0,05$  мм – глубина резания;

$s = 0,1$  мм – подача [18, с. 266];

$C_V = 420$  [18, с. 269];

$m = 0,2$  [18, с. 269];

$x = 0,15$  [18, с. 269];

$y = 0,2$  [18, с. 269];

$T = 60$  мин – стойкость инструмента [18, с. 268];

$K_V = K_{mV} K_{nV} K_{иV}$  – поправочный коэффициент [18, с. 268];

$$K_{mV} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{nV} = 1 \left( \frac{750}{675} \right)^{1,75} = 1,2$$

$$K_V = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 1,2$$

$$V = \frac{420 \cdot 1,2}{60^{0,2} \cdot 0,05^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} = 552 \text{ мм/мин}$$

Частота вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 552}{3,14 \cdot 6,5} = 27045 \text{ об/мин.}$$

Сила резания определяется по формуле [18, с. 271]:

$$P_Z = 10 C_p t^x s^y V^n K_p,$$

где  $C_p = 300$  [18, с. 273];

$t = 9,4$  мм – длина лезвия резца;

$x = 1$  [18, с. 273];

$s = 0,1$  мм/об – подача;

$y = 0,75$  [18, с. 273];

$V = 552$  мм/мин – скорость резания;

$n = -0,15$  [3, с. 273];

$K_p = K_{mp}K_{\varphi p}K_{\gamma p}K_{\lambda p}$  – поправочный коэффициент [18, с. 271].

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^n = \left(\frac{675}{750}\right)^{0,75} = 0,92$$

$$K_p = 0,92 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1 = 1,06$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 9,4^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 552^{-0,15} \cdot 1,06 = 20,6 \text{ Н}$$

Мощность резания [18, с. 271]:

$$N_{PEZ} = \frac{P_Z V}{1020 \cdot 60} = \frac{20,6 \cdot 552}{1020 \cdot 60} = 0,19 \text{ кВт}$$

Требуемая мощность привода станка

$$N = \frac{N_{PEZ}}{\eta} = \frac{0,33}{0,85} = 0,22 \text{ кВт}$$

Итоговые режимы резания приведены в таблице 7:

Таблица 7 – режимы резания

Проход	Скорость резания $V$ , мм/мин	Глубина резания $t$ , мм	Частота вращения шпинделя $n$ , об/мин	Подача $S$ , мм/об
Черновая подрезка торца	222,6	0,6	10 906,4	0,42
Черновая обработка цилиндра	255,2	0,51	12 503,7	0,4
Чистовая подрезка торца	302	0,3	14 796,7	0,22
Чистовая обработка цилиндра	382,5	0,19	18 740,8	0,23
Тонкое точение цилиндра	552	0,05	27 045	0,1

#### **4.8 Заключение по технологической части**

В результате проделанной работы был спроектирован технологический процесс изготовления эксцентрикового вала в условиях мелкосерийного производства.

Была рационально выбрана заготовка для эксцентрикового вала, составлен технологический маршрут обработки, рассчитаны припуски на механическую обработку для диаметрального размера. Были приобретены необходимые технологические навыки и знания.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
4А7В	Власовой Анастасии Константиновне

<b>Школа</b>	ИШНПТ	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	ОМ
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 416 476,6 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 273 524,5 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4,2 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30,2%
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Структура работ, определение трудоемкости
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	06.05.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Маланина В.А.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
4А7В	Власова Анастасия Константиновна		



## **5. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований**

### **5.1 Введение**

Реабилитация после неврологических заболеваний и травм, приводящих к нарушениям работы опорно-двигательного аппарата – тяжелый и длительный процесс. Одним из важнейших условий скорейшего восстановления пациента является вертикализация тела. Для этого в реабилитационных мероприятиях активно применяются вертикализаторы, помогающие принимать больному естественное положение тела и выполнять гимнастические упражнения.

В машиностроении всегда было актуально совершенствование технологий, оптимизация, повышение функциональности и качества выпускаемой продукции. Так как пациентам в большинстве случаев необходима посторонняя помощь в работе с тренажёром, было принято решение об усовершенствовании уже существующего тренажёра, путём добавления приводов.

Целью данного раздела является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- 1) Формирования концепции проекта;
- 2) Оценка конкурентоспособности проекта;
- 3) Планирование проекта;
- 4) SWOT-анализ проекта;
- 5) Оценка рисков проекта;
- 6) Составление бюджета проекта;
- 7) Оценка экономической эффективности проекта.

## **5.2. Потенциальные потребители результатов исследования**

В последнее время все большее внимание уделяется охране, укреплению, сохранению здоровья, сокращению сроков восстановительного лечения путем внедрения в практику здравоохранения современных методов экспресс-диагностики и комплексных оздоровительных программ с использованием всего арсенала не медикаментозных средств (приказ МЗ №114 от 21.03.2003г.).

В настоящее время в РФ реабилитационные услуги оказываются в различных учреждениях: как в государственных, так и в частных. К государственным (ведомственным) учреждениям относятся медицинские (МСЧ, госпитали) и оздоровительные учреждения, санатории. Частные учреждения включают в себя медицинские реабилитационные центры, физкультурно-оздоровительные центры. Потребителями могут являться не только организации, но и частные лица, так как возможно использовать и в домашних условиях, что немаловажно для пациентов.

Основным критерием для разделения пациентов является возраст, так как взрослые и детские тренажеры отличаются по размерам.

## **5.3. SWAT-анализ**

Для компактного описания ситуации, в рамках которой предстоит разрабатывать и реализовывать конкретный проект можно использовать такой метод как SWOT-анализ.

Strengths – сильные стороны;

Weakness – слабые стороны;

Opportunities – возможности;

Threats – угрозы.

SWOT анализ – это анализ сильных и слабых сторон организации, а также возможностей и угроз со стороны внешней окружающей среды. «S» и «W» относятся к состоянию компании, а «O» и «T» к внешнему окружению организации.

Внутренняя среда проекта включает работников, занятых в проекте, способ или технология осуществления проекта, имеющиеся материально-вещественные и информационные ресурсы.

Внешняя среда может быть определена как множество сил и субъектов, которые оказывают непосредственное или опосредованное влияние на проект.

Факторы, оказывающие немедленное и непосредственное влияние, относятся к среде прямого воздействия; все другие, оказывающие опосредованное влияние на фирму, – к среде косвенного воздействия.

К основным факторам среды прямого воздействия относятся поставщики, потребители, конкуренты и контактные аудитории.

Среда косвенного воздействия включает факторы, которые могут не оказывать немедленного воздействия на проект, но, тем не менее, сказываются на его результатах. Эти факторы можно подразделить на государственно-политические, экономические, социально-демографические, международные, научно-технологические и правовые и т.д.

По результатам ситуационного анализа можно оценить, обладает ли компания (проект) внутренними силами и ресурсами, чтобы реализовать имеющиеся возможности и противостоять угрозам, и какие внутренние недостатки требуют скорейшего устранения.

