

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

---

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
Проектирование стола для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ УДК <u>621.791.725.03:621.039.548</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л41	Ковылин Никита Денисович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Червач Ю.Б.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева И.И.	-		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Общекультурные компетенции</i></b>	
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.
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.
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P7	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.
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного и сварочного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций
P9	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.
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.
P11	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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	изделий машиностроения и сварочного производства.
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.
P13	Готовность составлять техническую документацию (графики работ, инструкции, сметы, планы, заявки на материалы и оборудование), 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.
P14	Способность 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.

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

---

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

УТВЕРЖДАЮ:

\_\_\_\_\_  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
8Л41	Ковылин Никита Денисович

Тема работы:

Проектирование стола для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе:</b>	Технические требования на универсальную установку лазерной сварки каналов
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Разработка принципиальной схемы работы транспортирующей системы подачи трубок ТВЭЛ к сварочной операции. Проектирование конструкции транспортирующей системы. Назначение исполнительных элементов привода.

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>Технологическая часть</b>	Червач Ю.Б.
<b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>	Попова С.Н.
<b>Социальная ответственность</b>	Авдеева И.И.

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

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Червач Ю.Б.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Л41	Ковылин Никита Денисович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 126 с., 49 рис., 10 табл., 22 источника литературы, 7 приложений.

Ключевые слова: проектирование, транспортирующая установка, автоматизированный комплекс, ТВЭЛ, лазерная сварка.

Объект исследования – автоматизация сварочного процесса.

Предмет исследования – автоматизированная установка для транспортировки трубок ТВЭЛ.

Цель работы: разработать и спроектировать автоматизированную установку для транспортировки трубок ТВЭЛ к сварочной операции с дальнейшим отводом в накопительную зону.

В результате исследования был проведен анализ конструкций конвейерных систем. Разработана и спроектирована транспортирующая система для перемещения трубок ТВЭЛ к сварочной операции с дальнейшим отводом трубок в накопительную зону. Проведена серия испытаний для проверки работоспособности транспортирующей системы с шнековой компоновкой. Разработан технологический процесс изготовления детали «Ступица», которая является частью исполнительного органа подвижной части транспортирующей системы. Проведен финансовый расчет стоимости проекта.

## Оглавление

Введение.....	10
1. Обзор конструкций и рекомендации к выбору типа транспортирующей системы.....	12
1.1. Техническое задание .....	12
1.2. Выбор типа транспортирующей системы .....	13
1.3. Экономические факторы выбора транспортирующей машины .....	15
1.4. Основные виды конвейерного транспорта.....	16
1.5. Ленточные конвейеры .....	18
1.5.1. Элементы ленточного конвейера .....	20
1.6. Шагающие конвейеры .....	23
1.7. Винтовые конвейеры .....	24
Вывод по главе 1 .....	27
2. Разработка вариантов реализации транспортирующего стола .....	28
2.1. Разработка ленточного конвейера .....	28
2.2. Разработка шнековой системы транспортировки .....	30
2.2.1. Разработка конструкции шнекового конвейера.....	31
2.2.2. Создание экспериментальной установки .....	32
2.2.3. Определение предварительной силы натяжения.....	34
2.2.4. Силовые соотношения .....	35
2.2.5. Расчет минимального предварительного натяжения.....	38
2.2.6. Определение момента страгивания при разной величине натяжения.....	40
2.2.7. Испытание на трение.....	42
Вывод по главе 2 .....	44
3. Проектирование шагового конвейера.....	45
3.1. Проектирование конструкции транспортирующего стола .....	49
3.2. Расчет мощности привода .....	52
3.3. Проектирование накопительного стола .....	62
3.4. Разработка технологического маршрута изготовления детали «Ступица .....	64
3.4.1. Определение типа производства .....	66

3.4.2. Выбор исходной заготовки .....	66
3.4.3. Размерный анализ технологического процесса .....	67
3.4.4. Назначение допусков на технологические размеры .....	68
3.4.5. Расчет минимальных припусков на линейные технологические размеры .....	69
3.4.6. Расчет технологических размеров .....	70
3.4.7. Расчет осевых технологических размеров .....	71
3.4.8. Расчет режимов резания .....	73
3.4.9. Расчет норм времени технологического процесса .....	76
Вывод по главе 3 .....	87
4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	90
4.1. Организация и планирование работ .....	90
4.2. Продолжительность этапов работ .....	92
4.3. Расчет сметы затрат на выполнение проекта .....	97
4.4. Расчет затрат на материалы .....	97
4.5. Расчет заработной платы .....	98
4.6. Отчисления во внебюджетные фонды .....	100
4.7. Расчет амортизационных расходов .....	100
4.8. Расчет прочих расходов .....	101
4.9. Стоимость разработки .....	102
4.10. Расчет прибыли .....	102
4.11. Расчет НДС .....	103
4.12. Цена разработки ВКР .....	103
Вывод по главе 4 .....	103
5. Социальная ответственность .....	108
5.1. Описание рабочего места .....	108
5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды .....	109
5.2.1. Микроклиматические условия .....	109
5.2.2. Вредные вещества .....	110



5.2.3. Производственный шум .....	112
5.2.4. Освещенность.....	113
5.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	116
5.3.1. Факторы электрической природы .....	116
5.3.2. Охрана окружающей среды .....	118
5.4. Безопасность в ЧС.....	119
5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	121
Вывод по главе 5 .....	122
Заключение .....	123
Список источников литературы .....	124

## **Введение**

Автоматизация технологических процессов в современном мире является решающим фактором в улучшении качества производимой продукции и повышении производительности труда. Для любого предприятия необходимо снижать постоянные издержки, связанные с производством, так как именно этот путь помогает снизить себестоимость выпускаемой продукции, что, соответственно, повлияет на конкурентоспособность данного предприятия в реалиях рыночной экономики.

Главным инструментом модернизации производства является внедрение автоматизированных систем. Автоматизированные системы управления технологическими процессами являются высшим этапом комплексной автоматизации и призваны обеспечить существенное увеличение производительности труда, улучшение качества производимой продукции и других технико-экономических показателей производства, а так же защиту окружающей среды. Внедрение современных автоматизированных систем позволяют минимизировать участие человека в технологическом процессе, что положительно влияет на снижение количества брака в доле выпускаемой продукции, а так же обеспечивает непрерывную, безаварийную работу. Проблема автоматизации технологических процессов является актуальной и для крупных производств энергетического машиностроения. Так, востребованным является поиск решения проблемы автоматизации процесса сварочных операций.

Цель работы: разработать и спроектировать автоматизированную установку для транспортировки трубок ТВЭЛ к сварочной операции с дальнейшим отводом в накопительную зону.

Задачи:

1. Проанализировать существующие типы и конструкции транспортирующих систем;

2. Разработать различные варианты транспортирующего стола для транспортировки трубок ТВЭЛ к сварочной операции и провести испытания конструкций;
3. Спроектировать транспортирующий стол на основе выбранного типа транспортирующей системы;
4. Разработать технологический процесс изготовления детали «Ступица»;
5. Провести анализ экономической целесообразности реализации проекта;
6. Оценить производственную и экологическую безопасность реализации проекта.

Объект исследования – автоматизация сварочного процесса.

Предмет исследования – автоматизированная установка для транспортировки трубок ТВЭЛ.

Научная и практическая значимость результатов заключается в разработке и проектировании транспортирующей системы для перемещения трубок ТВЭЛ к сварочной операции с дальнейшим отводом трубок в накопительную зону. Данное проектное решение может быть применено в реальном производстве для автоматизации этапов сварочных операций.

# 1. Обзор конструкций и рекомендации к выбору типа транспортирующей системы

## 1.1. Техническое задание

Целью разработки является создание высокопроизводительной, точной и безопасной автоматизированной транспортирующей системы для подачи трубок к технологической операции, с дальнейшим отводом готовой единицы в накопительную зону. Размеры транспортируемого груза – трубка диаметром  $12,6 \div 13,0$  мм и длиной до 4500 мм. Производительность комплекса должна составлять не менее 120 сварочных операций в час. Вместимость стола должна обеспечивать размещение количества трубок кратное 18 шт.

Реализуемые комплексом задачи:

- транспортировка трубок к сварочной операции;
- позиционирование трубок с необходимой точностью;
- отвод трубок в накопительную зону.

Таблица 1 – Технические требования к лазерной установке

Диаметр трубки	12,6÷13,0 мм
Длина	до 4500 мм
Толщина стенки трубки	0,6÷1,5 мм
Производительность сварок/час, не менее	120
Электропитание транспортирующего привода, В	220 (+22;-33)
Частота питающей сети, Гц	50 ± 1

### *Основные задачи и цели создания устройства*

Автоматизированный комплекс по сварке наконечников ТВЭЛ – комплекс для высокопроизводительной и точной сборки трубок ТВЭЛ с минимальным участием в технологическом процессе человека.

### ***Требования к техническому обеспечению***

Сборочный комплекс устанавливается в цехах предприятия, т.е. в закрытых отапливаемых и вентилируемых помещениях. Каждое из звеньев комплекса должно быть устойчивым к воздействию температур от +15 до +25°C и влажности воздуха не более 50 %.

Цехи оборудованы трехфазной питающей сетью с напряжением 380 (+38;-57) В и частотой питающей сети 50 ±2 Гц.

## **1.2. Выбор типа транспортирующей системы**

Рассмотрев существующие решения на рынке, было решено разработать собственный автоматизированный комплекс по сварке наконечников ТВЭЛ. Для того что бы процесс проектирования был наиболее эффективен, необходимо рассмотреть многообразие конструкций применяемых для смежных целей.

Из-за большого разнообразия конструкций машин, для решения одной и той же задачи возможно применение разного типа транспортирующих машин. Очень важно выбрать именно такую конструкцию, которая наиболее полно бы удовлетворила всем требованиям и условиям конкретного задания.

Выбор того или иного решения – очень важный этап проектирования, так как требует от проектировщика не только специальных знаний конструктивных и эксплуатационных свойств транспортирующих машин, но и детального знакомства с производственным процессом на механизированном предприятии и условиями окружающей среды, но и умения выполнять технико-экономическое сравнение возможных вариантов решения.

Основными критериями выбора транспортирующей машины является удовлетворение комплексу заданных технических требований и технико-экономическая эффективность её применения.

Одним из самых важных условий является обеспечение надежности работы в заданных условиях и удовлетворение требованиям охраны труда и техники безопасности.

**Основными техническими факторами выбора машины являются[17]:**

- *Характеристика транспортируемого груза* – подробное изучение физико-механических свойств груза, подлежащего транспортировке, может значительно сузить выбор возможных к использованию конструкций машин. При анализе этого технического фактора, необходимо обратить внимание на габариты груза, требование к сохранению его целостности и надежности работы машины (липкие, влажные грузы, как правило, многими машинами не транспортируются), обеспечение техники безопасности и гарантия соблюдения благоприятных условий труда;

- *Требования к производительности машины* – для каждой транспортирующей машины характерны определенные оптимальные режимы работы. При увеличении или уменьшении скорости подвижного элемента будет изменяться количество груза, приходящееся на единицу длины конвейера, тем самым можно выбирать необходимую нам производительность;

- *Траектория движения, её длина и конфигурация пути перемещения груза* – каждая конструкция имеет собственную конфигурацию траектории перемещения. Необходимо назначить такую конструкцию, которая обеспечивала бы выполнение задания с наименьшими энергетическими потерями и при отсутствии или минимальном числе промежуточных перегрузок;

- *Способы погрузки и разгрузки грузов* – для обеспечения максимальной производительности процесса рационально применять машину с автоматизированной погрузкой и разгрузкой, по возможности, без дополнительного ручного труда;

- *Условия окружающей среды, в которых должна работать транспортирующая машина* – машина может работать как в условиях цеха или

любого другого закрытого помещения, так и на открытой местности. В обоих случаях необходимо учитывать внешние факторы окружающей среды, но в последнем случае необходимо учитывать климатические условия местности и их влияние на работоспособность механизма. Окружающая среда так же может быть взрыво- или пожароопасной, в этих случаях машина должна иметь соответствующее исполнение (пожароопасное или взрывоопасное);

### **1.3. Экономические факторы выбора транспортирующей машины [10]**

После выбора конструкций, удовлетворяющих вышеупомянутым техническим требованиям, следует провести экономический анализ, для определения оптимального варианта относительно технических и экономических требований.

При сравнении экономической эффективности нескольких потенциально возможных для реализации конструкций оценивают следующие показатели:

- a. капитальные затраты на приобретение и монтаж каждой транспортирующей системы;
- b. эксплуатационные расходы и себестоимость транспортировки 1 т груза;
- c. производительность и численность рабочих, занятых на погрузке и разгрузке;
- d. сроки окупаемости капитальных затрат.

Оптимальным выбором будет являться машина, которая обеспечивает наибольший годовой экономический эффект по сравнению с другими вариантами. Годовой экономический эффект представляет из себя суммарную экономию всех производственных ресурсов (материалы, труд рабочих, капитальные вложения и т.п.) в результате эксплуатации транспортирующей системы.

$$\mathcal{E} = (Z_6 - Z_H) \cdot A, \quad (2.1)$$

где  $\mathcal{E}$  – экономический эффект, руб.;  $Z_6$  и  $Z_H$  – приведенные затраты на выпуск единицы продукции (или работы), производимой при помощи базового ( $Z_6$ ) и рекомендуемого нового ( $Z_H$ ) типов машины или сопоставимых вариантов, руб.;  $A$  – годовой объем производства продукции в натуральных единицах.

В качестве базового варианта назначают наиболее эффективный тип машины. В случае когда необходимо сравнить несколько вариантов, эффект рассчитывается для каждого из вариантов, и в дальнейшем назначается наиболее эффективный.

Расчет годового экономического эффекта включает в себя общую часть, результаты расчета экономических показателей нескольких вариантов, выводы с рекомендациями и приложение с документальными подтверждениями исходных данных.

Общая часть содержит техническую характеристику сравниваемых вариантов, их основные параметры, сроки службы и т.п. В сводной таблице результатов расчета приводятся значения: себестоимости машины, срока службы с учетом морального износа, производительности, удельных капитальных вложений в производственные фонды, сопутствующих капитальных затрат потребителя на одну машину, годового объема производства новой машины, принятого для расчета экономического эффекта, годовых экономических эффектов на одну машину и на общий объем производства.

Стоимостные показатели определяются по соответствующим прейскурантам цен и инструкциям.

#### **1.4. Основные виды конвейерного транспорта [11]**

Конвейерные машины составляют неотъемлемую часть технологических процессов промышленных предприятий (шахт, карьеров, обогатительных фабрик и др.)



Основные задачи, решаемые конвейерными системами на предприятиях:

- регулировка темпа производства;
- повышение производительности труда;
- увеличение производительности предприятий;
- комплексная механизация и автоматизация транспортно-

технологических процессов.

По принципу работы транспортирующие машины принято разделять на две конструктивные группы: машины непрерывного и периодического действия.

К первым относят машины с непрерывным перемещением штучных или насыпных грузов по заданной траектории без остановок для загрузки или разгрузки. Перемещаемый груз располагается сплошным слоем на несущем элементе машины – полотне или ленте или порционно в непрерывно движущихся последовательно расположенных на некотором расстоянии друг от друга коробах, ковшах или в других емкостях. Штучные грузы перемещаются так же непрерывным потоком, последовательно один за другим. При этом грузонесущий элемент совершает одновременно как рабочее (с грузом), так и обратное (без груза) движение.

Для машин периодического действия характерна периодическая подача груза, перемещение груза происходит отдельными порциями, обусловленными грузоподъемностью машины. При этом разгрузка и загрузка производится, как правило, при остановке машины.

Цикл работы машины периодического действия состоит из остановки для загрузки груза, движения груза по заданной траектории, остановки для разгрузки и обратного движения без груза.

Особую группу транспортирующих машин составляют работающие совместно с ними вспомогательные устройства: весы, бункеры, погрузочные машины, питатели, дозаторы, желоба и т.д.

Конвейеры на современных производствах применяются в качестве:

1) Высокопроизводительных транспортирующих машин, перемещающих грузы из одного пункта в другой, между участками внутризаводского цикла, так и в некоторых случаях в качестве внешнего транспорта.

2) Транспортирующих агрегатов мощных перегрузочных устройств (например, мостовых перегружателей, отвалообразователей и т.д.) и погрузочных машин;

3) Машин для перемещения грузов-изделий в соответствии с технологическим процессом от одной технологической операции к другой, от одного рабочего места к другому, устанавливающих, организующих и регулирующих темп производства и совмещающих, в ряде случаев, функции накопителей (подвижных складов) и распределителей грузов-изделий по отдельным технологическим линиям;

4) Машин и передаточных устройств в технологических автоматических линиях изготовления и обработки деталей и сборочных единиц изделий.

### **1.5. Ленточные конвейеры [9]**

Ленточные конвейеры являются наиболее распространённым средством непрерывного транспортирования различных типов грузов в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и т.д.

Основой конвейера является бесконечная вертикально замкнутая гибкая лента. В зависимости от назначения лента может иметь плоскую или желобчатую форму. Верхняя ведущая и нижняя ведомая (ненагруженная) ветвь ленты поддерживаются роlikоопорами. Поступательное движение ленте конвейера передает приводной барабан, приводимый в движение силовым агрегатом. Как правило, силовым агрегатом часто является электродвигатель, который совместно с редуктором обеспечивает необходимый вращательный момент на приводной барабан. Груз поступает на ленту при помощи

погрузочного устройства, а разгружается посредством специальных разгрузочных устройств.

Стационарные ленточные конвейеры общего назначения делятся на легкий, нормальный, тяжелый и сверхтяжелый типы.

По типу транспортной ленты различают конвейеры с резинотканевой и резинотросовой, стальной и проволочной лентами, ленточно-канатные и ленточно-цепные.

Перечислим наиболее распространенные типы ленточных конвейеров:

- прямые; в основе конструкции — гибкая лента, которую поддерживают роlikоопоры. Производительность может достигать 25 тыс. т/ч, длина — 10 км. Используются на складах, в сортировочных цехах и т. п.;

- желобчатые; основание ленты — желобчатая роликoвая опора из стали или алюминия. Такие конвейеры получили широкое распространение в машиностроении, энергетике, деревообрабатывающей промышленности, строительстве, при добыче угля и на предприятиях переработки отходов;

- наклонные, основное отличие таких конвейеров от прямых — направленность под углом к горизонтали. Оборудование применяется, когда необходимо транспортировать грузы вверх и вниз. Наклонные конвейеры применяют в разных сферах промышленности, на складах и в логистических комплексах;

- смешанного типа, одна часть такого конвейера прямая, другая — наклонная. Выделяют L-образные и Z-образные ленты смешанного типа. Чаще всего используются в условиях ограниченного пространства;

- поворотные, лента такого транспортера перемещается по ползунам, разделенным на сегменты. Оборудование включает систему передачи вращательного момента. Поворотный конвейер применяется во многих отраслях, наибольшее распространение получил на кондитерских предприятиях;

- телескопические, такой транспортер позволяет корректировать длину и угол наклона во время работы. Для внесения изменений не нужно

отключать оборудование и освобождать его от грузов. Конвейер такого типа актуален для транспортировки сыпучих материалов в карьерах, на речных и морских судах и пр.

### 1.5.1. Элементы ленточного конвейера [10]

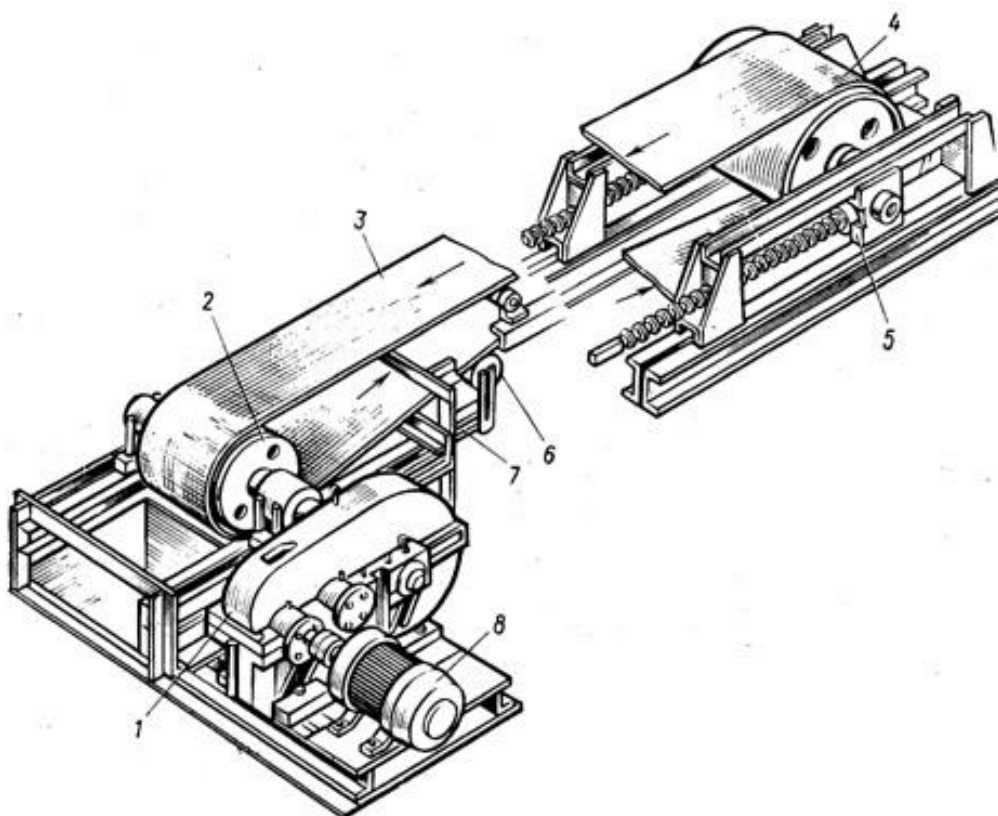


Рисунок 1 – Ленточный конвейер

1 – редуктор; 2 – приводной барабан; 3 – конвейерная лента; 4 – обводной (натяжной) барабан; 5 – натяжное устройство (для ленты); 6 – роликовые опоры; 7 – рама; 8 электродвигатель

*Конвейерная лента.* Это основной, наиболее дорогой и наименее долговечный элемент конвейера, который является одновременно тяговым и грузонесущим органом. Лента состоит из каркаса, заключенного между резиновыми обкладками и предназначенного для поддержания груза и передачи

тяговых усилий. Резиновые обкладки защищают каркас от воздействия окружающей среды и механических повреждений.