На первом этапе проведения анализа необходимо выявить 5-10 сильных, слабых сторон, возможностей и угроз.

***Сильные стороны.*** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

**Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

**Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;
- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;

- изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.

- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?
- Какие интересные тенденции отмечены?
- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

**Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?
- Что делают конкуренты?
- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?
- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?
- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?

Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Составим SWOT-анализ относительно нашего проекта (табл. 8).

Таблица 8 -Матрица SWOT-анализа

		<b>Внутренние факторы</b>	
		<p><b>Сильные стороны проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В проектной группе состоят опытные конструктора</li> <li>2. Высокая мотивация на достижение успеха всех участников команды</li> <li>3. Многофункциональность</li> <li>4. Уникальность разработки</li> <li>5. Использование отечественных комплектующих</li> <li>6. Востребованность на рынке</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проект находится на стадии разработки конструкции прототипа в то время, когда у конкурентов уже имеется налаженное производство продукции</li> <li>2. Целевая аудитория еще не знакома с нашей продукцией</li> <li>3. Зависимость от поставщиков комплектующих, так как многие детали изготавливаются сторонними компаниями</li> <li>4. Отсутствие послепродажного обслуживания</li> </ol>
<b>Внешние факторы</b>	<p><b>Возможности:</b> Наличие спроса на изделия данного типа на рынке (как для учреждений, так и для домашнего использования) Проект востребован для людей с ограниченными возможностями Кажется, что цена у конкурентов сильно завышена относительно себестоимости, т.е. мы можем продавать усовершенствованные изделия по цене ниже или равной среднерыночной на такие же устройства, но без наших модификаций.</p>	<p>Если получится создать изделие по цене ниже или такое же по цене как среднерыночная и функциональнее аналогов, то прибыль может быть крайне высокой. Также можно уменьшить цену продаваемого изделия увеличив количество желающих приобрести его. Использование отечественных комплектующих упростит переход на серийное производство, при таком типе производства на рынке будет обеспечиваться низкая стоимость продукта, что будет поддерживать высокую востребованность на рынке.</p>	<p>Если не получится создать изделие большего функционала чем у конкурентов по такой же или более низкой цене, то спрос на наше изделие не будет не так велик, как хотелось бы, так как потребители будут делать заказы у проверенных поставщиков по более низким ценам, отказываясь от дополнительного функционала.</p>

## Продолжение таблицы 8

	<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность появления пандемии, за которой последуют все связанные с карантинном экономические осложнения</li> <li>2. Возможна потеря основных источников финансирования</li> <li>3. Отсутствие спроса из-за неправильного продвижения;</li> <li>4. Срыв поставки комплектующих;</li> <li>5. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.</li> </ol>	<p>С проблемой продвижения можно справиться, наняв маркетолога (при достаточном финансировании).</p> <p>При соблюдении санитарных норм можно избежать остановки производства из-за пандемии.</p>	<p>В случае потери части финансирования могут возникнуть проблемы с производством изделия.</p> <p>Поставщики могут поднять цену на комплектующие вследствие изменения экономической ситуации. Это скажется на себестоимости.</p> <p>Задержки с поставками материалов скажутся на своевременности выдачи готовой продукции, что скажется негативно на репутации предприятия</p>
--	---	--	--

### 5.4 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

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

## 5.5 Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в табл. 9.

Табл. 9. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Инженер, руководитель
Выбор направления исследований	2	Литературный обзор	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение моделей и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер, руководитель
Разработка технической документации и проектирование	8	Разработка принципиальной схемы, создание модели изделия	Инженер, руководитель
	9	Расчет конструкции	Инженер
	10	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер
Оформление отчета по научному исследованию	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технологической документации)	Инженер



## 5.6 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Требуется определить трудоёмкость выполнения работ для обоснованного расчёта заработной платы. Для этого сначала находим ожидаемое значение трудоемкости. Затем определим продолжительность работы в рабочих днях.

Чтобы определить ожидаемое значение трудоемкости  $t_{ожі}$  воспользуемся следующей формулой:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5},$$

где:

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Чтобы определить продолжительность работы в рабочих днях  $T_{pi}$ , воспользуемся формулой:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

Для удобства представления информации полученные результаты запишем в табл. 10.

Табл. 10. Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	$t_{min i}$ , чел.-дн.	$t_{max i}$ , чел.-дн.	$t_{ож. i}$ , чел.-дн.	$T_{pi}$ , раб.-дн.
1	2	7	4	2
2	16	26	20	20
3	2	4	2,8	2,8
4	3	6	3,6	3,6
5	10	20	14	14
6	10	20	14	14
7	5	15	9	4,5
8	6	20	11,6	5,8
9	7	20	12,2	12,2
10	4	7	5,2	5,2
11	5	8	6,2	6,2

### 5.7 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным в рамках данного проекта является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. Для этого необходимо длительность работы из рабочих дней, полученных в пункте 2.2, перевести в календарные дни. Значения в календарных днях  $T_{ki}$ , рассчитываются и округляются до целых значений по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где:

$T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности  $k_{\text{кал}}$  определяем по формуле:

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

где:

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

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

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

$$k_{\text{кал.}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48$$

Полученные результаты сведены в табл. 11.

Табл. 11. Количество затраченных календарных дней на работы

№ раб.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$T_{ki}$ , кал.-дн.	3	30	4	5	21	21	7	9	18	8	9

График Ганта представлен на рис. 34.

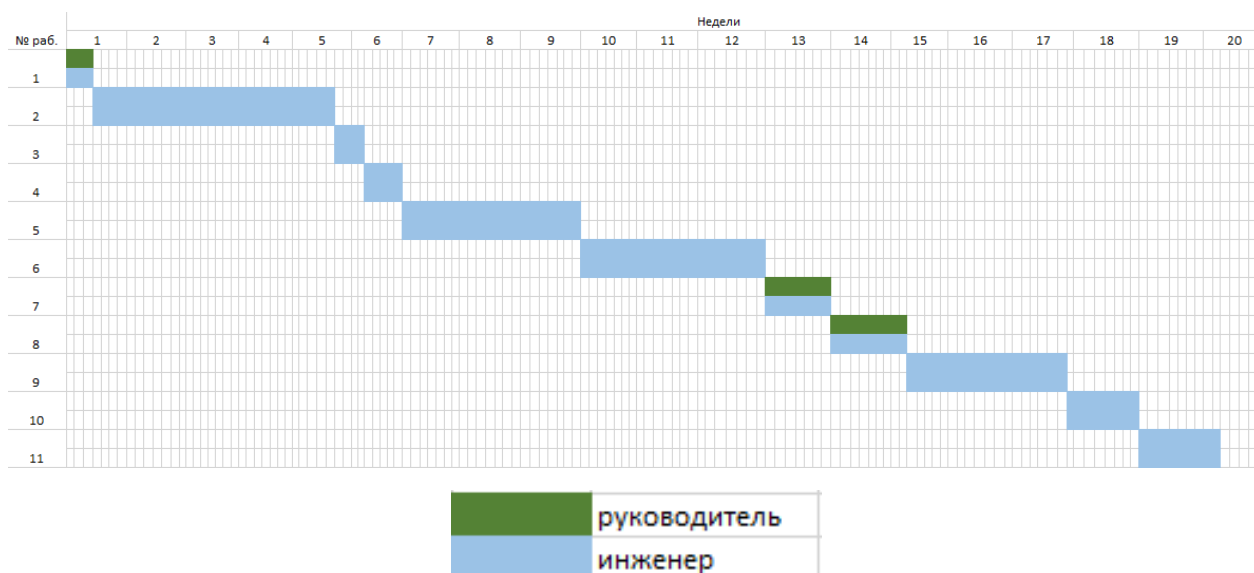


Рис. 34. График Ганта

### 5.8 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

- затраты на специальное оборудование;
- накладные расходы.

### 5.9 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, занятых выполнением НИИ, и дополнительную заработную плату:

$$З_{\Pi} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где:

$З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоёмкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Основная заработная плата работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}},$$

где:

$З_{\text{дн}}$  – средняя дневная заработная плата работника, руб.;

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

Средняя дневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{М}} \cdot M}{F_{\text{Д}}},$$

Где

$З_{\text{М}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 рабочих дня ( $M=11,2$  месяца, 5-дневная неделя);

$F_{\text{Д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{mc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где:

$Z_{mc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принимаем 0,2;

$k_p$  – районный коэффициент (1,3 для Томска).

Расчёт заработной платы руководителя:

$$Z_M = Z_{mc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 11,2}{366 - 134 - 24} = 2761,4 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2761,4 \cdot 20 = 55\,228 \text{ руб.}$$

Расчёт заработной платы инженера:

$$Z_M = Z_{mc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 12\,792 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 24944,4 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{24944,4 \cdot 11,2}{366 - 134 - 24} = 1343,2 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 1343,2 \cdot 140 = 188\,048 \text{ руб.}$$

### 5. 10 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Дополнительная заработная плата:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где

$k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,13)

Расчет дополнительной заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 60750,8 = 7897,6 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы инженера:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 171929,6 = 22350,9 \text{ руб.}$$

### 5.11 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Отчисления во внебюджетные фонды включают в себя установленные законодательством РФ нормы органов государственного социального страхования 93 (ФСС), пенсионный фонд (ПФ) и медицинское страхование (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

На 2021 г. в соответствии с НК от 31 июля 1998 года N 146-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %. В табл. 12 представлены результаты по расчету отчислений во внебюджетные фонды всех исполнителей проекта.

Табл. 12. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Отчисления, руб.
Руководитель	55 228	7 897,6	19 063,9
Инженер	188 048	22 350,9	63 540,7

### 5.12 Расчет материальных затрат

Данная статья расходов включает в себя стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. Материальные затраты приведены в табл. 13.

Табл. 13. Материальные затраты

Наименование	Единица Измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Бумага для принтера А4 (500 листов)	Пачка	1	270	270
Интернет	Месяц	3	350	1050
Ручка шариковая	Шт.	2	45	90
Бумага А1	Лист	30	15	450
Тетрадь	Шт.	1	40	40
Итого, руб.				1900

### 5.13 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Для данной статьи расходов рассчитаем амортизационные отчисления оборудования, используемого при ее выполнении: ноутбук DELL.

Амортизационные отчисления определим линейным методом:

$$A = \frac{P_{\text{ст}} \cdot N_a}{100\%},$$

где

$A$  – искомая сумма амортизации;

$P_{\text{ст}}$  – первоначальная стоимость оборудования;

$N_a$  – норма амортизации.

Норма амортизации выражается в процентах и представляет собой соотношение единицы на весь предполагаемый срок использования оборудования:

$$N_a = \left(\frac{1}{n}\right) \cdot 100\%$$

Норма амортизации ноутбука, используемого для выполнения работы составляет:

$$N_a = \left(\frac{1}{36 \text{ мес}}\right) \cdot 100\% = 2,7$$

Тогда, амортизация оборудования составила:

$$A = \frac{37\,000 \cdot 2,7}{100\%} = 999 \text{ руб.}$$

## 5.14 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определим бюджет затрат на научно-исследовательский проект. Для этого просуммируем все рассчитанные финансовые показатели проекта из предыдущих пунктов. Для наглядности составим таблицу 14, в которой показаны все сведения.

Табл. 14. Расчёт бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
1. Затраты по основной зарплате	243 276	58,4
2. Затраты по дополнительной зарплате	30 248,5	7,3
3. Отчисления во внебюджетные фонды	82 604,6	19,8
4. Материальные затраты	1900	0,5
5. Затраты на специальное оборудование	999	0,2
6. Накладные расходы	57 444,5	13,8
Бюджет затрат НИИ	416 476,6	100

## 5.15 Определение ресурсной эффективности исследования

Рассчитаем интегральный показатель ресурсоэффективности, для этого составим табл. 15.

Табл. 15. Оценка характеристики проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Оценка по 5-ти бальной шкале
1. Соответствие требованиям потребителей	0,35	5
2. Материалоёмкость	0,15	3
3. Удобство в эксплуатации	0,15	5
4. Энергосбережение	0,05	2
5. Надёжность	0,25	4
6. Длительность разработки	0,05	3
Итого	1	

Интегральный показатель ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$



где:

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

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

$$I_{pi} = 0,35 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 2 + 0,25 \cdot 4 + 0,05 \cdot 3 = 4,2$$

Такое значение интегрального показателя говорит о том, что разработанный проект достаточно ресурсоэффективный.

### **5.16 Выводы по разделу**

В результате выполнения раздела «Финансовый менеджмент» выполнена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований, произведено планирование научно-исследовательских работ, определена ресурсная эффективность исследования.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4А7В	Власовой Анастасии Константиновне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

<b>Автоматизированная приводная система реабилитационной кровати в области спина-бедро</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – Автоматизированная приводная ортезная система вертикализаторного тренажера, предназначенного для реабилитации больных с повреждённым опорно-двигательным аппаратом Область применения – реабилитация людей с ограниченными возможностями.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин; ГОСТ 23000-78. Система «человек-машина». Пульты управления. Общие эргономические требования; ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования; "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 29.12.2020); ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p>	<p>Вредные факторы: - недостаток необходимого освещения; - повышенный уровень шума;</p>

2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>- воздействие химических веществ;</li> <li>- аномальные микроклиматические параметры воздушной среды.</li> </ul> <p>Опасный факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- чрезмерно высокая температура рабочей поверхности;</li> <li>- факторы, связанные с электрическим током;</li> </ul>
3. Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Пыль;</li> <li>- Использование освещения, в котором присутствует тяжелый металл.</li> </ul> <p>Гидросфера:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Стоковые отходы;</li> <li>- Мусор, бытовая химия.</li> </ul> <p>Литосфера:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Образование отходов от использования компьютеров и периферийных устройств;</li> <li>- Отходы жизнедеятельности.</li> </ul>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: наводнения, ураганы, пожары, пандемия.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4А7В	Власова Анастасия Константиновна		

## **6. Социальная ответственность**

### **6.1 Введение по разделу**

Основным видом работы при написании ВКР была модернизация существующего вертикализаторного тренажёра (проведение аналитического обзора, написание технологии изготовления детали для производства, 3D моделирование и создание чертежей в специальных программах, составление пояснительной записки). Основным местом работы над ВКР служила аудитория 213 в 16А корпусе ТПУ.