По типу каркаса ленты разделяют на резинотканевые и резинотросовые, общего назначения и специальные – огнестойкие, морозостойкие, пищевые и т.д.

Каркас лент общего назначения изготавливают из натуральных, искусственных, синтетических (полиэфирных и полиамидных) или комбинированных волокон. Обкладки изготавливают из натурального и синтетического каучука или из специальных синтетических материалов. В качестве синтетических материалов для прокладок к ленте применяют полиэфирные материалы типа лавсан; полиамидные – типа капрон, нейлон, искусственный шелк.

В конвейерах небольшой длины, работающих в легком режиме, в основном используют ленты с тканевыми прокладками прочностью не более 1,5 кН/см ширины подкладки.

Стыковка лент может быть «механическая» - соединение скобами, петлевыми зажимами и т.д.; горячей или холодной вулканизацией при применении специальных клеев. Стыковое соединение должно максимально соответствовать параметрам ленты, а именно, обладать такой же прочностью, гибкостью и долговечностью.

*Роликоопоры.* По назначению роликоопоры делятся на рядовые (линейные) и специальные. Рядовые роликоопоры предназначены для поддержания ленты и придания ей необходимой формы. Специальные роликоопоры, кроме того, выполняют следующие функции: центрирующие – положение ленты относительно продольной оси; амортизирующие – смягчение ударов груза о ленту в местах загрузки; очистительные – очистка ленты от частиц налипшего груза; переходные – изменение желобчатости ленты перед барабанами.

Роликоопоры выпускаются трех типов: тяжелые, нормальные и легкие. Ось роликоопоры конструктивно выполняется жесткой на цапфах или гибкой из каната и цепи (подвесные).

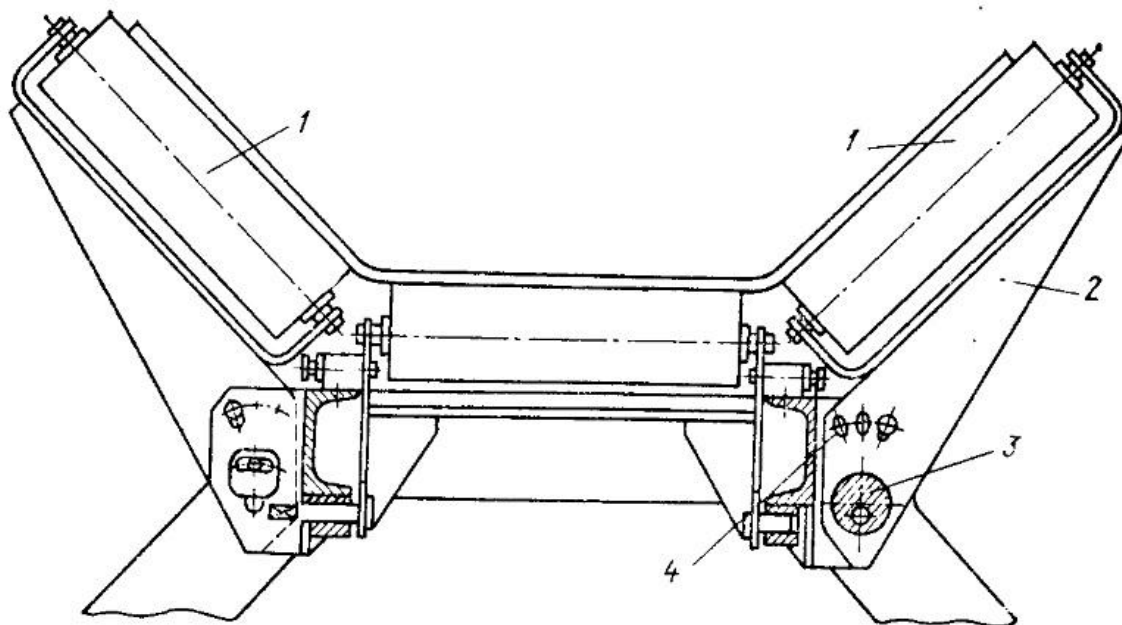


Рисунок 2 – Универсальная жесткая опора [11]

1 – ролики; 2- поворотный кронштейн; 3 – ось кронштейна; 4 – фиксатор поворота;

Основные параметры роликоопор установлены ГОСТ 22645 – 77 и ГОСТ 22646 – 77. Тип роликоопоры и диаметр ролика  $D_p$  выбирают в зависимости от ее назначения, характеристики перемещаемого груза, скорости движения ленты и её ширины.

Ролик должен иметь такой диаметр, при котором выполняются два условия: 1) момент трения ленты без груза о ролик должен быть больше момента трения в подшипниках и уплотнениях, иначе лента будет скользить по роликам; 2) под действием центробежной силы вращающегося ролика груз не должен отрываться от ленты при отгибании ролика. Диаметр ролика повышается с увеличением скорости ленты, плотности и кусковатости груза и коэффициента трения в подшипнике и при снижении коэффициента сцепления

ленты с роликом. Однако значительное увеличение диаметра ролика нежелательно, так как при этом увеличивается его стоимость и масса.

*Натяжные устройства.* Они придают ленте натяжение, достаточное для передачи на приводе тяговой силы трением при установившемся движении и пуске.

## **1.6. Шагающие конвейеры**

Шагающий конвейер служит для периодического перемещения штучных грузов по отдельным операциям технологического процесса в механических, сборочных, термических и других цехах различных отраслей промышленности, а так же на заводах железобетонных изделий. Перемещение грузов происходит при помощи возвратно-поступательных горизонтальных движений подвижной рамы, на которую укладываются грузы.

Конвейер работает следующим образом. Транспортируемый груз укладывается на первую позицию неподвижной рамы, подвижная рама в этот момент находится в нижнем положении. Для передачи груза на следующую позицию подвижная рама поднимается выше уровня неподвижной рамы и подхватывает груз; включается привод, и подвижная рама перемещается вперед на один рабочий шаг, т.е. на расстояние между рабочими позициями. Затем подвижная рама опускается и устанавливает груз на неподвижную раму, после чего под действием привода возвращается в исходное положение.

При полностью заполненном конвейере подвижная рама перемещает грузы на всех рабочих позициях на один шаг вперед, через равные промежутки времени, соответствующие ритму технологических операций. Таким образом, цикл работы шагающего конвейера осуществляется за счет последовательного хода подвижной рамы: подъем, рабочий ход, опускание и обратный ход.

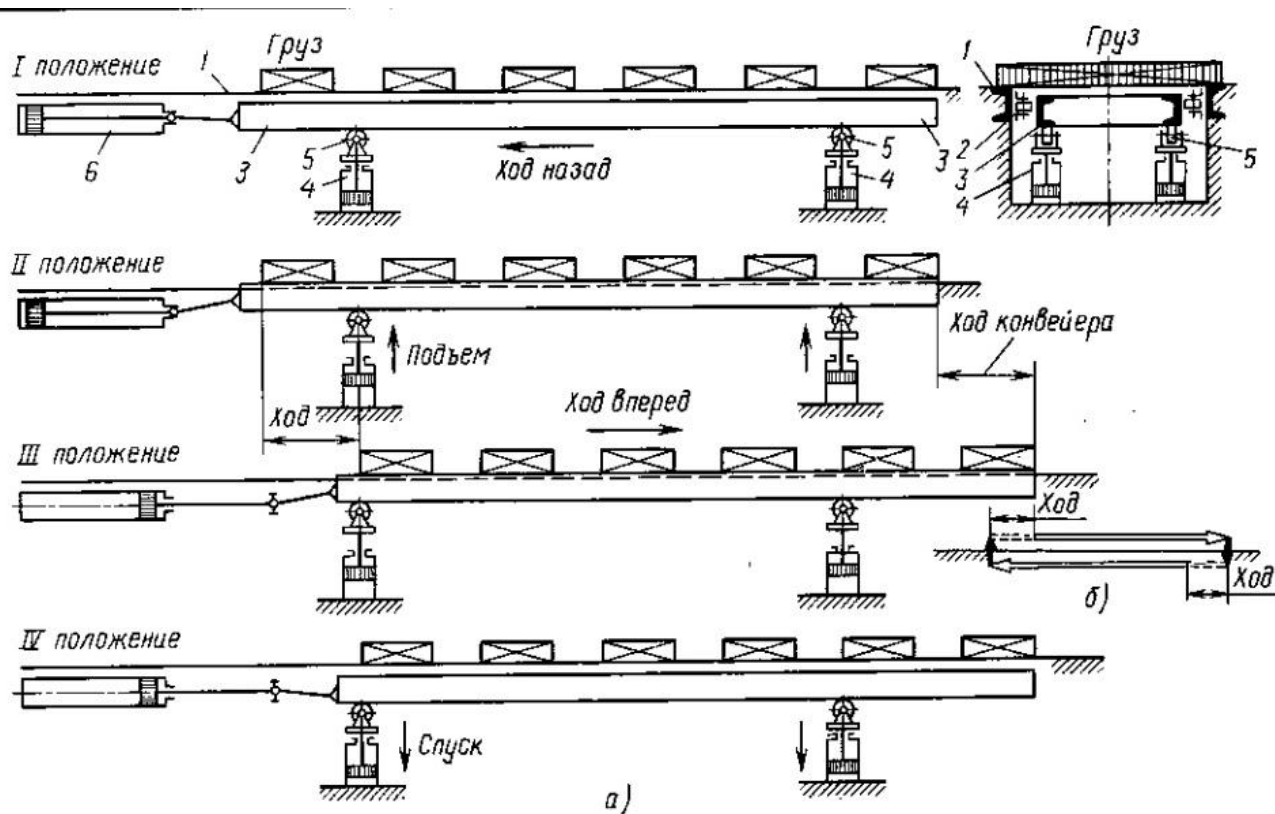


Рисунок 3 – Шагающий конвейер [11]

- а – схемы положений рамы конвейера за один цикл перемещения груза;  
 б – схема перемещения рамы конвейера

### 1.7. Винтовые конвейеры

Винтовые конвейеры могут быть с горизонтальной, наклонной и вертикальной трассами. Наклонные винтовые конвейеры делят на крутонаклонные и пологонаклонные. Конвейеры крутонаклонные имеют угол наклона больше угла откоса транспортируемого груза. К пологонаклонным относят конвейеры, угол наклона которых не превышает угол откоса груза. Высота подъема грузов винтовыми конвейерами достигает 15 м, производительность – до 15 т/ч.

Винтовые конвейеры применяют преимущественно для транспортировки сыпучих грузов. Они малопригодны для перемещения липких, влажных и крупнокусковых грузов. Основными достоинствами являются простота устройства и несложность технического обслуживания,



небольшие габариты, удобство промежуточной разгрузки герметичность, что особенно важно при работе с горячими и сильно пахнущими грузами. Недостатками винтовых конвейеров являются высокий удельный расход энергии, значительное измельчение и истирание перемещаемого груза, повышенный износ винта и желоба, а так же чувствительность к перегрузкам.

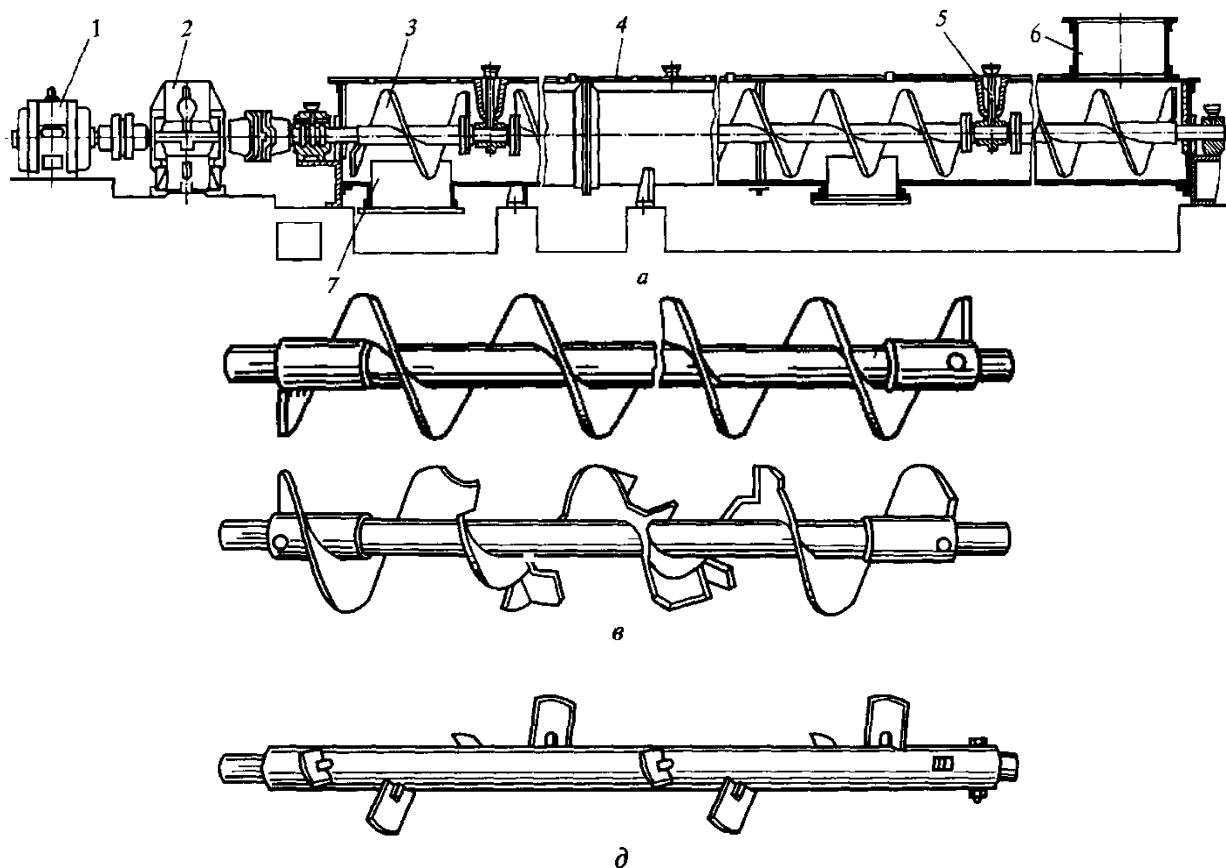


Рисунок 4 – Винтовой конвейер

а – общий вид; б – сплошной винт; в – ленточный винт; д – лопастной винт

Как видно на рисунке 4а, конвейер представляет собой желоб (4) полукруглой формы, внутри которого в подшипниках (5) вращается винт (3), приводимый электродвигателем (7) через редуктор (2). При вращении винта материал перемещается от загрузочного (6) к разгрузочному отверстию (7), перекрываемому задвижкой.

Форма винта зависит от вида транспортируемого материала. Винт конвейера выполняют с левым или правым направлением винта, одно-, двух

или трехзаходных. Поверхность винта изготавливают сплошной, ленточной или прерывистой, в виде отдельных лопастей фасонной формы. Для высоко сыпучих материалов (цемента, мела, песка, гипса, шлака, порошковой извести) применяют *сплошные винты*. В случае с транспортировкой слеживающегося груза, либо если по технологии необходимо провести интенсивное перемешивание – используют *ленточное* или *лопастное* исполнение рабочего винта.

Винты ленточного или полостенного винта изготавливают штамповкой из стального листа или полосы, а затем приваривают к валу. Для изготовления ленточного винта в валу сверлят отверстия, через которые вставляют стержни, к которым и приваривают ленточную спираль.

Вал может быть изготовлен из отдельных секций, сплошным или трубчатым. Трубчатые валы имеют меньшую массу, и их удобнее скреплять между собой с помощью вставляемых на концах коротких соединительных валиков. Вал винта лежит в опорных и промежуточных подшипниках. Промежуточные подшипники подвешиваются сверху на укрепленных на желобе поперечных планках. Они должны иметь минимальные габариты, так как винт приходится разрывать в месте крепления промежуточной опорной точки, а так же необходимо уплотнять подшипник во избежание загрязнения частицами груза. Нередко используют подшипники скольжения, в которых вращаются соединительные валики. Смазка к подшипникам подводится по специальным каналам от пресс-масленок, расположенных сверху на планках. Концевые подшипники закрепляют в торцевых стенках желоба. Один из них является упорным и устанавливается обычно со стороны, в которую движется груз, для восприятия вдоль вала действующей растягивающей силы.

Общее сопротивление движению груза на винтовом конвейере складывается из сил трения груза о поверхность винта и желоба, сопротивления в концевых и опорных подшипниках, а так же сопротивления подъему при перемещении вверх по наклону. Если известны коэффициенты трения, то эти сопротивления можно рассчитать. Однако к вышперечисленным силам

добавляются сопротивления, которые трудно учитывать, возникающие из-за 1) скопления груза у промежуточных подшипников, 2) трения на кромке винта, 3) частиц, затягиваемых в зазор между винтом и желобом, и 4) перемешивания груза.

### **Вывод по главе 1**

На основании анализа конструкций конвейерных систем, их параметров и устройств, решено рассмотреть конструкции ленточного, шнекового и шагового конвейеров на возможность адаптации и реализации применительно к разработке транспортирующего стола автоматизированной установки для сварки трубок и наконечников ТВЭЛ.

## 2. Разработка вариантов реализации транспортирующего стола

### 2.1. Разработка ленточного конвейера

Один из вариантов реализации транспортирующего стола основан на использовании транспортной ленты особого профиля. Данная схема имеет относительно простую компоновку с минимальным числом подвижных элементов.

Для реализации этой схемы были выбраны полиуретановые ремни фирмы BRECOflex [20]. Данная компания предлагает широкий ассортимент возможных исполнений ремней, для транспортирующих систем. Примеры исполнений данных ремней представлены на рисунках 5, 6.

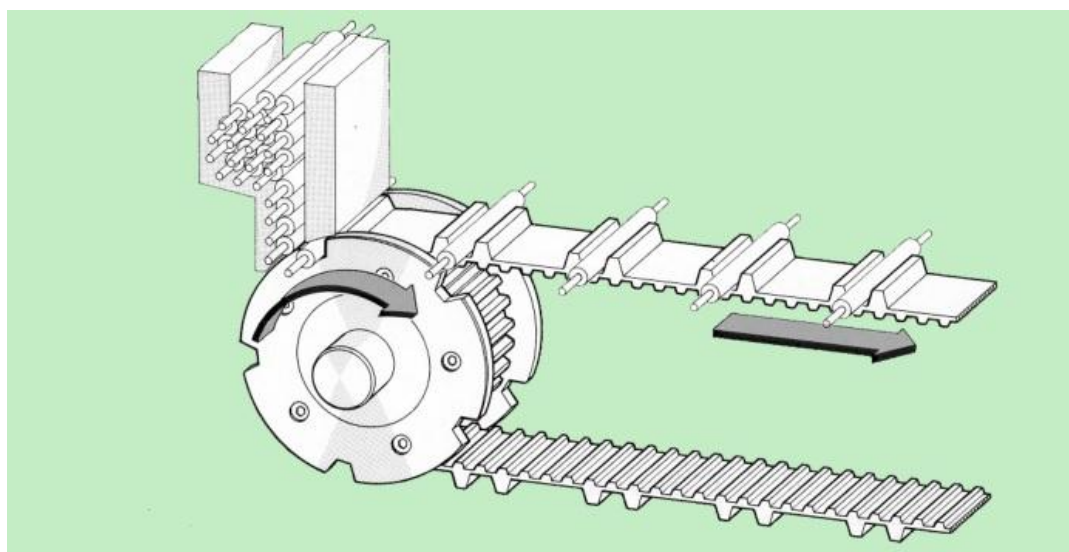


Рисунок 5 – Вариант использования ленты

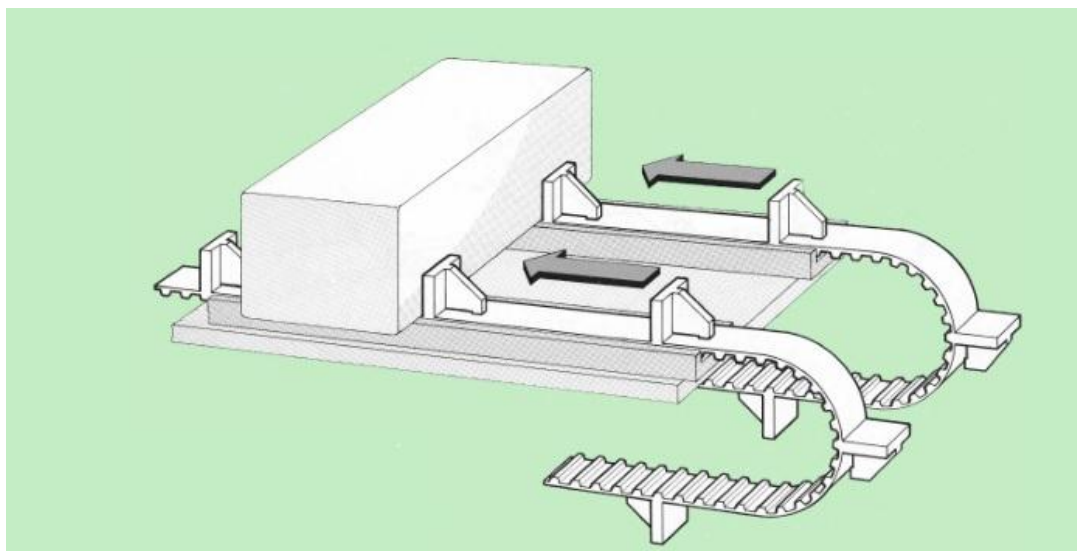


Рисунок 6 – Вариант использования ленты

Трубки устанавливаются вручную в специальные пазы на ремнях. Специальная конструкция ремня позволяет в любое время изменить его конфигурацию для адаптации к тем или иным производственным требованиям. Два или более ремня расположены параллельно друг к другу и перпендикулярно к трубке, крайние ремни находятся на фиксированном расстоянии, близком к длине трубки.

Вращением вала электродвигателя движение передается на приводной барабан ленты, второй и последующие барабаны соседних лент жестко соединены посредством вала, так что при вращении первого, остальные синхронно с ним вращаются.

Кинематическая схема транспортирующего стола, использующего в качестве рабочего элемента ленту, представлена на рисунке 7.

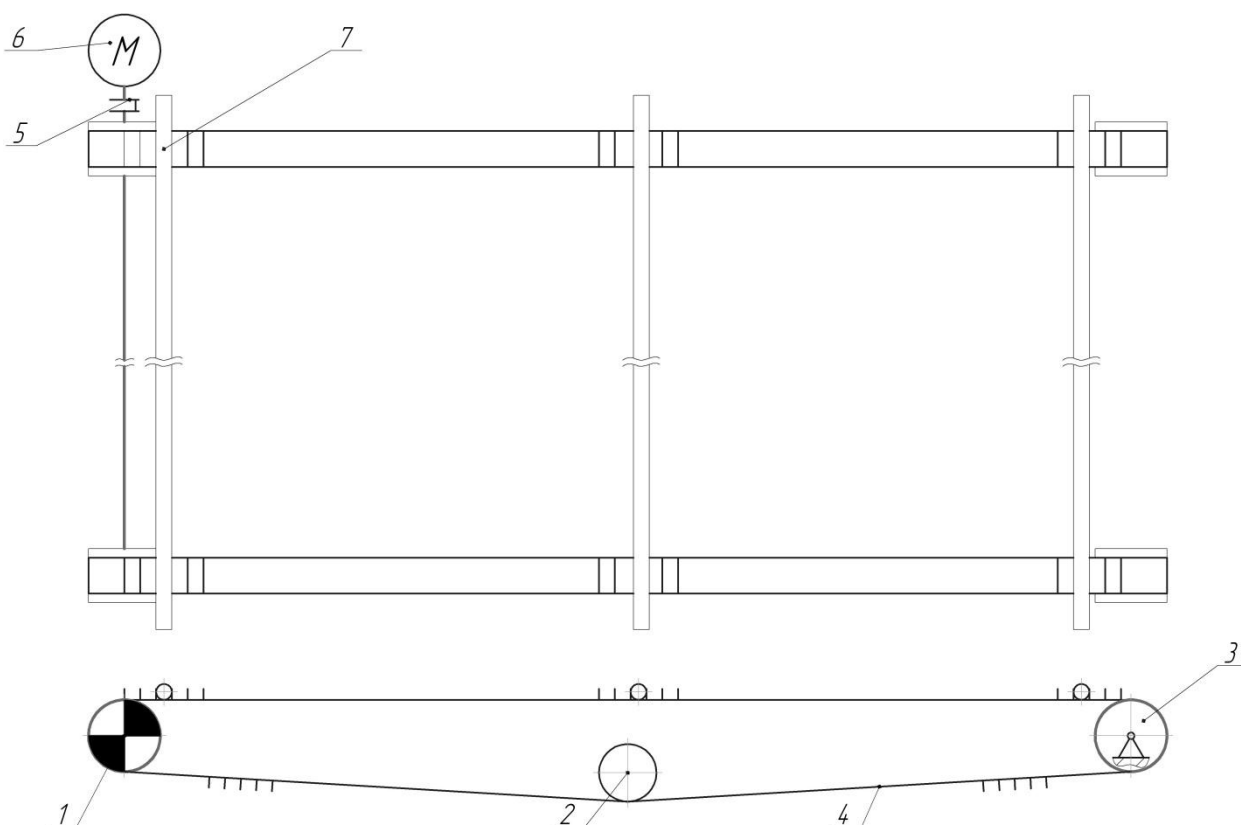


Рисунок 7 – Кинематическая схема транспортирующего стола с лентой

1 – приводной барабан; 2 – натяжное устройство (для ленты); 3 – обводной барабан; 4 – транспортная лента; 5 – соединительная муфта жесткая, с разрушающимся элементом; 6 – электродвигатель; 7 – трубка

## 2.2. Разработка шнековой системы транспортировки

На основании проанализированных конструкций, конвейер, приводящий в движение заготовки посредством двух параллельно расположенных шнеков, является оптимальным, так как при относительно простой кинематике обеспечивается передвижение заготовки вдоль заданной траектории.

Для того, чтобы уменьшить габариты установки и реализовать достаточное удаление от накопительной зоны в процессе сварки, было решено спроектировать шнек с переменным шагом.

Несмотря на то, что технология изготовления шнека с переменным шагом подразумевает использование станков со сложной кинематикой, что, соответственно, делает его изготовление дороже, большим плюсом является то,

что система транспортирующего стола содержит минимальное количество исполнительных элементов. Это, безусловно, влияет на надежность системы.

### **2.2.1. Разработка конструкции шнекового конвейера**

Конструкция транспортирующего стола в данном исполнении включает в себя два параллельно расположенных шнека, соединенных между собой ременной передачей, которая служит для передачи крутящего момента, натяжитель ремня для предотвращения проскальзывания шкива и электродвигатель. Компоновка транспортирующего стола со шнеками представлена на рисунке 8.

Очень важно обеспечить синхронное вращение шнеков, так как при «запаздывании» одного относительно второго заготовка, движущаяся относительно винтовой канавки шнека, потеряет перпендикулярность к оси шнека, что недопустимо при позиционировании трубки относительно сварочного органа.

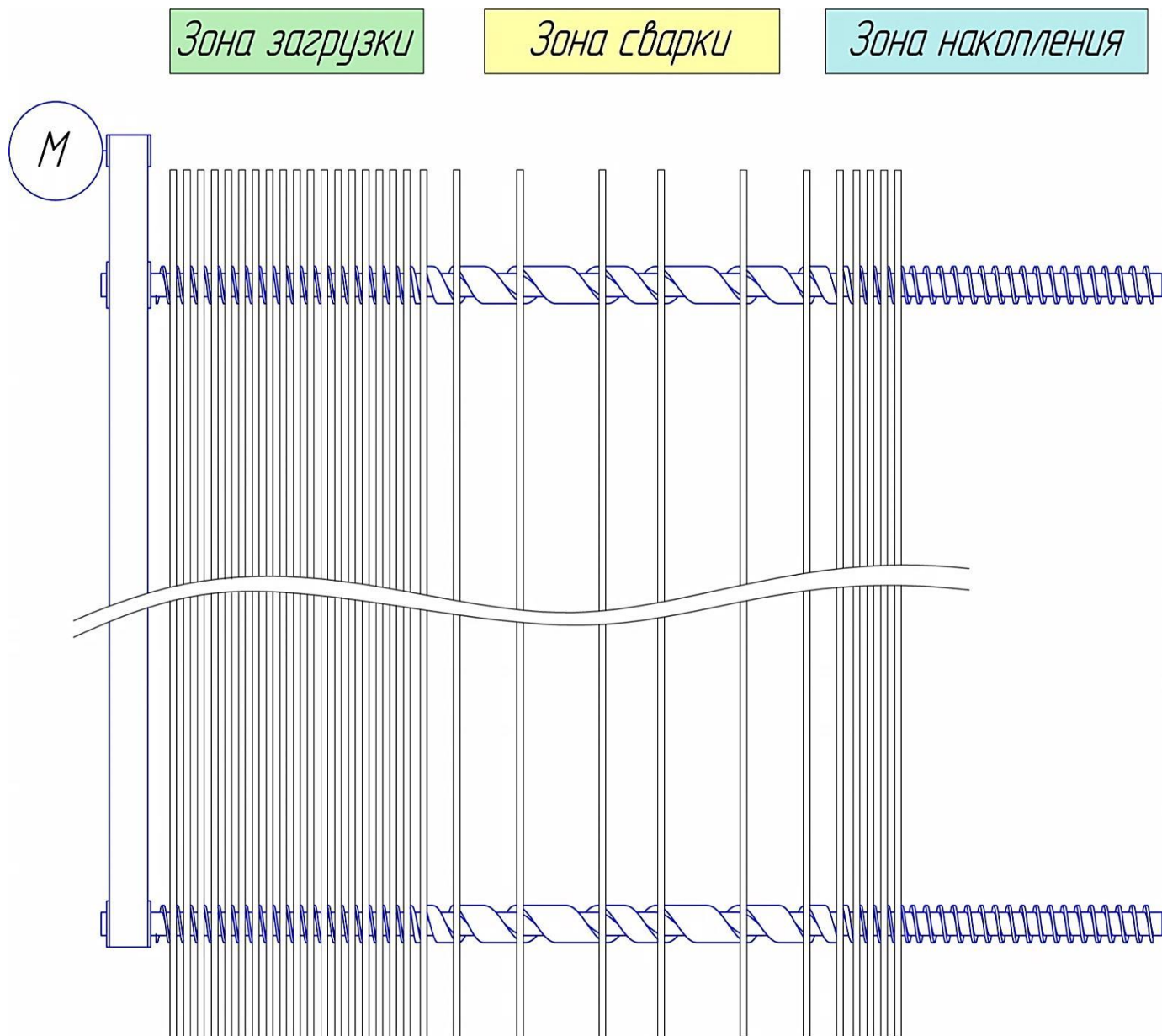


Рисунок 8 – Компоновка транспортирующего стола со шнеками

### 2.2.2. Создание экспериментальной установки

Было решено собрать экспериментальный вариант для того, чтобы проверить работоспособность транспортирующего стола. С помощью него необходимо вычислить необходимые параметры для натяжения приводного ремня, а так же выбрать оптимальные режимы работы транспортирующего стола.



Из фторопласта были изготовлены два шнека внутренним диаметром 60 мм и длиной рабочей части 700 мм. С торцов шнек имеет отверстия для посадки вала, с одной стороны на вал устанавливается шкив ременной передачи.

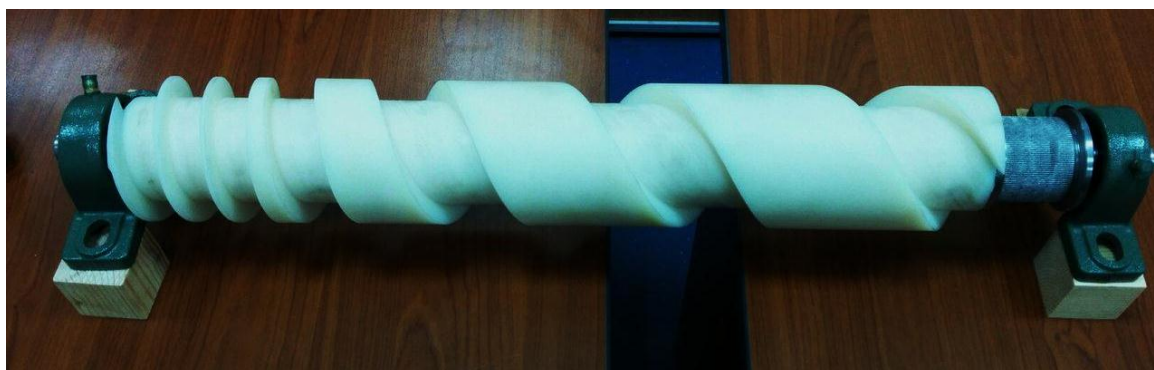


Рисунок 9 – Экспериментальный шнек из фторопласта

На валы устанавливаются шариковые подшипники со сферической наружной поверхностью наружного кольца. В опорах ответная поверхность под посадку так же имеет сферическую поверхность, данная конструкция позволяет регулировать положение опор после монтажа с целью достижения параллельности осей вращения шнеков, не оказывая серьезного влияния на подшипниковый узел, что гарантирует отсутствие заклиниваний и излишнего тепловыделения в процессе работы.



Рисунок 10 – Опора шнека в сборе

Опоры были установлены на два деревянных бруска размером 40x40. Жесткости данной конструкции достаточно, что бы провести необходимые испытания. Межосевое расстояние шнеков составляет 1500 мм.



Рисунок 11 – Испытательный стенд

### 2.2.3. Определение предварительной силы натяжения

Ременная передача состоит из двух шкивов, закрепленных на валах, и ремня, охватывающего шкивы. Нагрузка передается силами трения, возникающими между шкивами и ремнем, который необходимо предварительно натянуть. Чем больше предварительная сила натяжения  $F_0$ , тем выше тяговая способность передачи и её КПД, но меньше долговечность ремня. В состоянии покоя или холостого хода каждая ветвь ремня натянута с одинаковой силой  $F_0$ .

Натяжение ремня в ременных передачах осуществляется с помощью регулировочных устройств, позволяющих перемещать шкивы относительно друг друга при помощи пружин или сил тяжести узлов натяжными роликами, для автоматического изменять натяжения ремня в зависимости от нагрузки в передаче.

В нашем случае, на экспериментальной установке, было решено реализовать натяжение ремня при помощи подвешного ролика, к которому можно крепить грузы разной массы для выбора оптимальной силы натяжения.

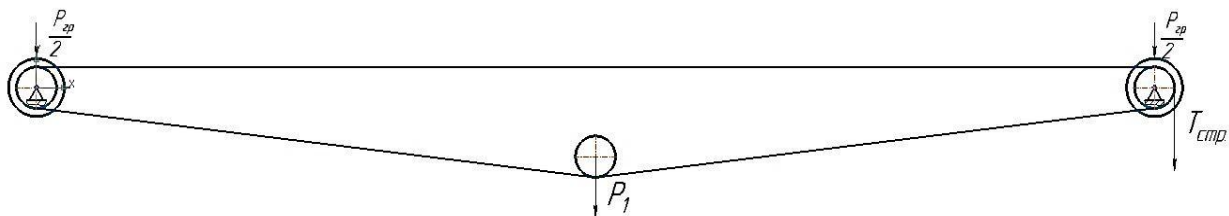


Рисунок 12 – Схема нагружки ременной передачи

#### 2.2.4. Силовые соотношения [10]

Для создания необходимой силы трения между шкивом и ремнем к ремню, после его установки на шкивы, прикладывают предварительное начальное натяжение  $F_0$ .

В состоянии холостого хода или покоя каждая ветвь ремня натянута одинаковой силой  $F_0$  (рис. 13).

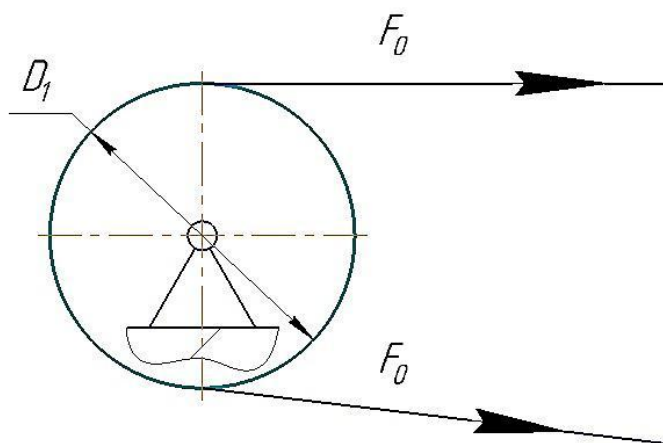


Рисунок 13 – Силы, действующие на ремень в покое

При приложении рабочей нагрузки  $T_1$  происходит перераспределение натяжений в ветвях ремня: ведущая ветвь нагружается дополнительно до  $F_1$ , ведомая ветвь ослабляется до  $F_2$  (рис. 14).

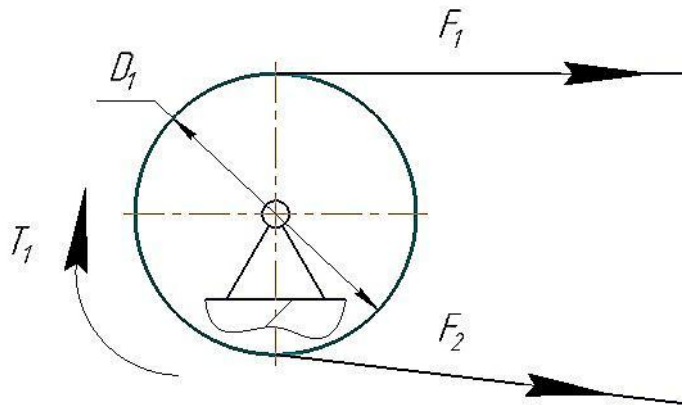


Рисунок 14 – Силы, действующие на ремень с рабочей нагрузкой

Из условий равновесия моментов внешних сил относительно оси вращения имеем:

$$-T_1 + \frac{F_1 \cdot D_1}{2} + \frac{F_2 \cdot D_1}{2} = 0. \quad (2.1)$$

Поскольку  $T_1 = \frac{F_t \cdot D_1}{2}$ , то из уравнения (2.1) получим

$$F_1 - F_2 = F_t. \quad (2.2)$$

Общая геометрическая длина ремня во время работы передачи остается неизменной, так как дополнительное удлинение ведущей ветви компенсируется равным сокращением ведомой ветви. Следовательно, насколько снижается натяжение ведомой ветви, настолько же увеличивается натяжение на ведущей ветви, т.е.

$$F_1 = F_0 + \Delta F, \quad F_2 = F_0 - \Delta F. \quad (2.3)$$

Если эти уравнение сложить, получим

$$F_1 + F_2 = 2F_0. \quad (2.4)$$

Решая совместно уравнение (2.2) и (2.4), имеем

$$F_1 = F_0 + 0,5F_t, \quad (2.5)$$

$$F_2 = F_0 - 0,5F_t. \quad (2.6)$$

Уравнения (2.5) и (2.6) устанавливают изменения натяжения ведущей и ведомой ветвей в зависимости от нагрузки  $F_t$ , но не вскрывают способности передавать эту нагрузку или тяговую способность передачи, которая связана с величиной силы трения между шкивом и ремнем. Такая связь установлена Л. Эйлером.

На рисунке 15 приводятся основные силы, действующие на элемент трения ремня:  $F$  – натяжение ремня в сечении под углом  $\varphi$ ;  $dR$  – нормальная реакция шкива на элемент ремня, ограниченный углом  $d\varphi$ ;  $fdR$  – элементарная сила трения. [10]

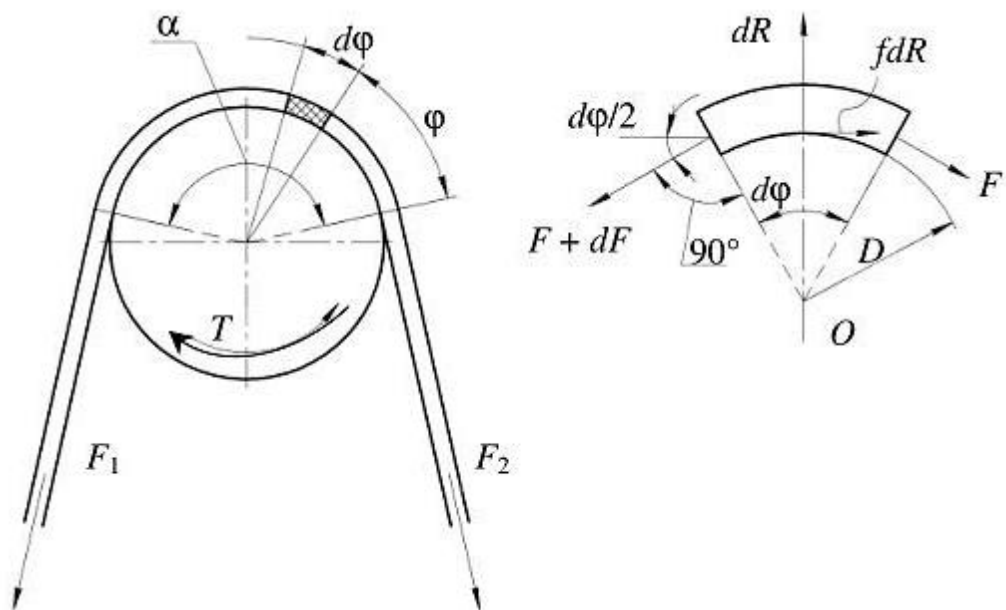


Рисунок 15 – Схема сил, действующих на элемент ремня

По условиям равновесия относительно точки  $O$  можно записать, что:

$$0,5DF + 0,5fdR - 0,5D(F + dF) = 0 \text{ (сумма моментов),}$$

или

$$fdR = dF. \tag{2.7}$$

$dR - F \sin(0,5d\varphi) - (F + dF) \sin(0,5d\varphi) = 0$  (сумма проекций на вертикальную ось).

Отбрасывая члены второго порядка малости и принимая  $\sin(0,5d\varphi) \approx 0,5d\varphi$ , получаем

$$dR = Fd\varphi. \tag{2.8}$$

Разделив (2.7) на (2.8), имеем

$$\frac{dF}{F} = f d\varphi. \quad (2.9)$$

Интегрируя (2.9), находим

$$\int_{F_2}^{F_1} \frac{dF}{F} = \int_0^\alpha f d\varphi, \quad \ln\left(\frac{F_1}{F_2}\right) = f\alpha, \quad \frac{F_1}{F_2} = e^{f\alpha}, \quad (2.10)$$

или

$$F_2 = F_1 e^{-f\alpha}. \quad (2.11)$$

Решая совместно уравнения (2.2), (2.4) и (2.11) получаем

$$F_1 = F_t \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1}, \quad F_2 = F_t \frac{1}{e^{f\alpha} - 1}, \quad F_1 = \frac{F_t}{2} \left( \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1} \right). \quad (2.12)$$

Формулы (2.12) устанавливают связь сил натяжения ветвей работающей передачи с нагрузкой  $F_t$ , с коэффициентом трения  $f$  и углом обхвата  $\alpha$ . Они позволят также определить минимально необходимое предварительное натяжение ремня  $F_0$ , при котором еще возможна передача заданной нагрузки  $F_t$ . Если

$$F_0 < \frac{F_t}{2} \left( \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1} \right), \quad (2.13)$$

то начнется буксование ремня.