Вся перечисленная работа производилась за компьютером. Действующее законодательство предполагает право работника на безопасные условия труда [19]. Обеспечение безопасной жизнедеятельности инженера-конструктора в значительной степени зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов.

В данном разделе более подробно рассмотрим некоторые опасные и вредные факторы, воздействующие на инженера.

### **6.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Работа инженера по виду трудовой деятельности относится к группе В – творческая работа в режиме диалога с ЭВМ, а по напряженности работы ко II категории тяжести [20].

Согласно ТК РФ Статье 91 нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Согласно ТК РФ Статье 92 сокращенная продолжительность рабочего времени устанавливается: для работников в возрасте до 16 лет - не более 24 часов в неделю; для работников в возрасте 60-80 лет - не более 35 часов в неделю; для работников, являющихся инвалидами I или II группы, - не более 35 часов в неделю; для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, - не более 36 часов в неделю.

Согласно ТК РФ Статья 94 Продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать: для работников в возрасте 15-16 лет - 5 часов, в

возрасте 16-18 лет - 7 часов; для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда: при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов; при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов.

В соответствии с СанПиНом 2.2.3670-20 площадь на одно постоянное рабочее место пользователей персональных компьютеров на базе электронно-лучевой трубки, должна составлять не менее 6 м<sup>2</sup>, на базе плоских дискретных экранов – не менее 4.5 м<sup>2</sup>. Оснащение светопроницаемых конструкций и оконных проёмов должно позволять регулировать параметры световой среды в помещении. Персональные компьютеры следует размещать таким образом, чтобы показатели освещённости не превышали установленных гигиенических нормативов, утверждённых в соответствии с пунктом 2 статьи 38 ФЗ № 52 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» [21, стр. 38].

Конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля. Зоны досягаемости моторного поля в вертикальной и горизонтальной плоскостях для средних размеров тела человека приведены на рис.35 [22].

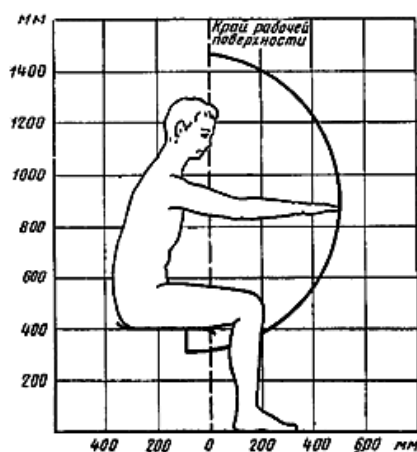


Рисунок 35 - Зона досягаемости моторного поля в вертикальной плоскости

Выполнение трудовых операций "часто" и "очень часто" должно быть обеспечено в пределах зоны легкой досягаемости и оптимальной зоны моторного поля, приведенных на рис. 36 (1 - оптимальная зона моторного поля; 2 - зона легкой досягаемости моторного поля; 3 - зона досягаемости моторного поля).

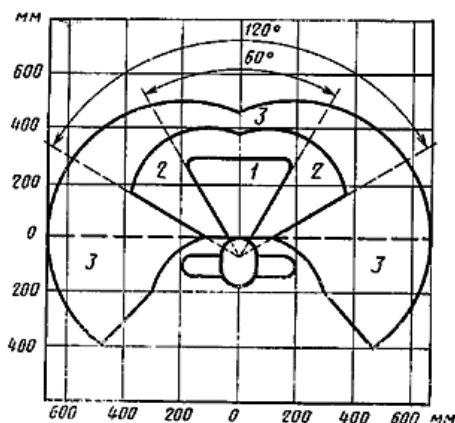


Рисунок 36 - Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления.

При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин или мужчин если оборудование обслуживают и женщины, и мужчины. Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием: высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног. Регулируемые параметры следует выбирать по номограмме, приведенной на рис. 37.

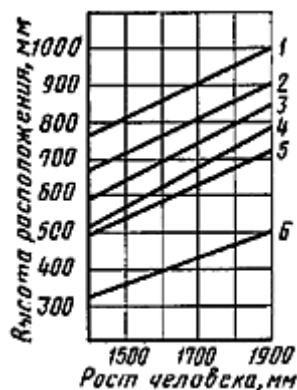


Рисунок 37 - Номограмма зависимости высоты рабочей поверхности для разных видов работ (1-4), пространства для ног (5) и высоты рабочего сиденья (6) от роста человека

В случае, когда высота нерегулируемая, высоту рабочей поверхности устанавливают по номограмме (рис. 37) для работающего ростом 1800 мм. Оптимальная рабочая поза для работающих более низкого роста достигается за счет увеличения высоты рабочего сиденья и подставки для ног на величину,

равную разности между высотой рабочей поверхности для работающего ростом 1800 мм и высотой рабочей поверхности, оптимальной для роста данного работающего [22].

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 очень часто используемые средства отображения информации, требующие точного и быстрого считывания показаний, следует располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от сагиттальной плоскости (рис.38).

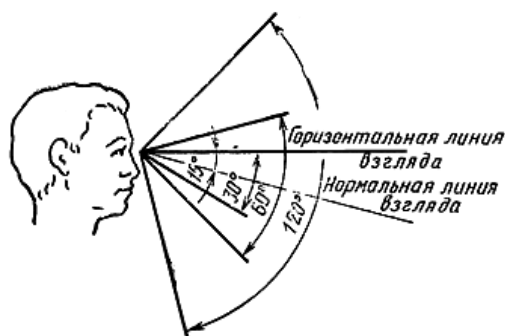


Рисунок 38 - Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

### 6.3 Производственная безопасность

Так как основным видом деятельности была модернизация существующего вертикализаторного тренажёра (проведение аналитического обзора, написание технологии изготовления детали для производства, 3D моделирование и создание чертежей в специальных программах, составление пояснительной записки), в опасные и вредные факторы, присутствующие при выполнении ВКР представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Разработка	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата от нормы	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [27]
Неправильная освещенность рабочей зоны	+	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение [23]
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [28]
Зрительное напряжение	+	ГОСТ Р 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования к безопасности» [29]
Нервно-психические перегрузки	+	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) [30]
Повышенный уровень электромагнитных излучений	+	СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях [31]

#### 6.4 Анализ опасных и вредных производственных факторов

1. Отклонение показателей микроклимата в закрытом помещении



Микроклимат определяется действующими на организм человека показателями температуры, влажности и скорости движения воздуха. Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. Для создания и поддержания оптимального микроклимата, независимо от наружных условий: в холодное время года используется водяное отопление; в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Кондиционер, с помощью приборов автоматического регулирования поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Оптимальные параметры микроклимата представлены в таблице 17.