### 2.2.5. Расчет минимального предварительного натяжения

Для того, чтобы рассчитать момент  $T$ , необходимо расписать силы, возникающие при движении трубки относительно шнека. В данном случае, энергия тратится на преодоление сил трения возникающих в паре трубка – шнек, на данной схеме (рис. 16) изображены силы возникающие в системе.

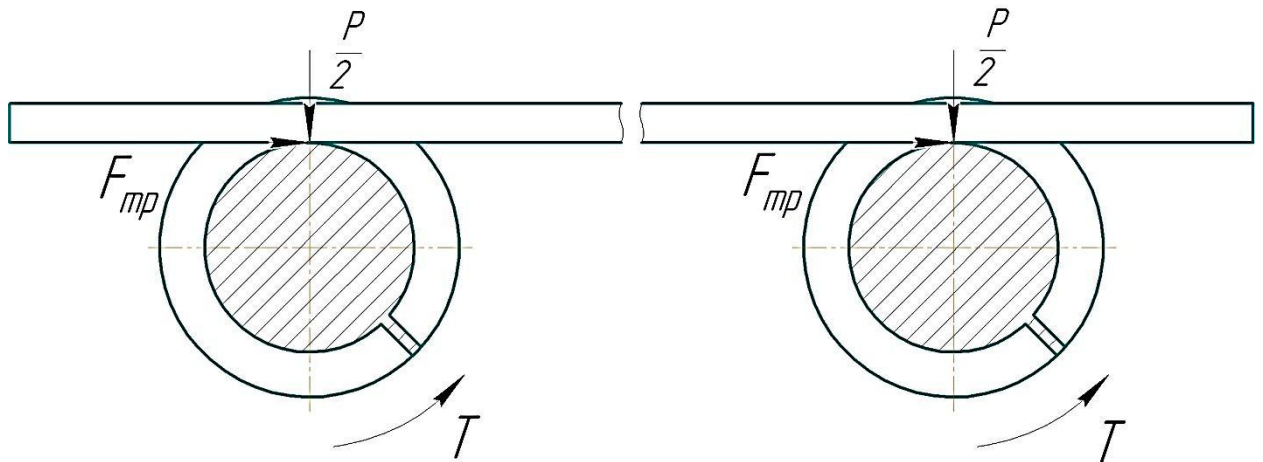


Рисунок 16 – Схема сил, действующих на шнек

где  $P$  – вес трубки;  $F_{тр}$  – силы трения возникающие в паре трубка-шнек;  
 $T$  – необходимый момент

Трубка давит на один шнек с силой  $P/2$  и она равна:

$$\frac{P}{2} = \frac{mg}{2} = \frac{1 \cdot 9,8}{2} = 4,9 \text{ Н}, \quad (3.14)$$

Рассчитаем силу трения, действующую в точке контакта трубки:

$$F_{тр} = \frac{P \cdot f}{2} = 4,9 \cdot 0,2 = 0,98 \text{ Н}, \quad (2.15)$$

Момент  $T$ , создаваемый силой трения, будет равен:

$$T = \frac{F_{тр} \cdot D_1}{2} = \frac{0,98 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,03 \text{ Н/м} \quad (2.16)$$

Так как на столе будут одновременно располагаться 56 трубок, округлим это количество до 60 (создав небольшой запас), и посчитаем создаваемый силой трения момент:

$$T_{60} = 0,03 \cdot 60 = 1,8 \text{ Н/м} \quad (2.17)$$

Примем окончательный момент равным  $T_{60} = 2 \text{ Н/м}$ , так как в опорах присутствуют подшипники качения, которые поглощают часть энергии.

Угол обхвата ремня  $\alpha$  в реализованной установке составляет приблизительно  $\alpha = 173^\circ$ . Коэффициент трения  $f$  пары цирконий – винипласт, примем равным  $f = 0,2$ , приравняв его к паре сталь – капрон.

$$F_t = \frac{2T}{D_1} = \frac{2 \cdot 2}{60 \cdot 10^{-3}} = 66,7 \text{ Н}, \quad (2.18)$$

$$F_0 = \frac{F_t}{2} \left( \frac{e^{f\alpha} + 1}{e^{f\alpha} - 1} \right) = \frac{66,7}{2} \left( \frac{e^{0,2 \cdot 3} + 1}{e^{0,2 \cdot 3} - 1} \right) = \frac{66,7}{2} \left( \frac{2,82}{0,82} \right) = 114,7 \text{ Н}, \quad (2.19)$$

### 2.2.6. Определение момента страгивания при разной величине натяжения

После всех необходимых расчетов, на экспериментальной установке был проведён эксперимент на определение момента, необходимого для приведения в движение трубок при разных силах натяжения ремня.

Так же в ходе эксперимента изменялся суммарный вес заготовок, располагающихся на шнеках.

Целью эксперимента является определение минимального момента страгивания при разных параметрах настройки и разной загрузке транспортирующего стола.

На ведомой ветви ремня располагался ролик, конструкция которого позволяет подвешивать к нему грузы разной массы, тем самым изменяя силу натяжения ремня.

Сверху на шнек устанавливается трубка, изготовленная из циркониевого сплава, материал и диаметр трубки полностью соответствует тем, что используется на производстве. К трубке подвешивается груз определенной массы, тем самым имитируя загруженность шнеков.

К ведущей ветви ремня, благодаря специальному зацепу, крепится тонкая, прочная проволока, к которой прикреплен динамометр ДПУ-0,1-2. Конструкция динамометра позволяет подвешивать к нему груз, создавая момент. Схема установки представлена на рисунке 17.



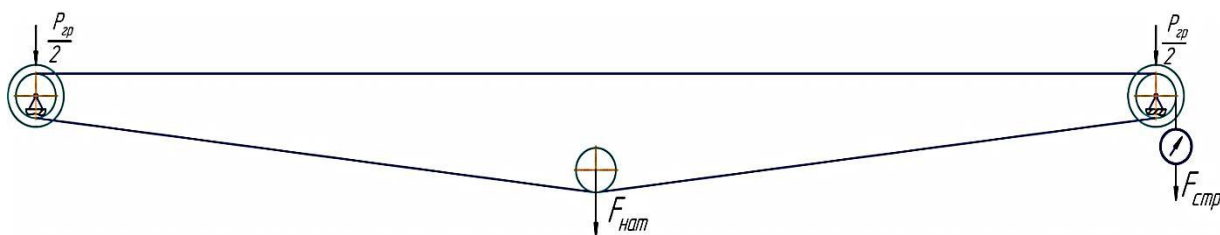


Рисунок 17 – Схема нагружения испытательной установки

В ходе эксперимента шнеки были нагружены силой в 100 и 132 Н, изменялась сила натяжения ролика  $P_1$  в диапазоне от 25 до 135 Н и измерялась сила страгивания путем подвешивания грузиков к закрепленному динамометру. График зависимости силы страгивания от силы натяжения представлен на рисунке 18.

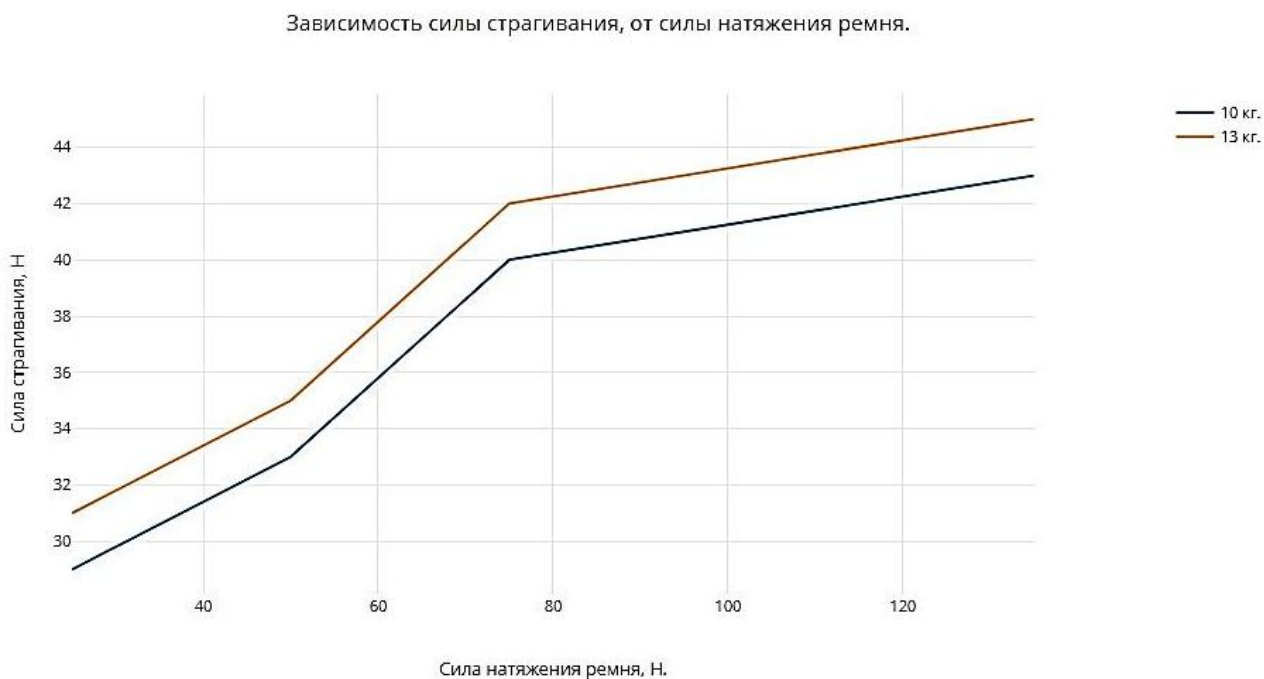


Рисунок 18 – График зависимости силы страгивания от силы натяжения

Из графика видно, что с увеличением предварительной силы натяжения, увеличивается сила страгивания, что влияет на параметры выбора электродвигателя.

Исходя из предыдущих отчетов, назначим предварительную силу натяжения больше минимальной предварительной силы натяжения:

$$F_0 < F_{\text{нат}}; \quad F_{\text{нат}} \geq 114,7 \text{ Н}; \quad (2.20)$$

Примем силу натяжения равной

$$F_{\text{нат}} = 120 \text{ Н}. \quad (2.21)$$

### 2.2.7. Испытание на трение

Ключевым моментом является сохранение поверхности трубки, так как механические повреждения в виде царапин и потертостей не допускаются по требованию заказчика.

Чтобы изучить процессы трения скольжения между контактными парами трения был проведён эксперимент, главной целью которого является установление количественного и качественного характера изнашивания, происходящего при контактных взаимодействиях шнека и трубки.

Из остатков прутка, из которого был изготовлен шнек, был сделан цилиндр диаметром 60 мм. Для реализации эксперимента цилиндр был зажат в трехкулачковый патрон токарно-винторезного станка, трубка была установлена в резцедержателе так, что один конец трубки прижимался к цилиндру силой приложенной к другому концу трубки. Схема установки представлена на рис.19.

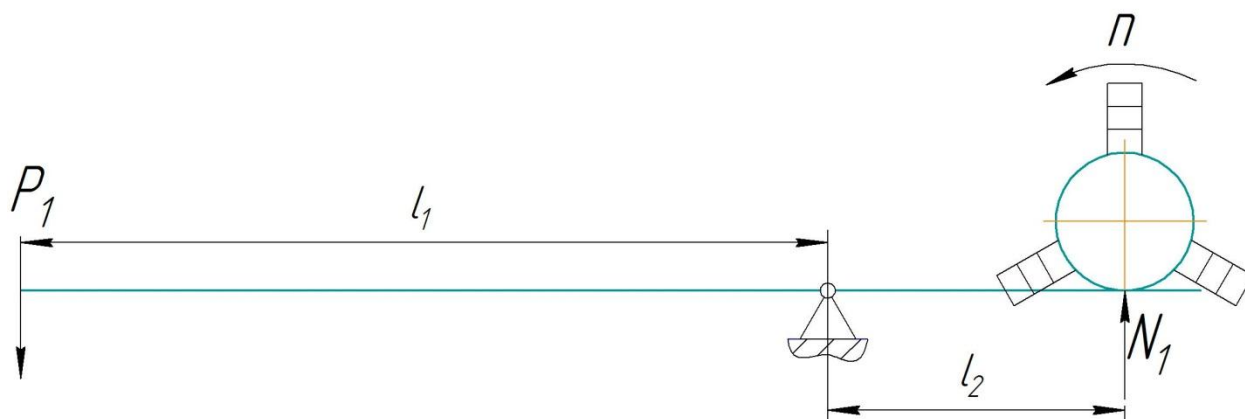


Рисунок 19 – Схема испытательного стенда

Длина плеча  $l_1$  равна 1300 мм, длина плеча  $l_2$  равна 200 мм, сила  $N_1 = 5 \text{ Н}$ . Из условия равновесия рычага рассчитаем силу, которую необходимо приложить ко второму концу  $P_1$ .

$$\frac{P_1}{N_1} = \frac{l_2}{l_1}; \quad P_1 = \frac{N_1 \cdot l_2}{l_1} = \frac{5 \cdot 0,2}{1,3} = 0,77 \text{ Н}. \quad (2.22)$$

Ко второму концу был подвешен груз, величиной 77 грамм. Тогда реакция  $N_1$  равна той же реакции создаваемой трубкой при установке на шнек.

Частота вращения шпинделя равна 50 об./мин. В таком режиме эксперимент проводился в два этапа, первый продолжался 30 минут, второй – 60 минут. В результате, в месте контакта на трубке появилось явное пятно износа. Так же на цилиндре появились явные следы износа и вкрапления частиц, предположительно, вырванных с поверхности трубки. Фотографии испытательного стенда и цилиндра представлены на рисунках 20 и 21.



Рисунок 20 – Испытательный стенд

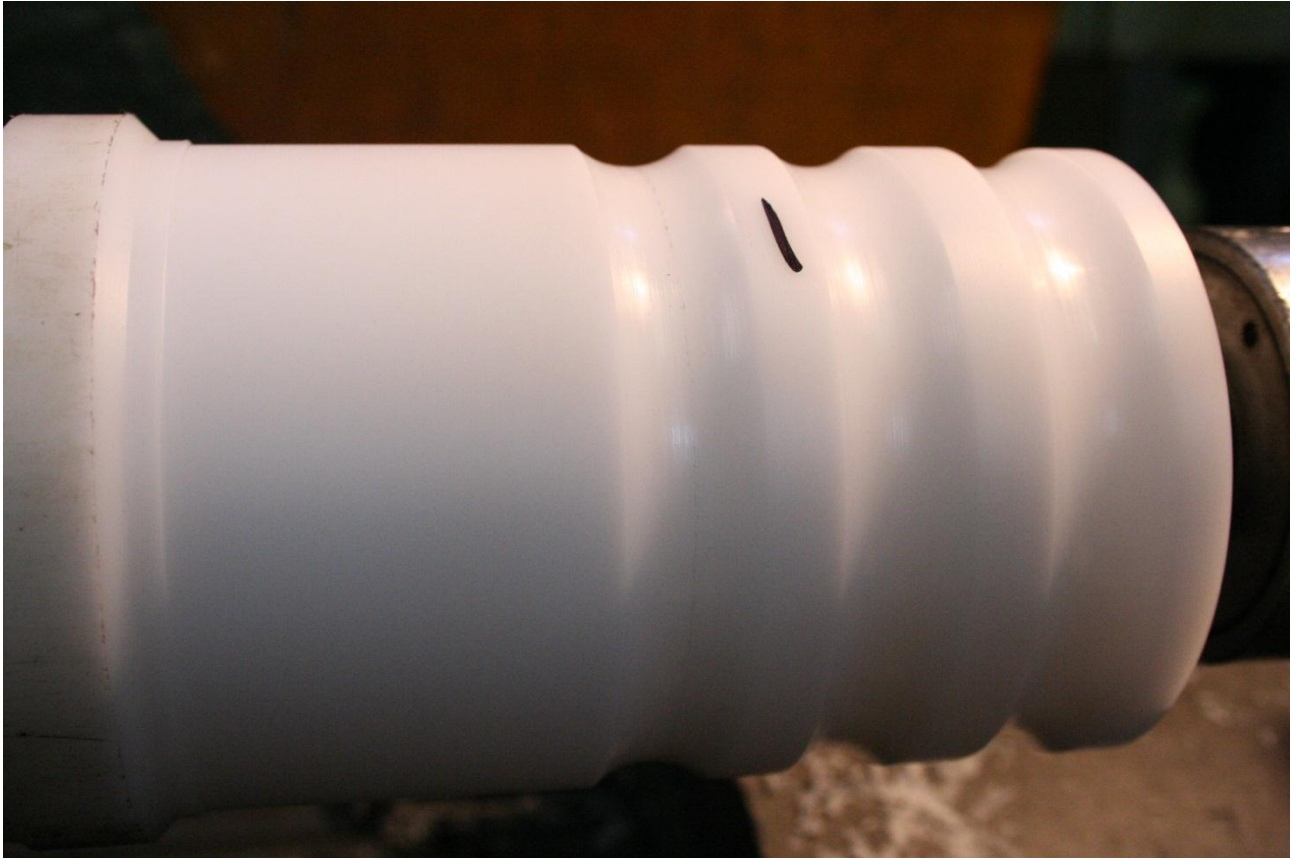


Рисунок 21 – Цилиндр для испытаний

## **Вывод по главе 2**

В ходе изучения возможности применения разных типов транспортирующих систем для решения поставленной заказчиком задачи, были рассмотрены два вида конвейерных систем: ленточная и шнековая.

Несмотря на все достоинства шнековой системы подачи трубок, в ходе эксперимента было установлено, что применение данной конструкции не удовлетворяет требованиям к обеспечению качества поверхности перемещаемых трубок, а именно, вследствие перемещения трубок по шнекам образуется контактный износ поверхности.

Использование ленточной системы транспортирования обеспечивает выполнение поставленных задач, однако по согласованию с заказчиком, было принято решение рассмотреть использование шаговой транспортирующей системы.

### 3. Проектирование шагового конвейера

В ходе проделанной работы по подготовке и согласованию схем реализации транспортирующей системы, было решено остановиться на варианте с использованием шагового конвейера.

В 2014 году на базе кафедры технологии автоматизированного машиностроительного производства Томского политехнического университета была разработана и произведена установка, схожая по назначению. Транспортирующий стол был реализован именно по схеме шагового конвейера, поэтому для заказчика было принципиально важно сохранить схему работы транспортирующего стола, несмотря на явные недостатки, перед двумя предыдущими вариантами.

На рисунке 22 изображен принцип работы шагового конвейера. Положение а) соответствует нижнему положению подвижной рейки, это положение является началом цикла перемещения. Подвижная рейка начинает движение по окружности диаметром, равным шагу рейки. При повороте на  $90^\circ$  по ходу движения, подвижная рейка поднимается на уровень неподвижной, подхватывая изделия, находящиеся в пазах неподвижной рейки. Положение б) является верхней точкой траектории, после неё, подвижная рейка опускается до уровня неподвижной, опуская заготовки в соседний паз неподвижной рейки. Положение в) соответствует концу цикла, следующий оборот приводного вала переместит заготовки в следующее положение.



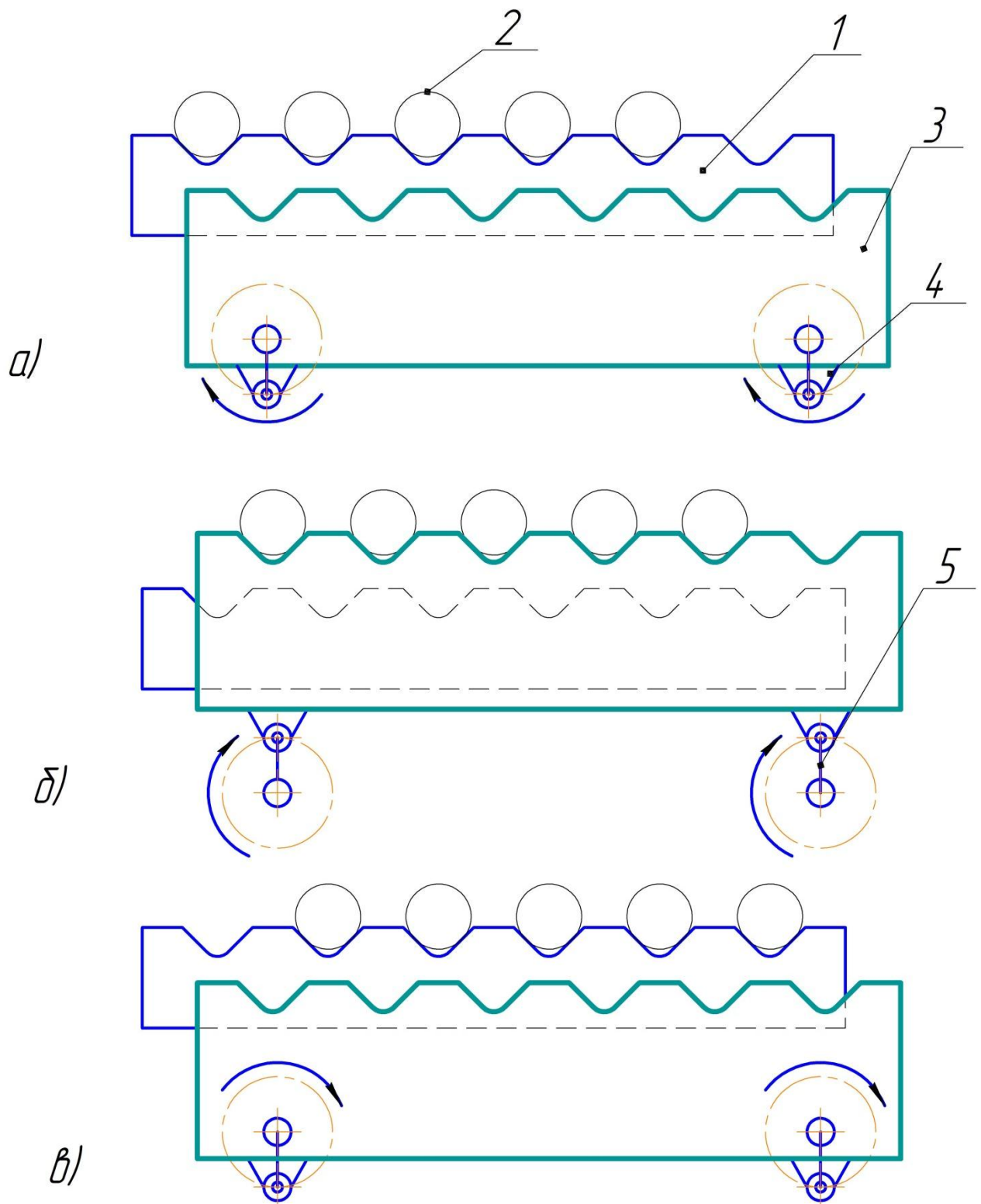


Рисунок 22 – Принцип работы шагового конвейера

1 – неподвижная рейка; 2 – транспортируемая трубка; 3 – подвижная рейка; 4 – опора с эксцентриситетом

Шаговый конвейер имеет неподвижную и подвижную рамы, установленные на основании. На неподвижной раме установлены зубчатые рейки, на которые укладываются изделия.

Сварочную установку, условно, можно разделить на зоны, а именно: первая зона – зона загрузки и транспортировки трубок, вторая – зона сварки, третья – зона выгрузки.

Исходя из технических требований к проектируемой установке, было решено разместить на установке трубки в количестве 54 шт. (из условия кратности восемнадцати штукам).

Компоновка стола представлена на рисунке 23.

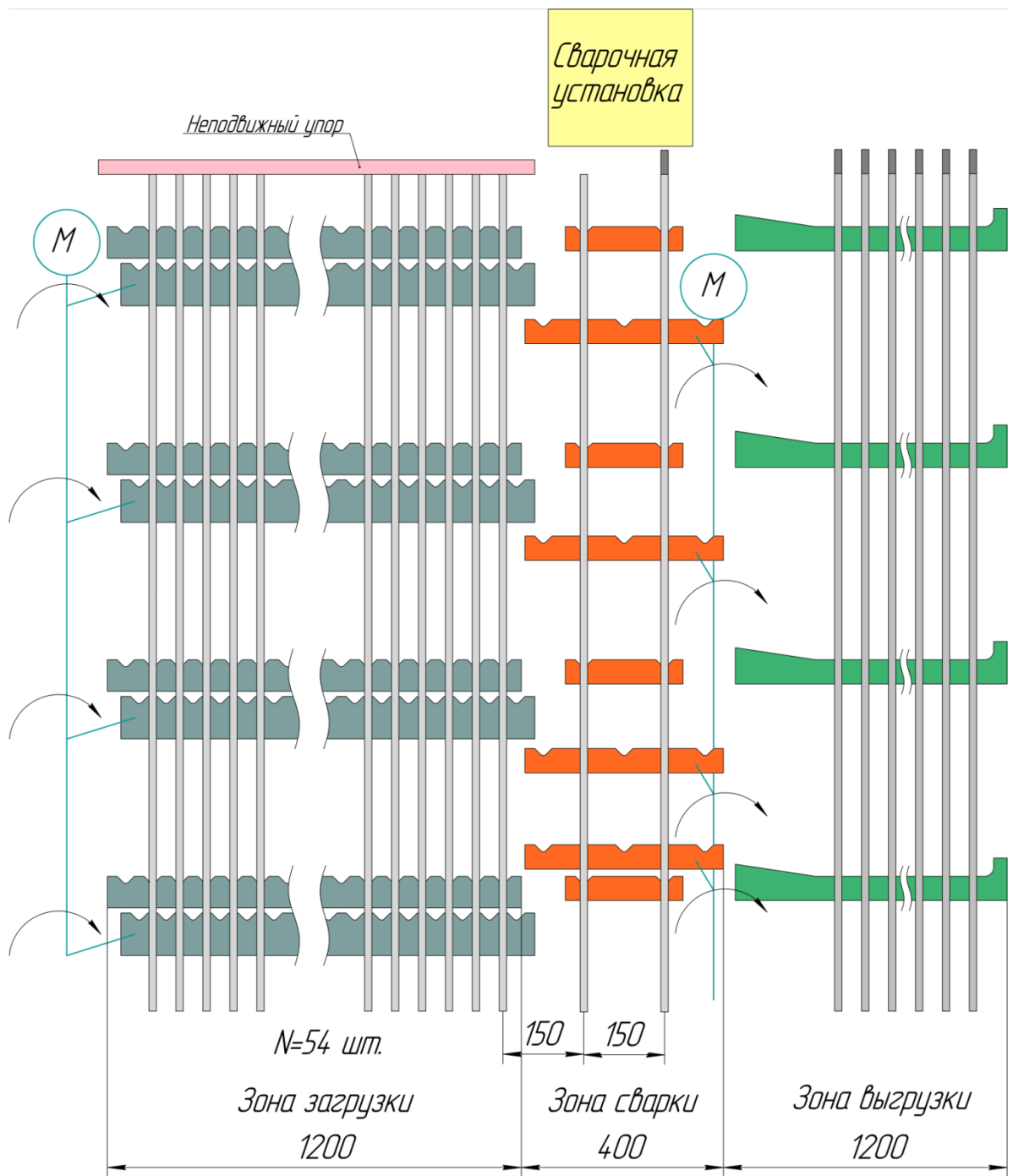


Рисунок 23 – Компоновка транспортирующего стола



Для перемещения одной трубки на одну позицию вала электродвигателя необходимо совершить один оборот. Плоскопараллельное движение подвижной рейки относительно неподвижной обеспечивается за счет эксцентричного расположения входного вала, относительно выходного вала на величину шага рейки.

Неподвижный упор необходим для обеспечения более точного позиционирования торца трубки, так как активная зона оптического датчика, необходимого для управления приводами захвата и перемещения трубки, относительно небольшая.

Шаг рейки для зоны загрузки отличен от шага рейки для зоны сварки, так как в зоне загрузки необходимо расположить как можно больше заготовок. Из-за габаритов сварочной установки и условий самого процесса невозможно расположить трубки на том же расстоянии, как и в загрузочной зоне, поэтому шаг рейки для зоны сварки примем равным 150 мм. Для загрузочной зоны, шаг рейки было решено назначить равным 22 мм.

### **3.1. Проектирование конструкции транспортирующего стола**

Для того чтобы обеспечить достаточную жесткость конструкции транспортирующего стола, при этом не увеличивая его массу, было решено использовать алюминиевый профиль фирмы FESTO [21].

Данное решение было основано на том, что этот профиль предназначен для широкого спектра применения. Система профилей разработана с учетом возможности использования в качестве модульной системы для промышленной аппаратуры и установок.

Высокая совместимость позволяет в любое время менять компоновку конструкции, сохраняя ее функционал. При относительно небольших затратах материала на производство профиля, сохраняется возможность устанавливать тяжелые исполнительные агрегаты не в ущерб жесткости конструкции.

Для реализации транспортирующего стола был выбран профиль размерами 20x20, 20x40, 40x40 и 80x80 мм - параметры некоторых представлены на рисунках 24 и 25.

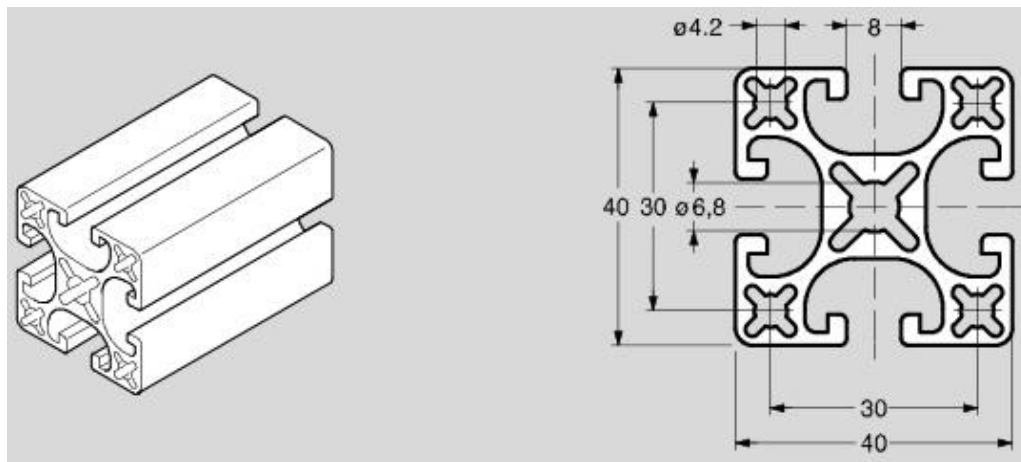


Рисунок 24 – Геометрические параметры профиля 40x40

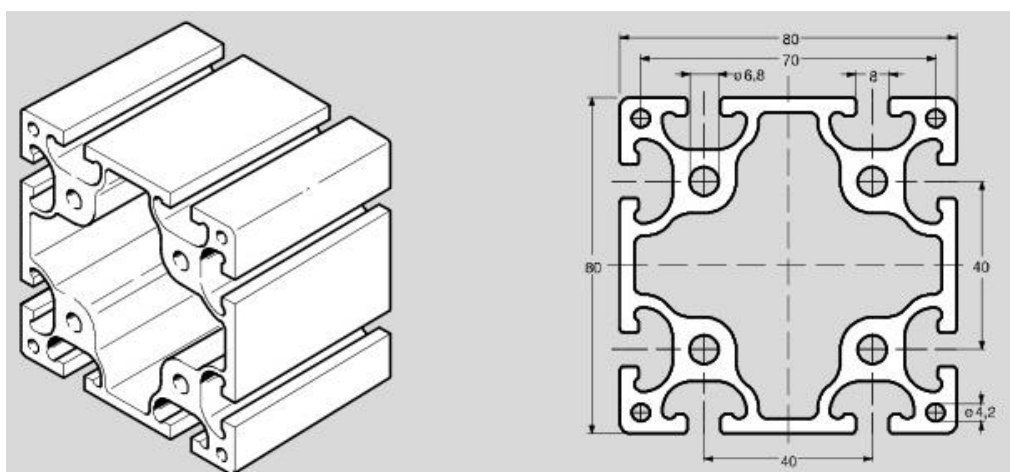


Рисунок 25 – Геометрические параметры профиля 80x80

Спроектированная в САПР «Компас» сборка модели конструкции накопительной зоны представлена на рисунке 26.

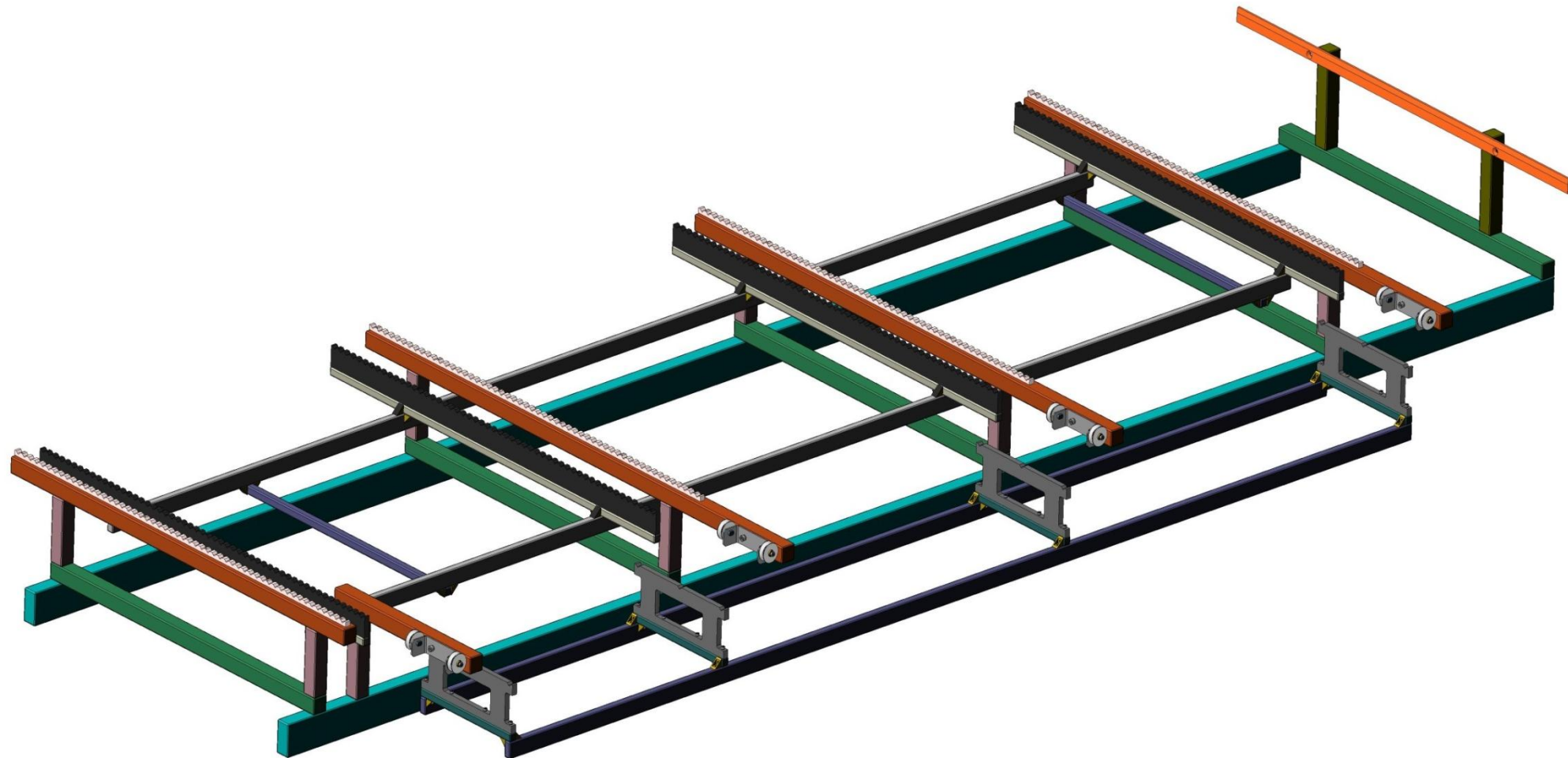


Рисунок 26 - 3D модель конструкции накопительной зоны

### 3.2. Расчет мощности привода

Для корректного выбора мощности электродвигателя необходимо рассчитать массу подвижных частей привода, а также трубок, находящихся непосредственно на установке. Наименования, количество и масса элементов, из которых состоит подвижная рейка, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Компоненты конструкции подвижной части накопительной зоны

Наименование элемента	Количество, шт.	Масса, кг
Профиль 20x20x1168 мм	4	2,38
Профиль 20x20x730 мм	2	1,46
Профиль 20x40x3100 мм	2	5,70
Рейка подвижная	4	6,90
Трубки	54	54
Крепеж (уголки, болты и т.д.)	112	0,20
Итоговая масса подвижных частей		70,64

Схема привода представлена на рисунке 27.

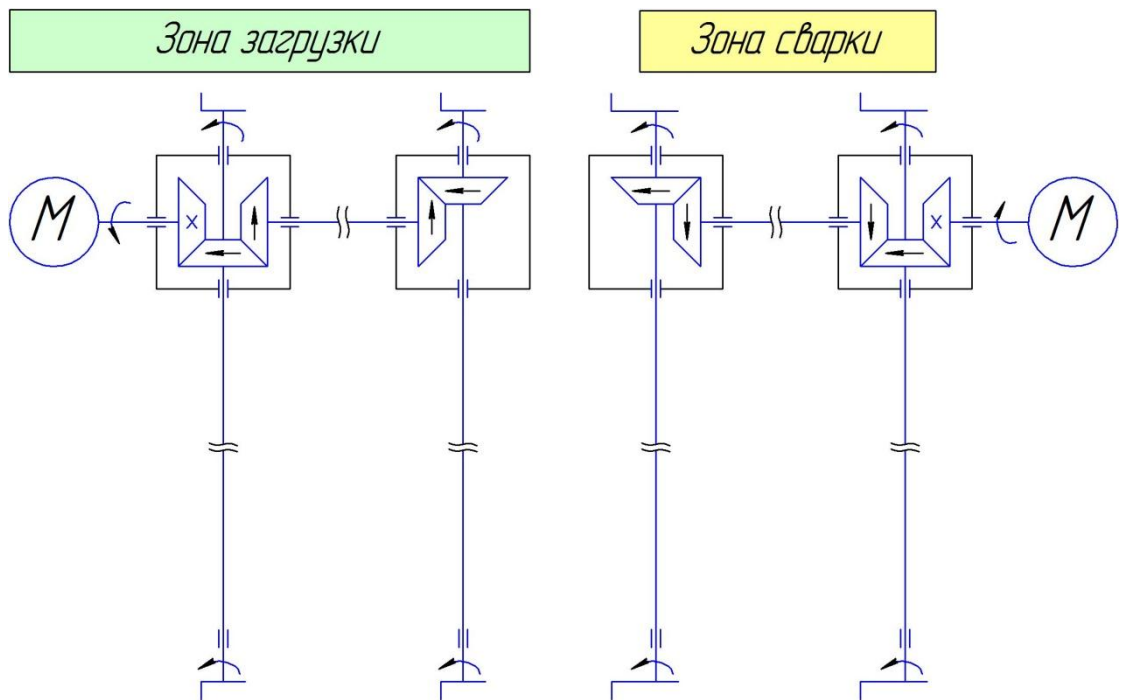


Рисунок 27 – Кинематическая схема приводов транспортирующего стола

Распишем потери КПД в кинематической цепи для дальнейшей опоры. В цепи участвуют 5 подшипников качения и три геликоидальных зацепления, потери составят:

$$\eta_{\text{подш}} = 0,98$$

$$\eta_{\text{конич}} = 0,97$$

$$\eta_{\text{привода}} = \eta_{\text{подш}}^5 \cdot \eta_{\text{конич}}^3 = 0,903 \cdot 0,913 = 0,824 = 82,4\% \quad (3.1)$$

Чтобы обеспечить запас по мощности, примем КПД четвертой опоры за расчетную величину. И дальнейшие расчеты проведем относительно данной величины.

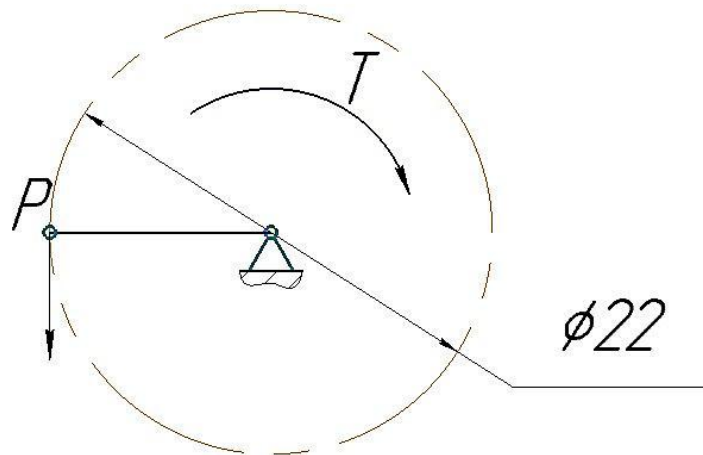


Рисунок 28 – Схема нагружения подвижной опоры

Рассчитаем момент, который создает подвижная часть привода транспортирующего стола на опору. Для упрощений расчета, сведём реакции с четырех опор к одной. Соответственно, момент на одной опоре будет в 4 раза меньше.

$$T = P \cdot \frac{D}{2} = 70,64 \cdot 9,8 \cdot 11 \cdot 10^{-3} = 7,61 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.2)$$

*С учетом потерь в кинематической цепи:*

$$T' = T \cdot \frac{1}{\eta_{\text{привода}}} = 7,61 \cdot \frac{1}{0,824} = 9,23 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.3)$$

Производительность должна быть не меньше, чем 120 сварок/час, чтобы подвести одну заготовку к сварочной зоне необходимо совершить один оборот, соответственно, двигатель будет совершать как минимум 2 оборота в минуту с перерывом, пока производится сварка. Характер работы вынуждает нас применить понижающий редуктор.

Из опыта создания прошлой установки назначаем Червячный мотор-редуктор NMRV 050-15-60.0-0.55.

NMRV050 червячный мотор-редуктор с частотой вращения 60 оборотов в минуту, передаточное отношение  $i=15$  в сборе с электродвигателем 0.55 кВт АИС80В6, крутящий момент 69 Н\*м. Предназначен для подключения к

трехфазной сети переменного тока напряжением 380В или однофазной на 220В (с использованием конденсаторов). Гарантийный срок службы 12 месяцев.

Крутящий момент с избытком перекрывает требования. Габаритные характеристики мотора-редуктора представлены на рисунке.

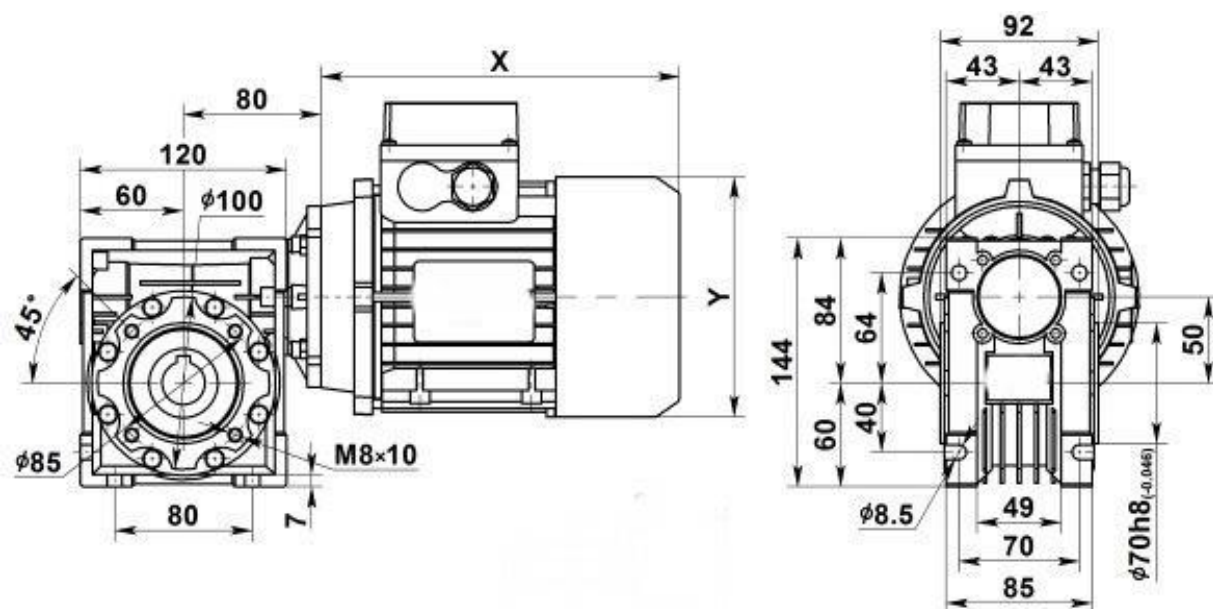


Рисунок 29 – Габаритно-присоединительные размеры NMRV 050 с двигателем

На привод в зоне сварки назначаем этот же двигатель, обусловлено это тем, чтобы необходимо снизить номенклатуру механизмов, участвующих в сварочной установке.