Таблица 17 – оптимальные параметры микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
холодный	22-24	21-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	22-26	40-60	0,1

Объем помещений, в которых размещены работники программисты, не должен быть меньше 19,5 м<sup>3</sup>/человека с учетом максимального числа одновременно работающих в смену.

## 2. Неправильная освещенность рабочей зоны

Плохая освещенность рабочего места (как и любого другого, где человек проводит много времени) влияет на работоспособность: появляется усталость, сонливость и т.д. От недостатка света может ухудшиться зрение. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение [23].

Помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение. Эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при соответствующем обосновании и наличии положительного санитарно-эпидемиологического заключения, выданного в установленном порядке. Естественное и искусственное

освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток. Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами.

Освещенность рабочего места оператора на рабочем столе в горизонтальной плоскости от общего искусственного освещения должна быть от 300 до 500 лк. Освещенность на пюпитре в вертикальной плоскости должна быть не менее 300 лк [25].

### 3. Зрительное напряжение

Для точного считывания информации и обеспечения комфортных условий ее восприятия работа с дисплеями должна проводиться при таких сочетаниях значений яркости и контраста изображения, внешней освещенности экрана, углового размера знака и угла наблюдения экрана, которые входят в оптимальные или предельно допустимые (при кратковременной работе) диапазоны [24].

Дисплей на рабочем месте оператора должен располагаться так, чтобы изображение в любой его части было различимо без необходимости поднять или опустить голову. Дисплей на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора. Угол наблюдения экрана оператором относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать  $60^\circ$  [25]. Конструкция дисплея должна предусматривать наличие органов регулирования яркости и контраста [24].

### 4. Нервно-психические перегрузки

Нервно-психические перегрузки подразделяются на: умственное перенапряжение, перенапряженность анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки [26].

К показателям напряжённости трудового процесса относят: длительность сосредоточенного наблюдения; активное наблюдение за ходом производства; число производственных объектов одновременного наблюдения; плотность

сигналов (световых, звуковых) и сообщений в единицу времени; нагрузка на слуховой и голосовой анализатор; работа с оптическими приборами.

#### 5. Повышенный уровень электромагнитных излучений

До недавнего времени воздействие электромагнитных полей считались безвредными. Однако, электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, оказывает вредное воздействие на организм человек. Основным источником этих проблем, являются дисплеи (мониторы), особенно дисплеи с электронно-лучевыми трубками. Они представляют собой источники наиболее вредных излучений, неблагоприятно влияющих на здоровье программиста. Электромагнитное поле имеет электрическую и магнитную составляющую. Считается, что магнитная составляющая вызывает большую реакцию, чем электрическая.

Может возникнуть опасность по уровням напряженности электромагнитного поля. На расстоянии 5-10 см от экрана и корпуса монитора уровни напряженности могут достигать 140 В/м по электрической составляющей, что значительно превышает допустимые значения СанПиН. Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора представлены в табл. 18.

Таблица 18 - Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности монитора	10В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности монитора	0,3А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: для взрослых пользователей (для учебных заведений)	20кВ/м (15кВ/м)

## **6.5 Экологическая безопасность**

В данном разделе рассматривается только разработка конструкции, следовательно, загрязнения от производства установки не будут учитываться. Но даже при работе за компьютером человек загрязняет окружающую среду.

В холодные времена года помещения должны отапливаться, значит, в воздух попадают вредные вещества от горения топлива. В процессе деятельности человек создаёт бытовой мусор, который в свою очередь должен быть утилизирован и переработан по правилам для того, чтобы не происходило загрязнения окружающей среды. В литосферу могут попадать не только бытовой мусор, но и отходы от использования компьютеров и периферийных устройств. Также в результате деятельности человек загрязняет гидросферу отходами жизнедеятельности (стоковые воды), мусором и различной бытовой химией.

## **6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

По характеру источника все чрезвычайные ситуации подразделяются на: ЧС природного характера, ЧС техногенного характера, Биолого-социальные ЧС, ЧС социального характера, Экологические ЧС.

Наиболее типичная ЧС – пожар. Пожаром называется неконтролируемый процесс горения вне специального очага, наносящий материальный ущерб, вред здоровью и жизни людей, интересам общества и государства.

Рассмотрим порядок действий, когда пожар случился на рабочем месте:

1. Если пожар произошел непосредственно в Вашем кабинете, немедленно сообщите о возгорании в пожарную охрану по телефону 01 или по сотовому – 101, 112, закройте окна и форточки, по возможности отключите электроприборы из сети.
2. Если ликвидировать очаг горения самостоятельно невозможно, срочно покиньте помещение и закройте за собой дверь, не запирая ее на замок.
3. Оповестите о происшествии коллег в соседних кабинетах и примите все возможные меры по их эвакуации.
4. При необходимости отключите электроэнергию и вентиляцию.

5. Покиньте опасную зону и действуйте по указанию администрации или пожарной охраны.

6. Если возгорание случилось в соседнем с Вами помещении, все равно в первую очередь звоните в пожарную охрану.

7. Если есть возможность, выходите в коридор и направляйтесь к выходу на улицу. Постарайтесь не забыть закрыть у себя окна и прикрыть за собой дверь в кабинет. Пользуйтесь ближайшим выходом - основным или запасным.

8. По ходу эвакуации старайтесь оповестить остальных людей и принять возможные меры по их эвакуации.

9. Если лестничные клетки сильно задымлены и покидать помещение опасно, оставайтесь в своем кабинете. Уплотните дверь, заткнув щели подручной тканью или предметами одежды. Чуть приоткройте окно для проветривания. Закрытая и хорошо уплотненная дверь надолго защитит от опасной температуры и дыма.

10. Постарайтесь сообщить администрации о своем местонахождении, а с прибытием пожарных подразделений подойдите к окну и подайте знак об оказании Вам помощи.

### **6.7 Вывод по разделу**

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, также безопасности в ЧС (рассмотрен план действия при возникновении самой вероятной ЧС – пожара). Был приведён список требований, предъявляемых к рабочему месту инженера-конструктора. Также были рассмотрены и проанализированы опасные и вредные факторы, влияющие на исполнителей. В подразделе «Экологическая безопасность» было рассмотрено влияние на окружающую среду.

## **6. Заключение**

Итогом выполненной квалификационной работы является спроектированная 3D-модель вертикализаторного тренажёра. В ходе работы сделано следующие: изучены аналоговые устройства, создана детализированная 3D-модель узла привода, подобраны покупные комплектующие привода, разработан технический процесс производства детали «Эксцентриковый вал», разработана технологическая документация (размерная схема, расчетно-технологическая карта, карта наладки, операционная карта), произведен анализ бюджетных затрат на научно-исследовательскую работу, выявлены возможные ЧС в процессе разработки и оценено влияние устройства на атмосферу, литосферу и гидросферу .

## 7. Список литературы

1. Ю.А. Попадюха Особенности применения современных вертикализаторов и параподиумов в физической реабилитации // Современные здоровьесберегающие технологии. - 2018. - №4. - С. 118-138.
2. Блинова А.Б. Механотерапия как средство реабилитации постинсультных пациентов // Вестник современных исследований. - 2019. - №1.8(28). - С. 21-29.
3. С.Г. Щербак, А.Е. Терешин, А.С. Голота, А.Б. Крассий Вертикализация: обоснование ключевой роли в общей системе реабилитации // Медицинский алфавит . - 2019. - №1.4. - С. 32-34.
4. Корсакова Е.А. Роль вертикализации ортопедической коррекции в медицинской реабилитации детей с ДЦП // Вестник физиотерапии и курортологии журн. - 2015. - №25.2. - С. 133а-133.
5. Тренажер-вертикализатор Easy Stand Glider // URL: // <https://med-ob.ru/vertikalizatori/dlya-vzroslyh-vertikalizatori/vertikalizator-easystand-evolv-glider-adult> (дата обращения: 18.03.2021).
6. Стол-вертикализатор с интегрированным роботизированным ортопедическим устройством и синхронизированной функциональной электростимуляцией // URL: // <https://beka.ru/ru/katalog/rannaya-aktivizatsiya-i-vertikalizatsiya/erigo-pro/> (дата обращения: 25.04.2021).
7. Шагательный тренажер типа Имитрон // URL: // <https://idealturnik.ru/product/shagatelnyy-trenazher-tipa-imitron/> (дата обращения: 23.04.2021).
8. Савельева Л.В., Варакута Е.Ю., Григорьева Л.А., Данильчук Р.В., Дробатулина Д.А., Малиновский С.В., Мельник Ю.Ю. Функциональная анатомия опорно-двигательного аппарата. - Томск: 2016. - 81 с.
9. Кудрявцев В.Н. Планетарные передачи. М.-Л.: Машиностроение, 1966. 308с.
10. Руденко В.П. Планетарные и волновые передачи: Альбом конструкций. -М. Машиностроение, 1980, 148 с.

11. "ГОСТ 14.205-83 Технологичность конструкции изделий" от 01.07.1983 // Система технологической подготовки производства: Сборник национальных стандартов. - М.: Стандартиформ, 2009
12. "ГОСТ 2590-88: Прокат стальной горячекатаный круглый" от 01.01.1990 // Стальной листовой прокат. Сортамент: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2003
13. "ГОСТ 166-89 - Штангенциркули. Технические условия." от 01.01.1991 // М.: ИПК Издательство стандартов, 2003
14. "ГОСТ 6507-90 - Микрометры. Технические условия." от 01.01.1991 // М.: ИПК Издательство стандартов, 2004
15. "ГОСТ 9378-93 Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия." от 01.01.1997 // М.: ИПК Издательство стандартов, 1996
16. Анурьев В. И. Справочник конструктора - машиностроителя: В 3-х т. Т. 1.-8-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 2001.-920 с., ил.
17. 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.
18. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 495 с.
19. ТК РФ " Статья 212. Обязанности работодателя по обеспечению безопасных условий и охраны труда" от 31.12.2001 (ред. от 29.12.2020).
20. "СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»" от 28.01.2021 // Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru), 03.02.2021



21. "СанПиН 2.2.3670-20 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда" от 02.12.2020 // Интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru), 29.12.2020

22. "ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования." от 01.01.1979 // Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

23. "СанПиН 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение" от 08.05.2017 // Интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru), 20.06.2017

24. "ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности." от 01.07.2002 // М.: Стандартинформ, 2008 (переиздание по состоянию на апрель 2008 г.)

25. "ГОСТ Р 50923-96. Дисплей. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения." от 01.07.1997 // М.: Стандартинформ, 2008

26. "ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда" от 01.01.1976 // Система стандартов безопасности труда. Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002

27. "СанПиН 2.2.4.548-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы" от 01.10.1996