Для передачи вращения на дальние опоры подвижной рейки были использованы геликоидальные редукторы фирмы TRAMEC [22].

Механизм этих редукторов состоит из двух геликоидальных зубчатых колес с точным сечением, выполненных из закаленной хромоникелевой стали.

Использование высококачественных конусных роликовых подшипников на всех валах обеспечивает долговечную работу редуктора, даже при очень высоких радиальных и осевых нагрузках.

Компания предлагает разные варианты исполнения редукторов с двумя, тремя и четырьмя выходными валами. Передаточное число редуктора может

быть равным  $i=1$  и  $i > 1$ . На рисунке 30 представлены различные варианты исполнения редуктора.

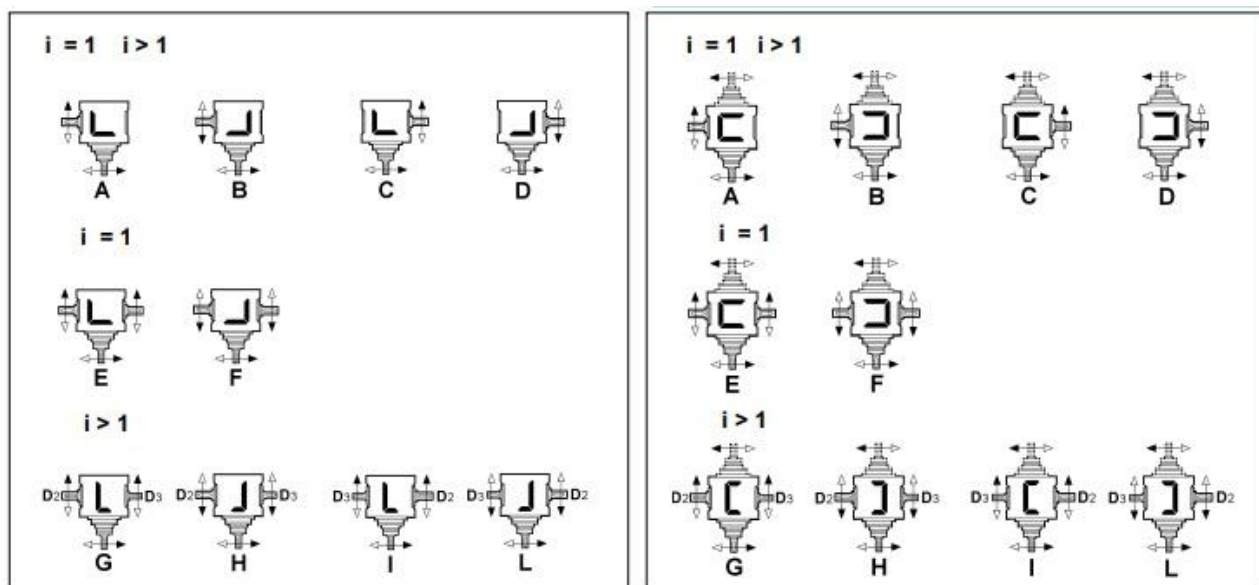


Рисунок 30 - Варианты исполнения редуктора

Спроектированная в САПР «Компас» сборка привода подвижной рейки загрузочной и сварочной зон представлена на рисунке 31.



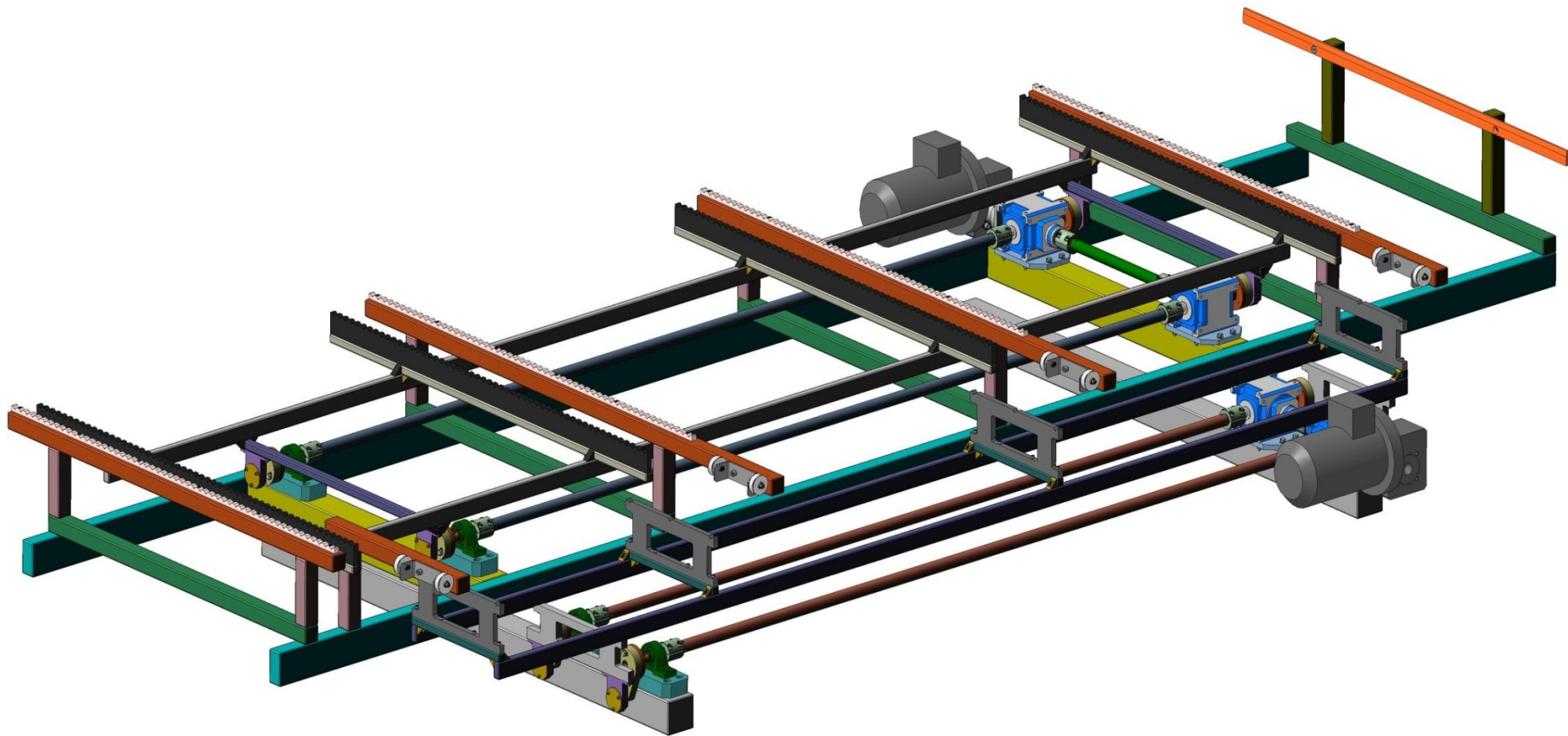


Рисунок 31 – 3D модель конструкции привода подвижной части

Подвижная рама, как в зоне загрузки, так и сварочной зоне, закреплена на опорах, которые жестко закреплены на выходных валах. Данные выполняют одинаковую функцию, а именно – передачу плоскопараллельного движения подвижной рейке для осуществления перемещения заготовки к сварочной операции или же в зону разгрузки. Опоры имеют схожую конструкцию, отличие заключается только в величине эксцентриситета. Для опоры в загрузочной зоне эта величина составляет 11 мм, в случае с опорой в сварочной зоне эта величина – 75 мм (половина шага рейки в той или иной зоне). Конструкция представлена на рисунках 32 и 33. Чертежи представлены в Приложении.

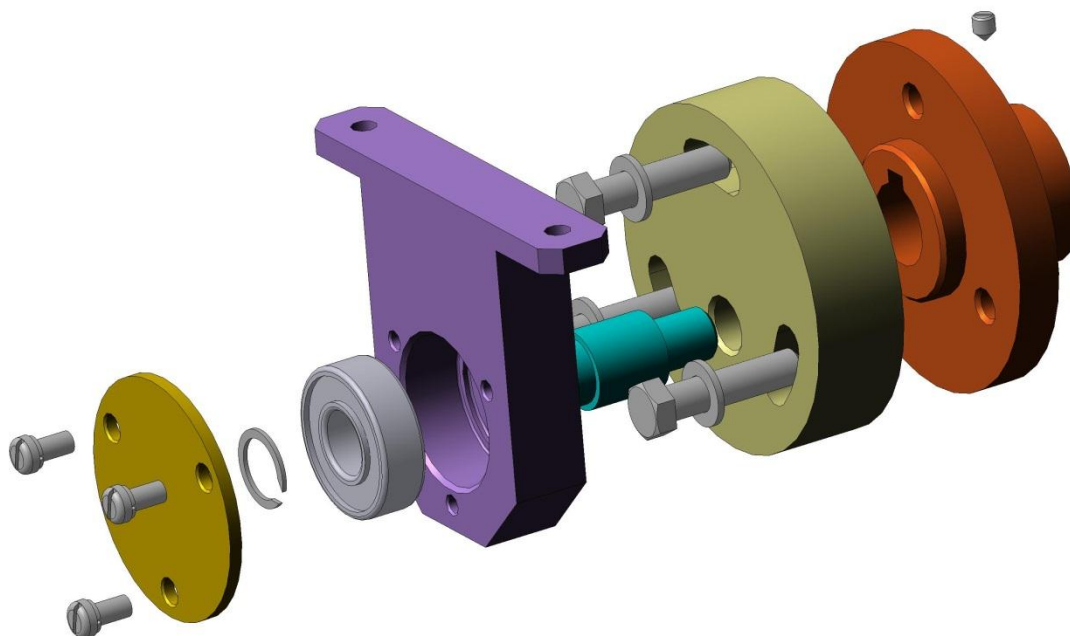


Рисунок 32 – 3D модель опоры с эксцентриситетом 11 мм

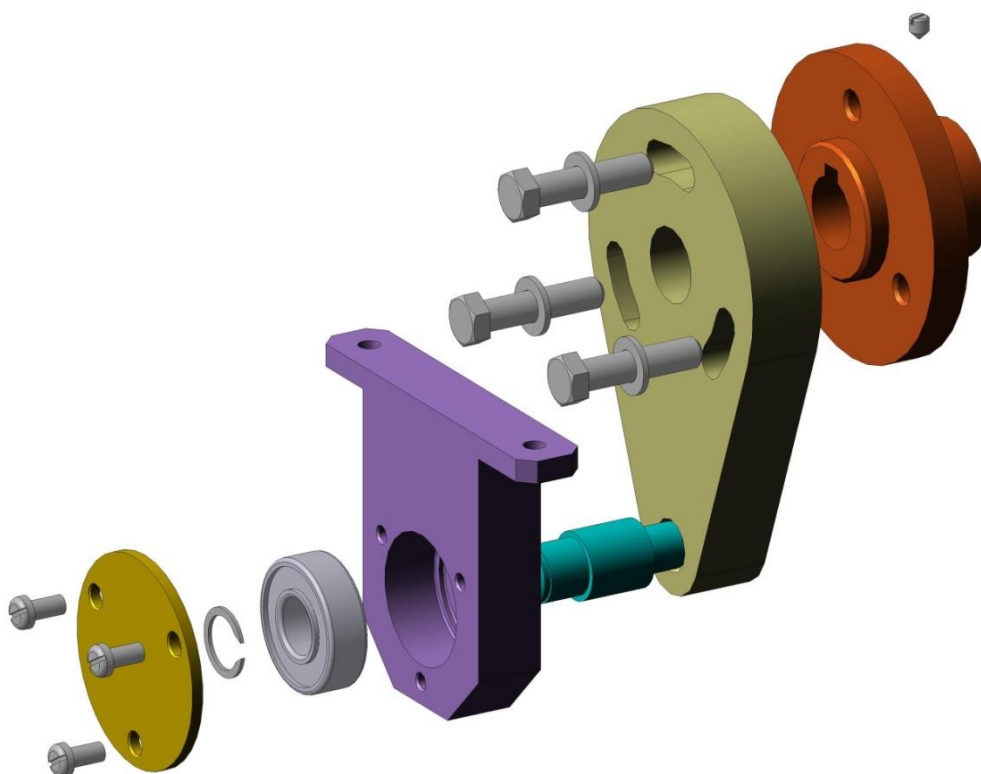


Рисунок 33 – 3D модель опоры с эксцентриситетом 75 мм

Ступица жестко закреплена на валу редуктора посредством шпоночного соединения, фланец соединен со ступицей болтами. Дуговые пазы обеспечивают возможность регулировки фазы вращения, ведь зазоры в кинематических парах и упругие деформации системы могут привести к тому, что опоры будут вращаться с некоторым запозданием относительно друг друга. Это может привести к некорректной работе установки. На фланце со смещением, равным величине шага рейки, установлен вал с натягом. Для большей жесткости с торца вал приварен к фланцу. С другой стороны вала с натягом запрессован подшипник, который в свою очередь с натягом установлен в опоре. Благодаря такой компоновке подвижной опоры, профиль с рейкой, двигаясь по окружности, перемещают трубки, лежащие на неподвижной рейке.

Основание стола для обеспечения большей жесткости конструкции собрано из профиля размером 80x80 мм.

Для установки транспортирующего стола в цехе, было решено применить регулируемые опорные ножки. Конструкция ножек представлена на рисунке 34. Чертеж представлен в Приложении.

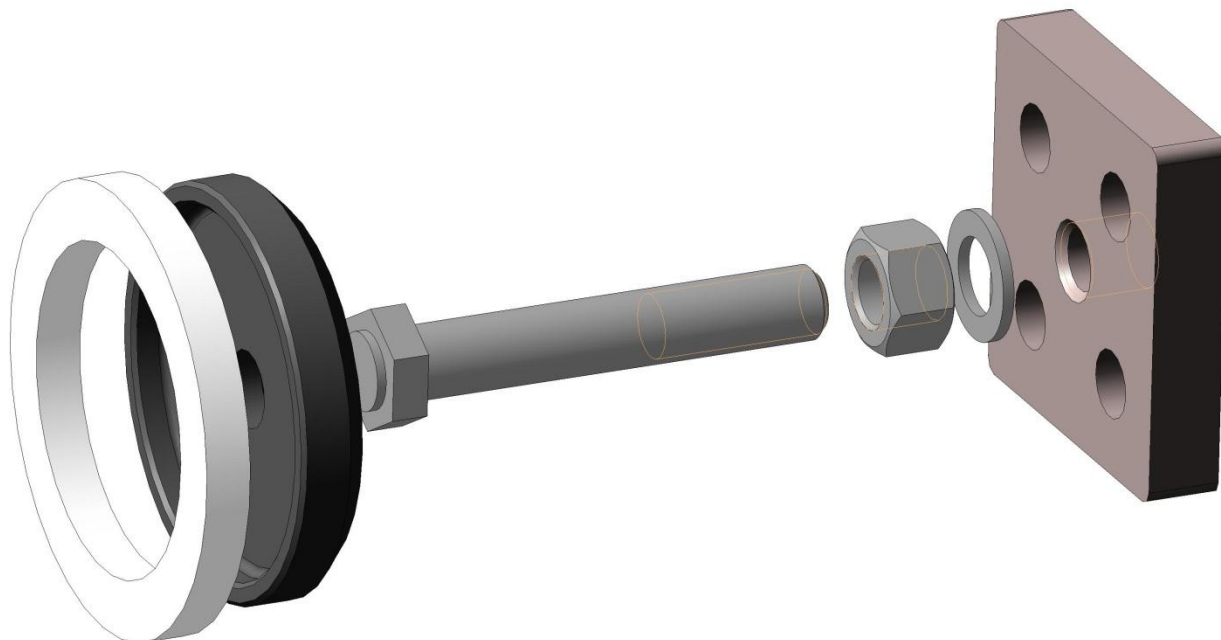


Рисунок 34 – 3D модель опорной ножки

Регулировка осуществляется за счет перемещения упорной гайки на болте с резьбой М16-6Н. На шляпке болта проточена шейка, которая вставляется в отверстие в основании и обваривается по кругу для жесткой фиксации.

Окончательный вариант транспортирующего стола, спроектированный в САПР «Компас», представлен на рисунке 35. Чертеж представлен в Приложении.

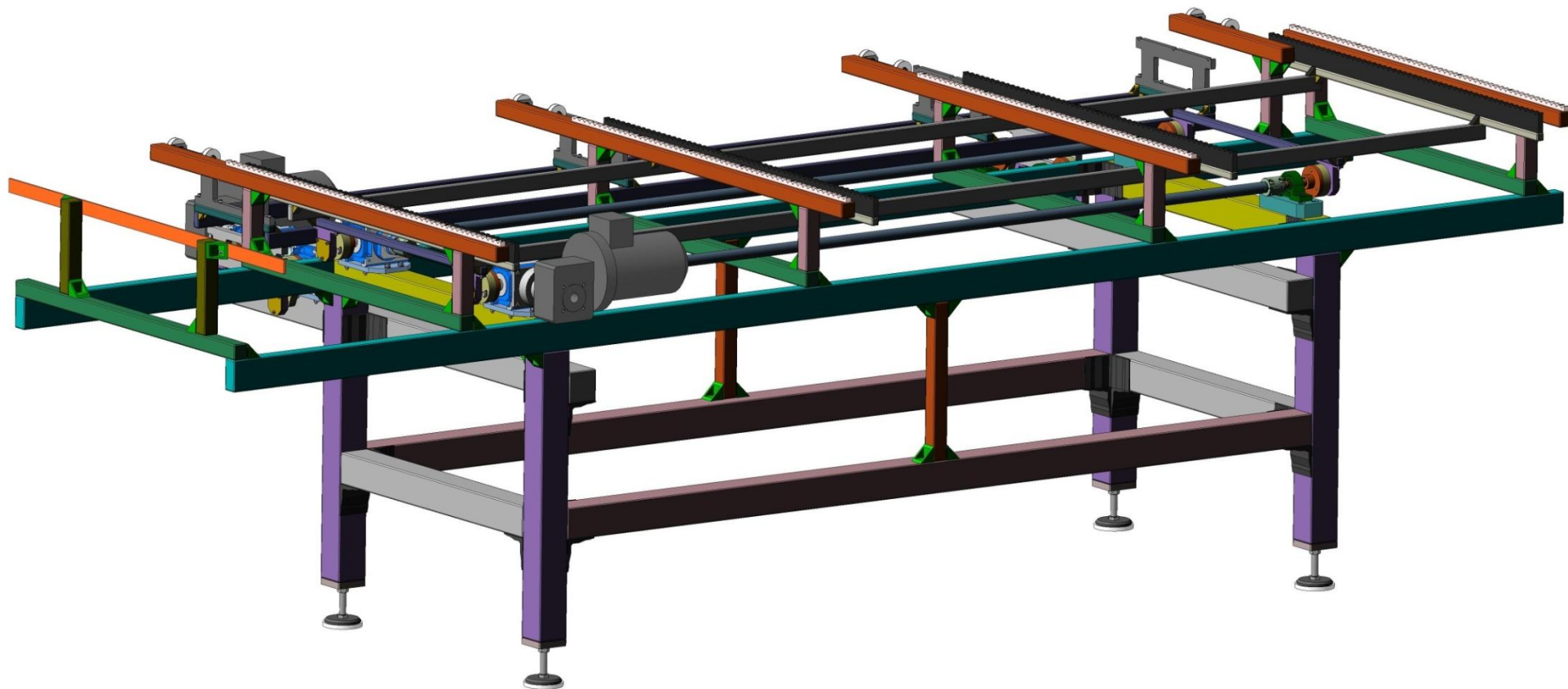


Рисунок 35 – 3D модель транспортирующего стола

### 3.3. Проектирование накопительного стола

После сварочной операции, движением подвижной рейки с шагом 150 мм, готовая трубка перемещается в накопительную зону. Конструкция стола реализована так, что при опускании подвижной рейки сварочной зоны, трубка попадает на наклонную направляющую и скатывается по ней и остается на прямой направляющей. В конце направляющих предусмотрен упор для исключения падения трубки.

3D модель рейки накопительного стола представлена на рисунке 36. Чертеж представлен в Приложении.