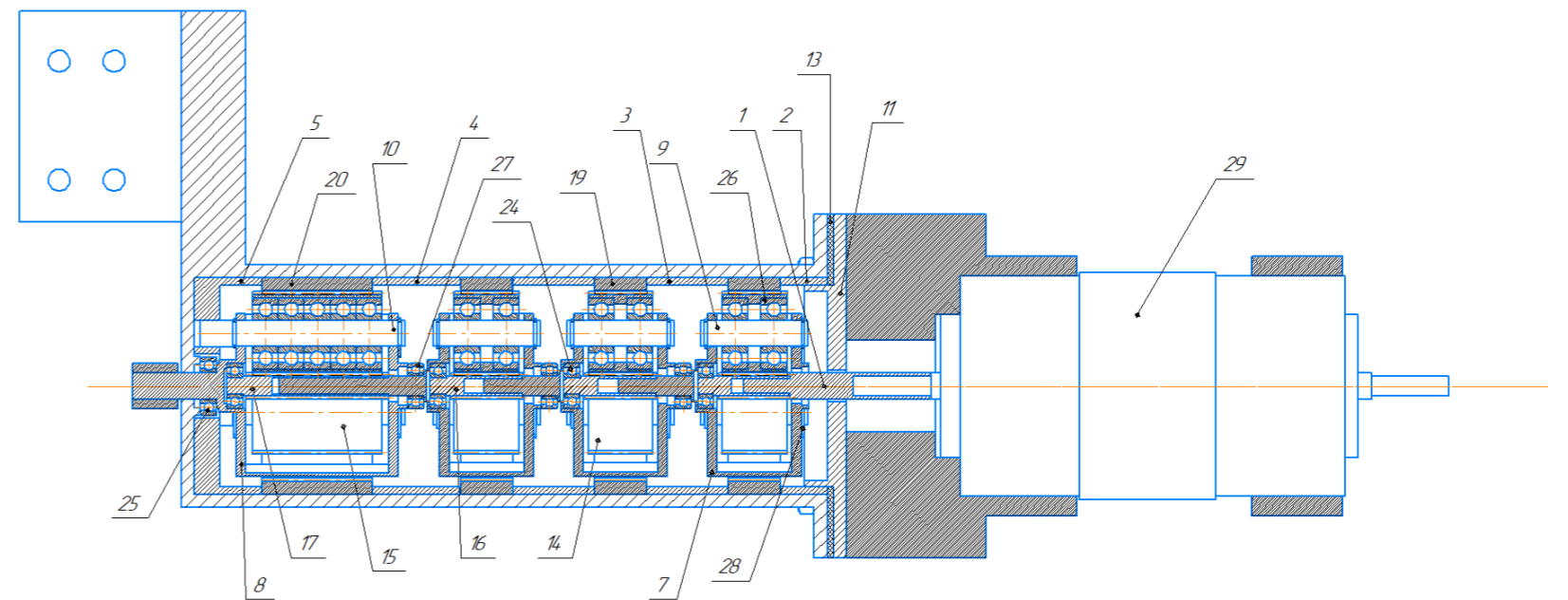
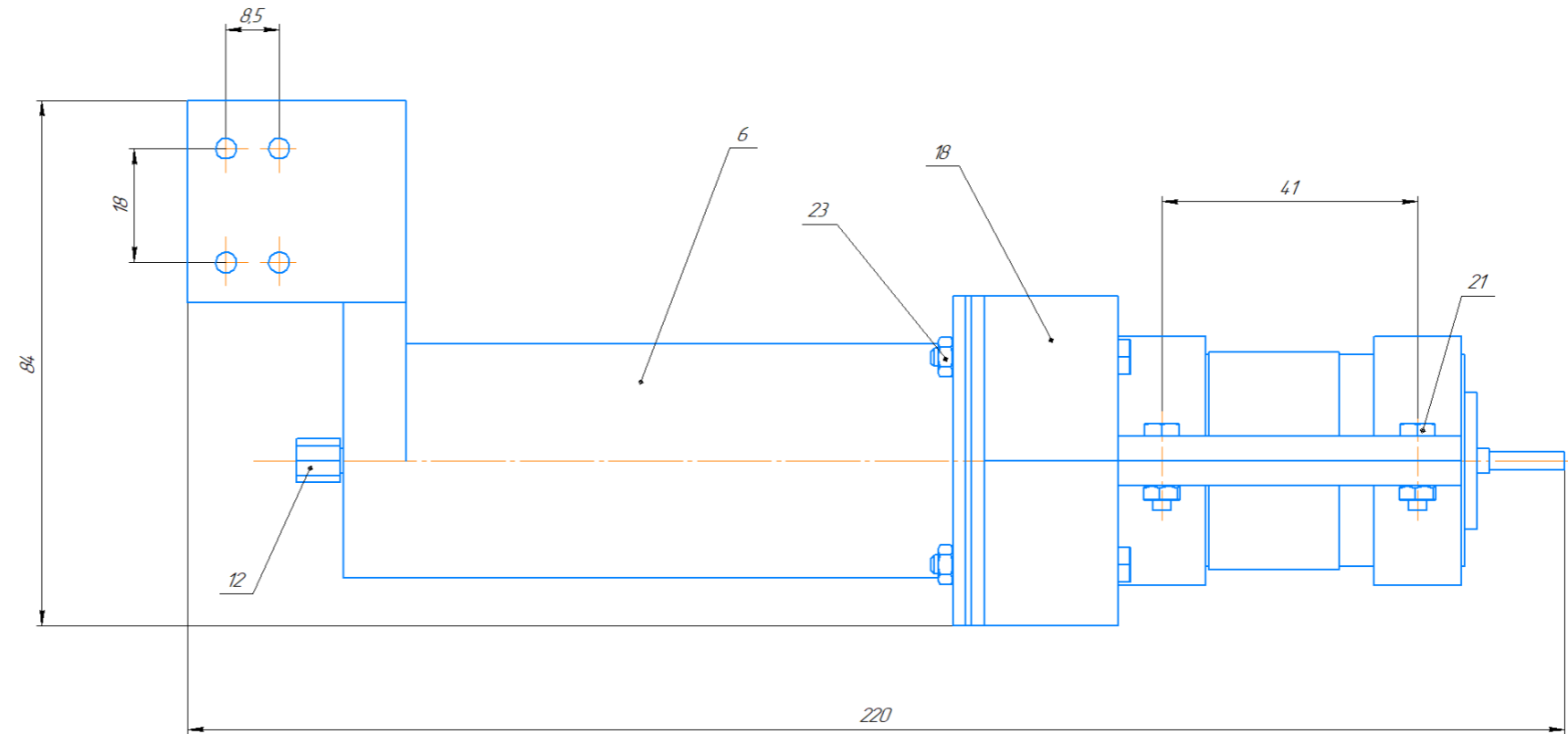
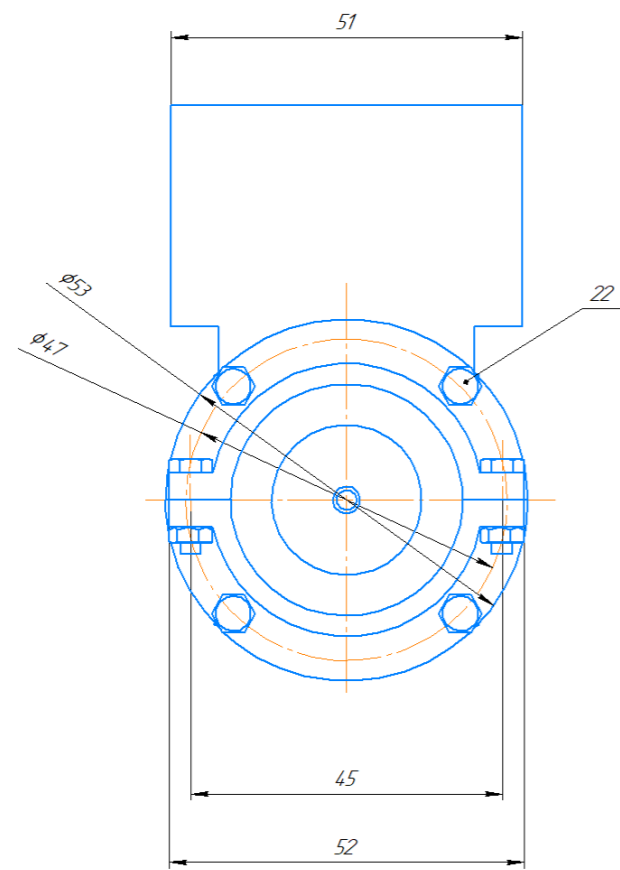
28. "ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов." от 01.07.1983 // Система стандартов безопасности труда: Сб. ГОСТов. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001

29. "ГОСТ Р 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования к безопасности»" от 01.07.2002 // М.: Стандартинформ, 2008 (переиздание по состоянию на апрель 2008 г.)

30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)

31. "СанПиН 2.2.4.1191-03 Электромагнитные поля в производственных условиях" от 30.01.2003 (с изменениями на 2 марта 2009 года)

**Приложение А**  
**Сборочный чертёж привода**



**Технические характеристики:**  
 1. Частота вращения выходного вала двигателя 6000 об/мин  
 2. Частота вращения выходного вала редуктора 0,91 об/мин  
 3. Момент на выходном вале редуктора 98 Нм

**Технические требования:**  
 1. Корпус редуктора красить эмалью  
 2. Валы валов запрессованы в солнечные шестерни

ИШНПТ-8/172257.01.00.00 СБ			
<b>Привод</b>			
<b>Сборочный чертёж</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Лист
Разраб.	Власова А. К.	Дата	
Проб.	Королёв В. П.		
Техн.пр.			
Начерт.			
Умб.			
Лист	21	Масса	Масштаб
Листов	1		
ТПУ ИШНПТ Группа 4А7В			

**Приложение Б**

**Спецификация**

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<i>Документация</i>							
A1			ИШНПТ-8/172257.01.00.00 СБ	Сборочный чертеж			
<i>Детали</i>							
		1		Входной вал	1		
		2		Дистанционное кольцо	1		
		3		Дистанционное кольцо	2		
		4		Дистанционное кольцо	1		
		5		Дистанционное кольцо	1		
		6		Корпус	1		
		7		Водило	3		
		8		Водило	1		
		9		Вал сателлита	9		
		10		Вал сателлита	3		
		11		Крышка	1		
		12		Муфта	1		
		13		Прокладка	1		
		14		Сателлит	9		
		15		Сателлит	3		
		16		Солнечное колесо	3		
		17		Солнечное колесо	1		
		18		Стакан	2		
		19		Эпицикл	3		
		20		Эпицикл	1		
<b>ИШНПТ-8/172257.01.00.00</b>							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Власова А.К.					
Проб.		Крациньш Д.П.					
Н.контр.							
Утв.							
<b>Привод</b>					Лит.	Лист	Листов
					У	1	2
					ТГУ ИШНПТ Группа 4А7В		

Не для коммерческого использования

Копировал

Формат А4

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Инв. № подл. Подл. и дата  
 Взят. инв. № Инв. № дубл. Подл. и дата

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Стандартные изделия</u>		
		21		Болт М3-6х12 ГОСТ 7805-70	4	
		22		Болт М3-6х30 ГОСТ 7805-70	4	
		23		Гайка М3-6Н ГОСТ 5927-70	8	
		24		Подшипник 100009/25 ГОСТ 8338-75	4	
		25		Подшипник 1000084 ГОСТ 8338-75	1	
		26		Подшипник 1000094 ГОСТ 8338-75	33	
		27		Подшипник 2000083 ГОСТ 8338-75	3	
		28		Кольцо А4.50 ХГА ГОСТ 13942-86	12	
				<u>Прочие изделия</u>		
		29		ДПМ-35-Н2-04	1	

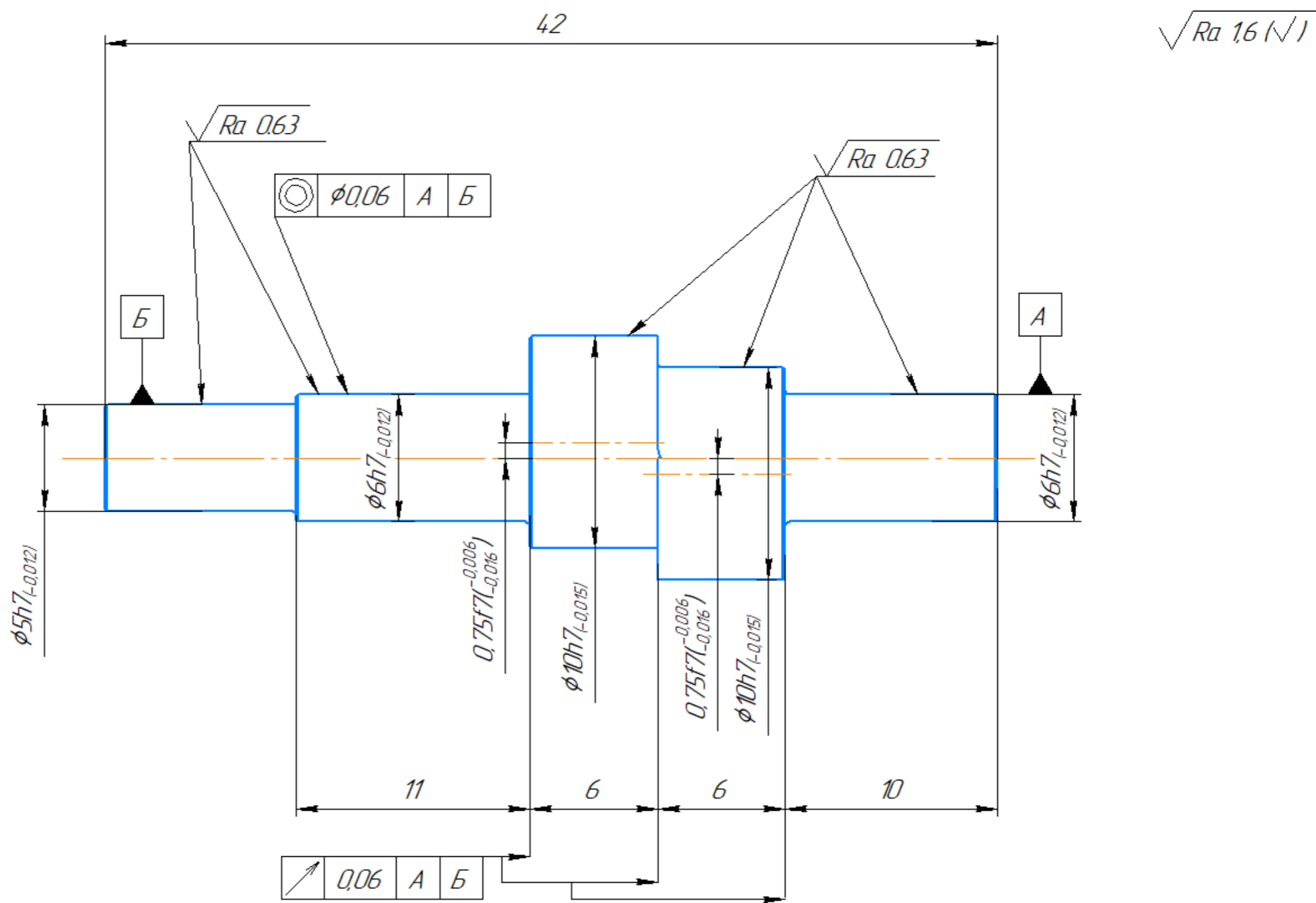
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>ИШНПТ-8/72257.01.00.00</b>	Лист
						2

## **Приложение В**

### **Чертёж эксцентрикового вала**



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------



1. Неуказанные фаски  $0,1 \times 45^\circ$
2. Неуказанные радиусы скругления  $0,2$  мм
3. Неуказанные предельные отклонения  $\pm IT \frac{14}{2}$
4. HRC 42...51

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Эксцентрикoвый вал	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Власова А.К.					У		5:1
Проб.	Крациньш Д. П.							
Т.контр.								
Н.контр.					15 ГОСТ 2590-88			
Утв.					Круг 45 ГОСТ 1050-88	Лист	Листов	1