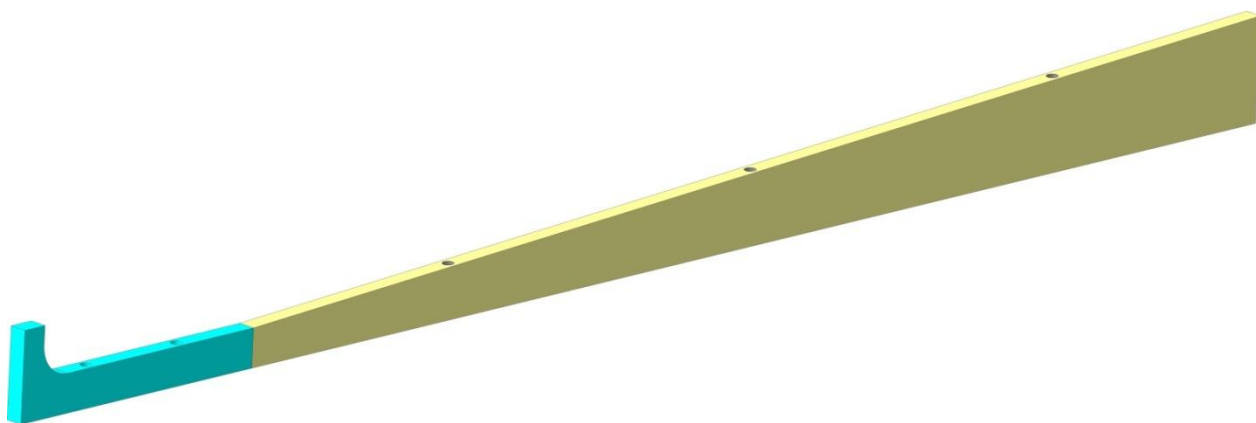


Рисунок 36 – 3D модель рейка накопительного стола

Так как нагрузка на стол состоит только из веса трубок, располагающихся на нем, то нет необходимости использовать профиль больших размеров, такой, который используется на транспортирующем столе.

Конструкция стола состоит из профиля размером 40x40 мм. Ножки имеют такую же конструкцию, отличие заключается в размерах плиты, которая крепится к торцу профиля. 3D Модель стола, спроектированная в САПР «Компас», представлена на рисунке 37. Чертеж представлен в Приложении.



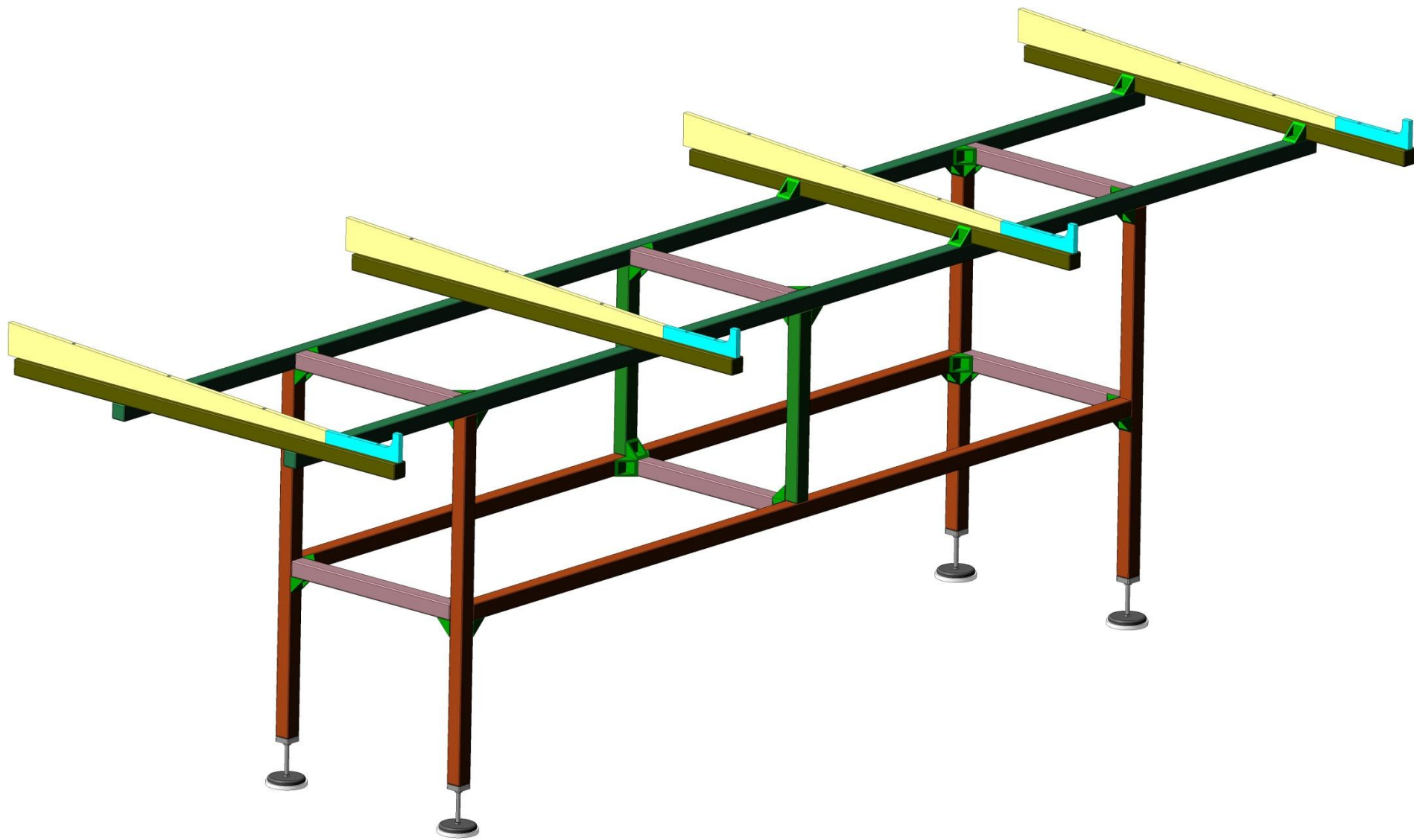


Рисунок 37 – 3D модель накопительного стола

### 3.4. Разработка технологического маршрута изготовления детали

#### «Ступица»

Технологический маршрут изготовления ступицы представлен на рисунке 38. Чертеж детали «Ступица» представлен в Приложении.

Номер			Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Установки	Перехода		
005	A	1.	<p><u>Заготовительная операция</u></p> <p>Отрезать заготовку, выдерживая размер <math>A_{01}</math></p>	
010	A	1. 2. 3. 4.	<p><u>Токарная операция с ЧПУ</u></p> <p>1. Подрезать торец 1, выдерживая размер <math>A_{11}</math>.</p> <p>2. Точить поверхность 2, выдерживая размеры <math>A_{12}</math> и <math>D_{11}</math>.</p> <p>3. Сверлить отверстие 3 выдерживая диаметр <math>D_{12}</math>, напроход.</p> <p>4. Точить фаску 4 выдерживая <math>A_{13} \times 45^\circ</math>.</p>	



010	Б	<p style="text-align: center;"><u>Токарная операция с ЧПУ</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Подрезать торец 1, выдерживая размер <math>A_{21}</math>.</li> <li>2. Точить поверхность 2, выдерживая <math>A_{22}</math> и <math>D_{21}</math>.</li> <li>3. Точить поверхность 3, выдерживая размеры <math>A_{23}</math> и <math>D_{22}</math>.</li> <li>4. Расточить отверстие 4 до <math>D_{23}</math>.</li> <li>5. Точить фаску 5 выдерживая <math>A_{24} \times 45^\circ</math>.</li> <li>6. Сверлить три отверстия под резьбу М8-7Н напроход, выдерживая <math>D_{24}</math>, <math>D_{25}</math> и угол <math>120^\circ</math>.</li> <li>7. Точить фаску 6 выдерживая <math>A_{25} \times 45^\circ</math>.</li> <li>8. Нарезать резьбу М8-7Н в трех отверстиях, напроход.</li> </ol>	
015	А	<p style="text-align: center;"><u>Электроэрозионная обработка</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Резать шпоночный паз 1, выдерживая размеры <math>D_{31}</math> и <math>B</math>, напроход.</li> </ol>	
020	А	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сверлить отверстие 1 под резьбу М5-7Н диаметром <math>A_{32}</math>, выдерживая <math>A_{31}</math>.</li> <li>2. Точить фаску 1 выдерживая <math>A_{24} \times 45^\circ</math>.</li> <li>3. Нарезать резьбу М5-7Н в отверстие 1, напроход.</li> </ol>	

### 3.4.1. Определение типа производства

Тип производства определяем по коэффициенту закрепления операций, который находим по формуле:

$$K_{з.о} = \frac{t_{в}}{T_{ср}}, \quad (3.4)$$

где  $t_{в}$  – такт выпуска детали, мин;

$T_{ср}$  – среднее штучное время, мин.

Так как изделие изготавливается в единичном экземпляре, расчет не производится, назначаем единичное производство ( $K_{з.о} > 40$ ).

### 3.4.2. Выбор исходной заготовки

С учетом технологических свойств материала детали (материал детали сталь «Сталь 20»), выбираем в качестве исходной заготовки – круглый прокат диаметром 90 мм.

### 3.4.3. Размерный анализ технологического процесса

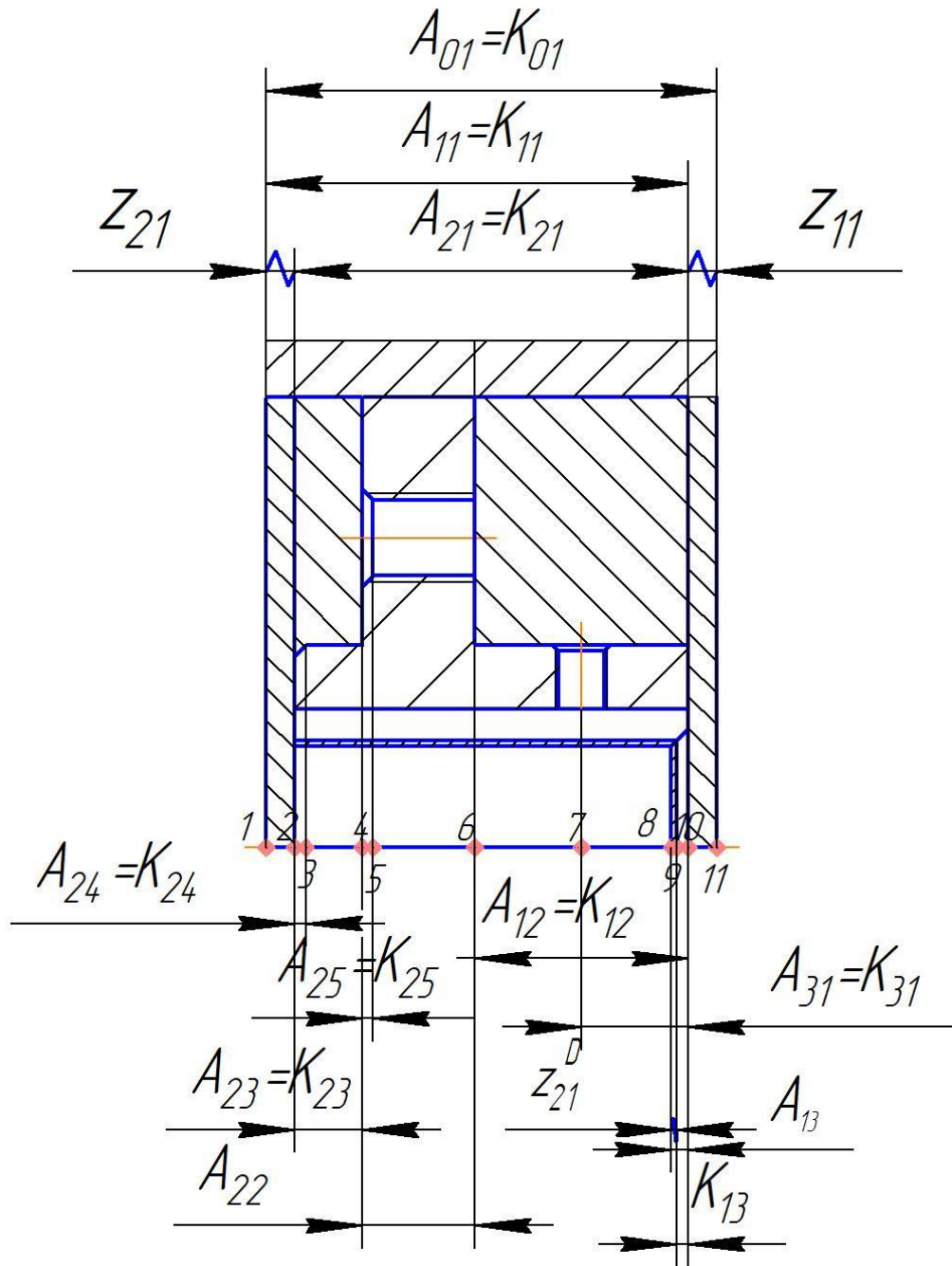


Рисунок 39 – Размерная схема технологического процесса

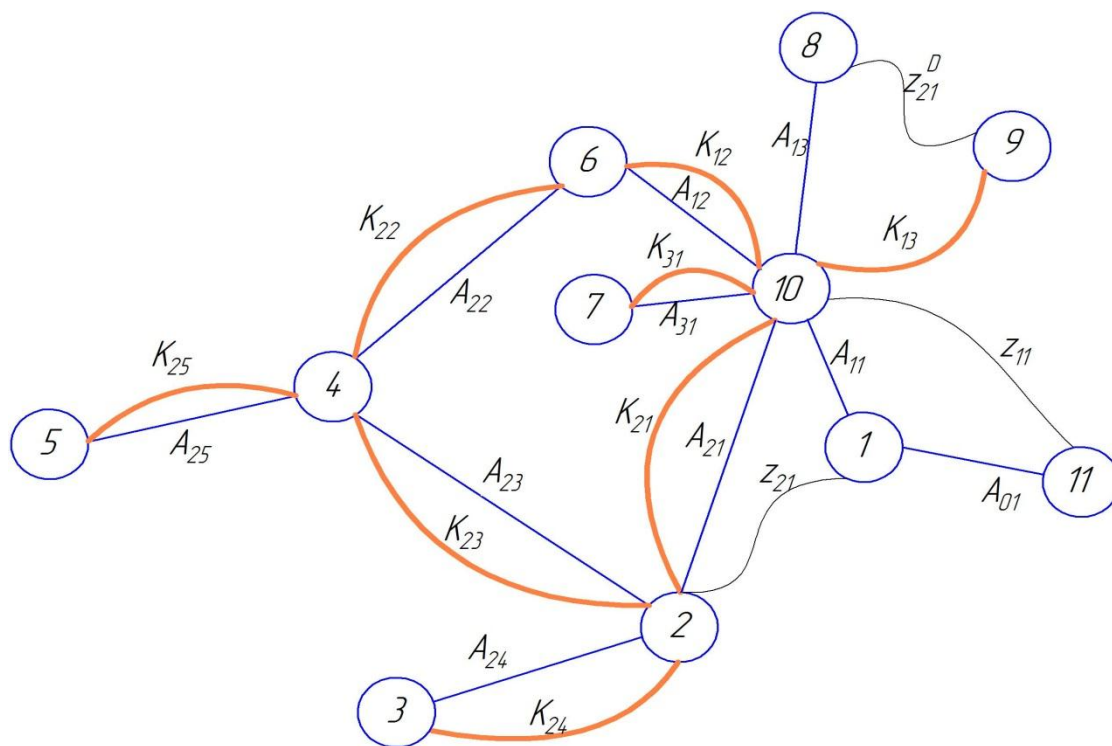


Рисунок 40 – Граф дерево технологического процесса

### 3.4.4. Назначение допусков на технологические размеры

По ГОСТ 2590-2006 [7] кривизна профиля сортового проката равна 1мм на 1мм; для круглого проката диаметром 90 мм при обычной точности получаем:  $\rho = 0,8$  мм.

Допуски на осевые технологические размеры указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Допуски на осевые технологические размеры

Размеры	Погрешности, мм			Допуск назначенный, мм	Допуск по чертежу, мм
	$\rho$	$\omega_c$	$\varepsilon_3$		
$A_{01}$	0,8	2	0,15	2,95	-
$A_{11}$	0,8	0,04	0,15	1	-
$A_{12}$ и $K_{12}$	0,16	0,04	0,12	0,32	$TK_{12} = 0,62$
$A_{13}$	0,13	0,04	0,12	0,29	-

$K_{13}$	-	-	-	-	$TK_{13} = 0,25$
$A_{21}$ и $K_{21}$	0,03	0,04	0,05	0,12	$TK_{21} = 0,62$
$A_{22}$ и $K_{22}$	0,01	0,04	0,05	0,1	$TK_{22} = 0,43$
$A_{23}$ и $K_{23}$	0,01	0,04	0,05	0,1	$TK_{23} = 0,36$
$A_{24}$ и $K_{24}$	0,01	0,04	0,05	0,1	$TK_{24} = 0,25$
$A_{25}$ и $K_{25}$	0,01	0,04	0,05	0,1	$TK_{25} = 0,25$
$A_{31}$ и $K_{31}$	0,05	0,1	0,15-	0,3	$TK_{31} = 0,36$
$A_{32}$ и $K_{32}$	0,05	0,1	0,08-	0,23	$TK_{32} = 0,36$

### 3.4.5. Расчет минимальных припусков на линейные технологические размеры

Расчет минимальных припусков на осевые технологические размеры.

Расчетная формула для определения припусков линейных технологических размеров, в частных случаях формула упрощается:

$$z_i = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} \quad (3.5)$$

Используя формулу (3.5) найдем припуски:

1) Припуск  $Z_{11min}$ ,  $Z_{21min}$  :

$$z_{11min} = R_{z0} + h_0 + \rho_{i-1} = 0,5 + 0,12 + 0,8 = 1,32 \text{ мм},$$

где  $R_{z0}$  – шероховатость, полученная на заготовительной операции;

$h_0$  – толщина дефектного слоя, полученная на заготовительной операции;

$\rho_{i-1}$  – точность геометрической формы.

2) Припуск  $Z_{21min}$ :

$$z_{21min} = R_{z0} + h_0 + \rho_{i-1} = 0,5 + 0,12 + 0,8 = 1,32 \text{ мм}$$

где  $R_{z1}$  – шероховатость, полученная на фрезерной получистовой операции.

Параметры для определения припусков  $Z_{11min}$ ,  $Z_{21min}$  равны, так как эти поверхности были получены на одном ножовочном станке.

### 3.4.6 Расчет технологических размеров

Технологические и конструкторские размеры изменяются в зависимости от искомого размера.

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i, \quad (3.6)$$

Для размера  $K_{12}$ :  $TK_{12} = 0,62 \geq TA_{12} = 0,32$  мм, т. е. размер  $K_{12}$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{21}$ :  $TK_{21} = 0,62 \geq TA_{21} = 0,12$  мм, т. е. размер  $K_{21}$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{22}$ :  $TK_{22} = 0,43 \geq TA_{22} = 0,1$  мм, т. е. размер может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{23}$ :  $TK_{23} = 0,02 \geq TA_{23} = 0,1$  мм, т. е. размер может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{24}$ :  $TK_{24} = 0,25 \geq TA_{24} = 0,1$  мм, т. е. размер может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{25}$ :  $TK_{25} = 0,25 \geq TA_{25} = 0,1$  мм, т. е. размер может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{31}$ :  $TK_{31} = 0,36 \geq TA_{31} = 0,3$  мм, т. е. размер может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{32}$ :  $TK_{32} = 0,36 \geq TA_{31} = 0,23$  мм, т. е. размер может быть обеспечен с заданной точностью.

Все конструкторские размеры обеспечиваются на нашем оборудовании, поэтому далее примем все допуски на технологические размеры, совпадающие с конструкторскими, равными допускам на конструкторские размеры.

### 3.4.7. Расчет осевых технологических размеров

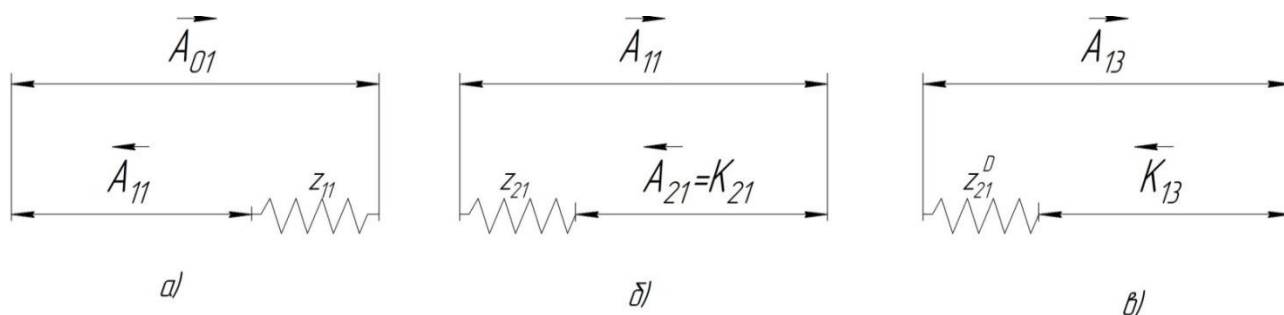


Рисунок 41 – Размерные цепи

Расчет осевых технологических размеров (Рис. 41).

Расчет ведется методом среднего значения поля допуска.

1) Размер  $A_{21}$ :

$$A_{21} = K_{21} = 35_{-0,31}^{+0,31} \text{ мм}$$

Рассчитаем среднее значение  $A_{21}^C = 35_{-0,31}^{+0,31}$

Рассчитаем среднее значение размера  $z_{21}$ :

$$z_{21}^C = \frac{z_{21\min} + z_{21\max}}{2}$$

$$z_{21\max} = TA_{11} + TA_{21} + z_{\min} = 1,32 + 1 + 0,62 = 2,94 \text{ мм}$$

$$z_{21}^C = \frac{1,32 + 2,94}{2} = 2,13$$

$$TZ_{21} = z_{\max} - z_{\min} = 2,94 - 1,32 = 1,62 \text{ мм}$$

Рассчитаем среднее значение размера  $A_{11}^C$ :

$$A_{11}^C = z_{21}^C + A_{21}^C = 35 + 2,13 = 37,13$$

$$A_{11} = 37,13_{-0,5}^{+0,5} = 37_{-0,37}^{+0,63}$$

Рассчитаем размер  $z_{21}$ .

$$TZ_{21} = TA_{11} - TA_{21} = 1 - 0,62 = 0,38 \text{ мм}$$

$$z_{21} = 1,32_{-0,18}^{+0,38} = 1,5_{-0,18}^{0,2} \text{ мм}$$

2) Размер  $A_{01}$ :

Среднее значение  $A_{11}^C = 37_{-0,37}^{+0,63}$

Рассчитаем среднее значение размера  $z_{11}$ :

$$z_{11}^c = \frac{z_{11min} + z_{21max}}{2}$$

$$z_{11max} = TA_{11} + TA_{01} + z_{11min} = 1,32 + 1 + 2,95 = 5,27 \text{ мм}$$

$$z_{11}^c = \frac{1,32 + 5,27}{2} = 3,3$$

$$Tz_{11} = z_{max} - z_{min} = 5,27 - 1,32 = 3,95 \text{ мм}$$

$$z_{11} = 1,32^{+0,38} = 1,5_{-0,18}^{0,2}$$

Рассчитаем среднее значение размера  $A_{01}^c$ :

$$A_{01}^c = z_{11}^c + A_{11}^c = 3,3 + 37,13 = 40,43$$

$$A_{01} = 40,43_{-1,475}^{+1,475} = 40_{-1,04}^{+1,91}$$

3) Рассчитаем размер  $z_{21}$ .

$$Tz_{11} = TA_{01} + TA_{11} = 1 + 2,95 = 0,38 \text{ мм}$$

$$z_{11} = 3,3_{-1,975}^{+1,975} = 4_{-2,675}^{+1,275} \text{ мм}$$

2) Размер  $A_{13}$ :

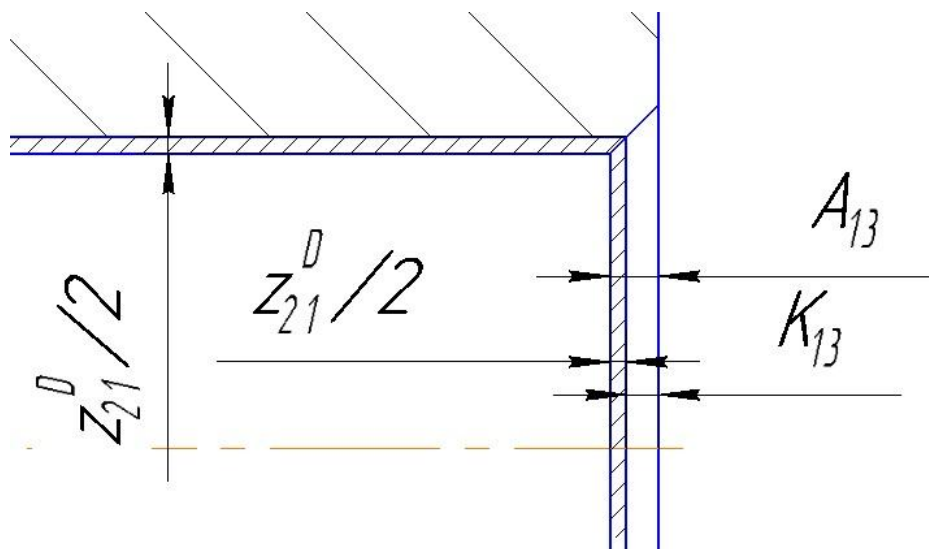


Рисунок 42 – Припуск на фаску

Припуск  $z_{21}^D/2$  состоит из припуска на растачивание отверстия  $\varnothing 19$  мм, Сначала отверстие сверлится на токарном станке с ЧПУ до диаметра  $\varnothing 18 H12(\frac{+0,18}{0})$ . Затем растачивается в несколько рабочих ходов до размера  $\varnothing 19 H7(\frac{+0,021}{0})$ .



Рассчитаем среднее значение  $K_{13}^C = 1_{-0,125}^{+0,125}$ .

Рассчитаем среднее значение размера  $z_{21}^D$ :

$$z_{21}^{Dc} = \frac{z_{21min}^D + z_{21max}^D}{2} = 0,92 \text{ мм}$$

$$Tz_{21} = z_{max} - z_{min} = 0,11 \text{ мм}$$

$$z_{21}^D = 0,92_{-0,05}^{+0,05}$$

Рассчитаем среднее значение размера  $A_{13}^C$ :

$$A_{13}^C = \frac{z_{21}^{Dc}}{2} + K_{13}^C = 0,46 + 0,92 = 1,38 \text{ мм}$$

$$A_{13} = 1,38_{-0,15}^{+0,15} = 1,5_{-0,27}^{+0,03}$$

### 3.4.8. Расчет режимов резания

#### Заготовительная операция

Для этой операции был выбран Ножовочный станок 8725.

Устанавливаем пруток в тисы ножовочного станка и включаем станок.

Глубина реза – величина не постоянная, регулировочная характеристика – количество двойных ходов в минуту, она зависит от скорости резания.

1. Скорость резания:  $v = 12 \text{ м/мин.}$
2. Кол-во двойных ходов в минуту  $50 \text{ дв.ход./мин.}$
3. Подача  $S_M = 25 \text{ мм / мин}$

#### Токарная операция с ЧПУ 010

1. Подрезка торца и точение наружной поверхности

- 1) Задаем глубину резания:  $t=2\text{мм}$
- 2) Задаем подачу по табл.  $s=0,32 \text{ мм/об.}$
- 3) Рассчитываем скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} \cdot K_v = \frac{257}{60^{0,20} 0,32^{0,35} 2^{0,15}} \cdot 3,11 = 152 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Где  $C_v = 257, m = 0,2, x = 0,35, y = 0,15$  – коэффициент и показатели степени при обработке резцами с твердым сплавом Т15К6 с охлаждением.

$T = 60$  мин – значение стойкости при одноинструментальной обработке.

## 2. Сверление отверстия

1) Глубина резания при сверлении отверстия в сплошном материале определяется по формуле:

$$t = \frac{D}{2},$$

где  $D$  – диаметр сверла.

Тогда:  $t=9$  мм.

2) Подача определяется по формуле

$$s = C \cdot D^{0,6},$$

где  $s$  – оборотная подача, мм/об.;  $C$  – коэффициент;  $D$  – диаметр сверла, мм.  $C$  примем равным  $C=0,063$ .

$$s = 0,063 \cdot 18^{0,6} = 0,36 \text{ мм/об.}$$

3) Скорость резания определяется как:

$$v = \frac{C_v \cdot D^z \cdot HB^{n1}}{T^m \cdot t^x \cdot s^y},$$

где  $C$ –коэффициент;  $D$  – диаметр сверла;  $s$  – оборотная подача;  $z, m, x, y, n1$  – показатели степени.

$$v = \frac{0,1 \cdot 18^{0,4} \cdot 150^{0,9}}{15^{0,2} \cdot 9^2 \cdot 0,36^4} \approx 17 \text{ м/мин}$$

4) Расчет частоты вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17}{3,14 \cdot 18} = 300 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

## 3. Растачивание фаски

1) Фаска образуется растачиванием сверлом большего диаметра:

$$t = \frac{D - d}{2} = \frac{20 - 18}{2} = 1,$$

где  $D$  – диаметр сверла;  $d$  – диаметр рассверливаемого отверстия;  $t$  – глубина резания.

Тогда:  $t=1$  мм.

2) Подача определяется по формуле:

$$s = C \cdot D^{0,6}$$

где  $s$  – оборотная подача, мм/об.;  $C$  – коэффициент;  $D$  – диаметр сверла, мм.  $C$  примем равным  $C=0,063$ .

$$s = 0,063 \cdot 18^{0,6} = 0,38 \text{ мм/об.}$$

3) Скорость резания рассчитывается:

$$v = \frac{C_v \cdot D^z \cdot HB^{n1}}{T^m \cdot t^x \cdot s^y},$$

где  $C$  – коэффициент;  $D$  – диаметр сверла;  $s$  – оборотная подача;  $z$ ,  $m$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $n1$  – показатели степени.

$$v = \frac{0,1 \cdot 20^{0,4} \cdot 150^{0,9}}{15^{0,2} \cdot 9^2 \cdot 0,38^4} \approx 17 \text{ м/мин}$$

4) Расчет частоты вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17}{3,14 \cdot 18} = 300 \frac{\text{об.}}{\text{мин}}$$

### Токарная операция с ЧПУ 010

1. Подрезка торца и точение наружной поверхности

1) Задаем глубину резания:  $t=2$ мм. .

2) Задаем подачу  $s=0,32$  мм/об.

3) Скорость резания:  $v=150$  м/мин.

4) Частота вращения шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 150}{3,14 \cdot 80} = 597 \approx 600 \frac{\text{об.}}{\text{мин}}$$

Для обеспечения конструкторских требований к поверхности  $\varnothing 36h6$ , назначаем для последних трех проходов:

Подача  $s=0,1$  мм/об., частота вращения шпинделя  $n=520$  об./мин, скорость резания  $v=130$  м/мин, глубина резания:

- 1) Получистовое обтачивание – глубина  $t=100$  мкм.
- 2) Тонкое обтачивание 59 мкм.
- 3) Тонкое обтачивание 21 мкм.

#### Электроискровая операция с ЧПУ 015

- 1) Материал проволочного ЭИ – Латунь Л63.
- 2) Диаметр проволочного ЭИ – 0,20 мм.
- 3) Напряжение холостого хода – 160 В.
- 4) Рабочий ток – 1 А.
- 5) Скорость подачи – 15 мм/с.
- 6) Производительность – 4 мм<sup>2</sup>/мин.

### **3.4.9. Расчет норм времени технологического процесса**

#### *Краткие теоретические сведения*

Для нормирования времени технологического процесса механической обработки деталей рассчитывается штучное время, которое определяется как:

$$t_{шт} = t_0 + t_B + t_{обс} + t_{п} , \quad (3.7)$$

где  $t_0$  – основное время обработки;

$t_B$  – вспомогательное время;

$t_{обс}$  – время обслуживания рабочего места;

$t_{п}$  – время на личные потребности рабочего.

Основное время определяется как:

$$t_0 = \frac{L \cdot i}{S_M}; \quad (3.8)$$

где  $L = l_{вр} + l_{под} + l_{дет} + l_{пер}$  – расчетная длина обработки (длина врезания подвода, детали и перебега соответственно);

$i$  – число рабочих ходов;

$S_M$  – минутная подача инструмента.

Вспомогательное время берется от основного времени в соотношении:

$$t_B = 0,15t_0$$

Время обслуживания рабочего места:

$$t_{Обс} = t_T + t_{Орг} = 0,14t_{ОП}, \quad (3.9)$$

где  $t_T$  – время технического обслуживания (6% от  $t_{ОП}$ );

$t_{Орг}$  – время организационного обслуживания (0,6 - 8 % от  $t_{ОП}$ ).

### 1. Заготовительная операция

1) Определяем расчетную длину обработки:

$$L = l + l_{ПОД} + l_{СХ} = 90 + 1 + 1 = 92 \text{ мм.}$$

2) Определяем минутную подачу:

$$S_M = 25 \text{ мм / мин.}$$

3) Число рабочих ходов  $i=1$ .

4) Тогда основное время  $t_0 = 4,6 \text{ мин.}$

5) Вспомогательное время операции:

$$t_B = 0,15t_0 = 0,69 \text{ мин.}$$

6) Оперативное время:

$$t_{ОП} = t_0 + t_B = 5,29 \text{ мин.}$$

7) Время обслуживания рабочего места:

$$t_{Обс} = t_T + t_{Орг} = 0,06t_{ОП} + 0,08t_{ОП} = 0,3 + 0,4 = 0,7 \text{ мин.}$$

Тогда штучно-калькуляционное время определяется как:

$$t_{ШКО5} = t_0 + t_B + t_{Обс} = 7 \text{ мин.}$$

### 2. Токарная операция

#### 2.1. Подрезка торца

1) Определяем расчетную длину обработки:

$$L_1 = l + l_{БР} + l_{СХ} = 45 + 2 + 2 = 49 \text{ мм}$$

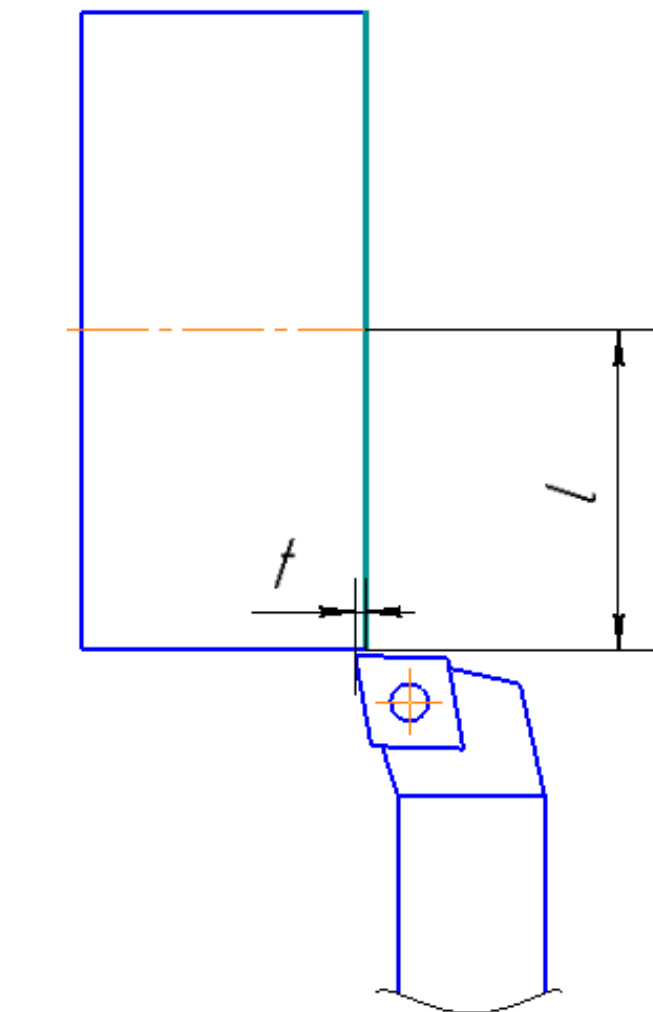


Рисунок 43 – Схема подрезки торца

2) Определяем минутную подачу:

$$S_M = S \cdot n,$$

$$\text{где } n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 152}{3,14 \cdot 90} = 537.$$

3) Число рабочих ходов  $i=2$ .

$$4) \text{ Тогда основное время } t_O = \frac{L \cdot i}{S_M}; \quad t_O = 0,57 \text{ мин.}$$

5) Вспомогательное время операции:

$$t_B = 0,15 t_O = 0,1 \text{ мин.}$$

6) Оперативное время:

$$t_{оп} = t_O + t_B = 0,67 \text{ мин.}$$

7) Время обслуживания рабочего места:

$$t_{Обс} = t_T + t_{ОРГ} = 0,06t_{ОП} + 0,08t_{ОП} = 0,03 + 0,05 = 0,08 \text{ мин.}$$

Тогда штучно-калькуляционное время определяется как:

$$t_{ШК} = t_O + t_B + t_{Обс} = 0,57 + 0,1 + 0,08 = 0,66 \text{ мин.}$$

## 2.2. Точение наружной поверхности

1) Определяем расчетную длину обработки (Рис. 44):

$$L_2 = l + l_{ВР} + l_{сх} = 45 + 2 + 2 = 18 * 9 + 27 + 19 + 2 * 11 = 230 \text{ мм.}$$

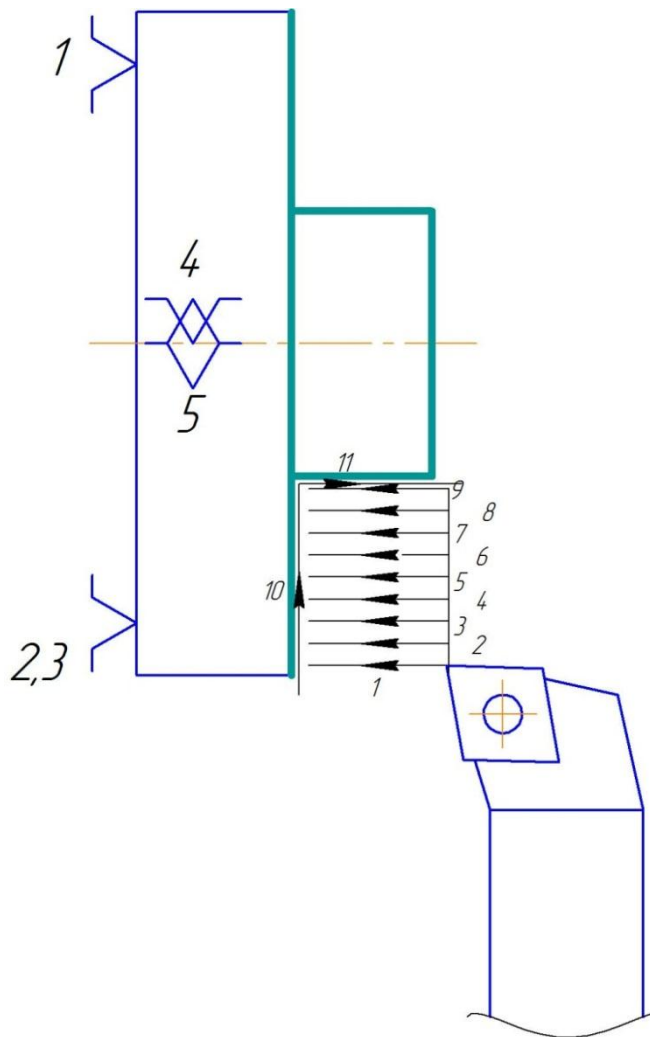


Рисунок 44 - Точение наружной поверхности

2) Определяем минутную подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,32 \cdot 537 = 171,84 \text{ мм / мин.}$$

3) Число рабочих ходов  $i=11$ .

4) Тогда основное время  $t_O = 1,34 \text{ мин}$ .

5) Вспомогательное время операции:

$$t_B = 0,15t_O = 0,2 \text{ мин}.$$

6) Оперативное время:

$$t_{OP} = t_O + t_B = 1,54 \text{ мин}.$$

7) Время обслуживания рабочего места:

$$t_{Обс} = t_T + t_{ОРГ} = 0,06t_{OP} + 0,08t_{OP} = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ мин}.$$

Тогда штучно-калькуляционное время определяется как:

$$t_{ШК} = t_O + t_B + t_{Обс} = 1,76 \text{ мин}.$$

### 2.3. Сверление и точение фаски

1) Определяем расчетную длину обработки (Рис. 45)::

$$L_3 = l + l_{ВР} + l_{сх} = 45 + 2 + 2 = 40 + 4 + 1.5 + 4 = 50 \text{ мм}.$$

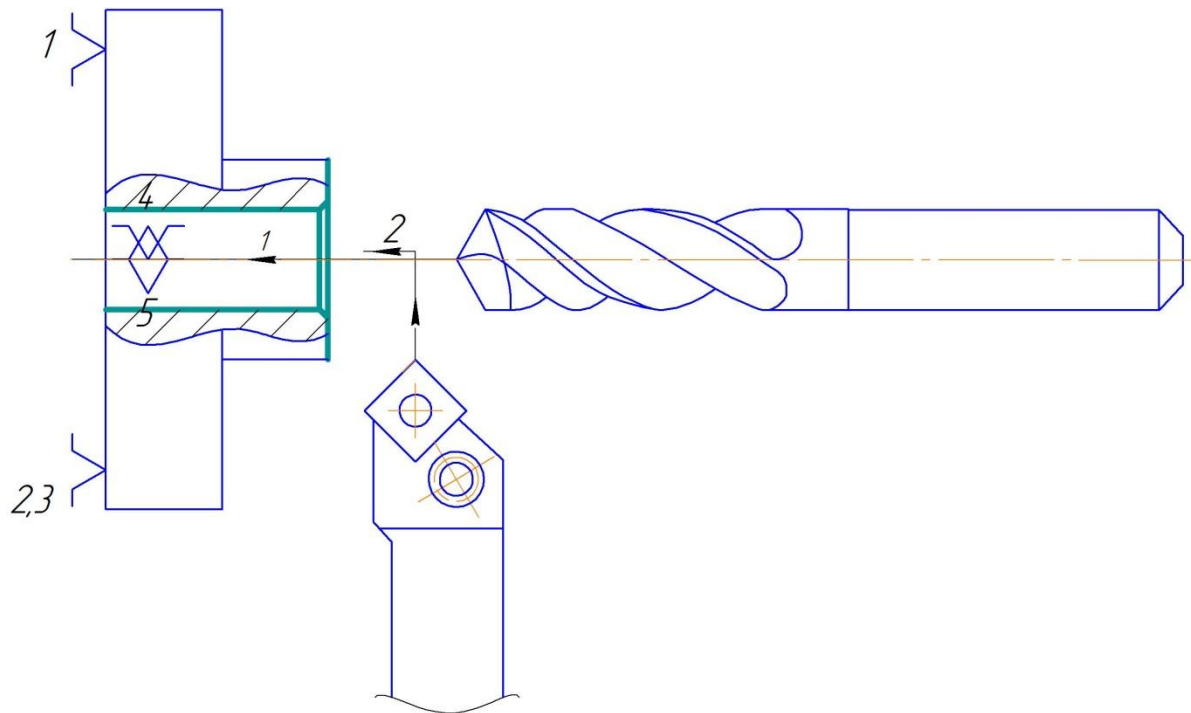


Рисунок 45 – Схема обработки отверстия и фаски

2) Определяем минутную подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,36 \cdot 300 = 108 \text{ мм / мин}.$$

3) Число рабочих ходов  $i=1$ .



4) Тогда основное время  $t_O = 0,46 \text{ мин}$ .

5) Вспомогательное время операции:

$$t_B = 0,15t_O = 0,07 \text{ мин}.$$

6) Оперативное время:

$$t_{OP} = t_O + t_B = 0,53 \text{ мин}.$$

7) Время обслуживания рабочего места:

$$t_{Обс} = t_T + t_{ОРГ} = 0,06t_{OP} + 0,08t_{OP} = 0,03 + 0,06 = 0,09 \text{ мин}.$$

Тогда штучно-калькуляционное время определяется как:

$$t_{ШК} = t_O + t_B + t_{Обс} = 0,62 \text{ мин}.$$

## 2.4. Точение наружной поверхности

1) Определяем расчетную длину обработки (Рис. 46):

$$L_4 = l + l_{BP} + l_{CX} = 21,5 \cdot 4 + 6 \cdot 3 + 2 \cdot 7 + 1 \cdot 7 = 40 + 4 + 1,5 + 4 =$$

215мм.

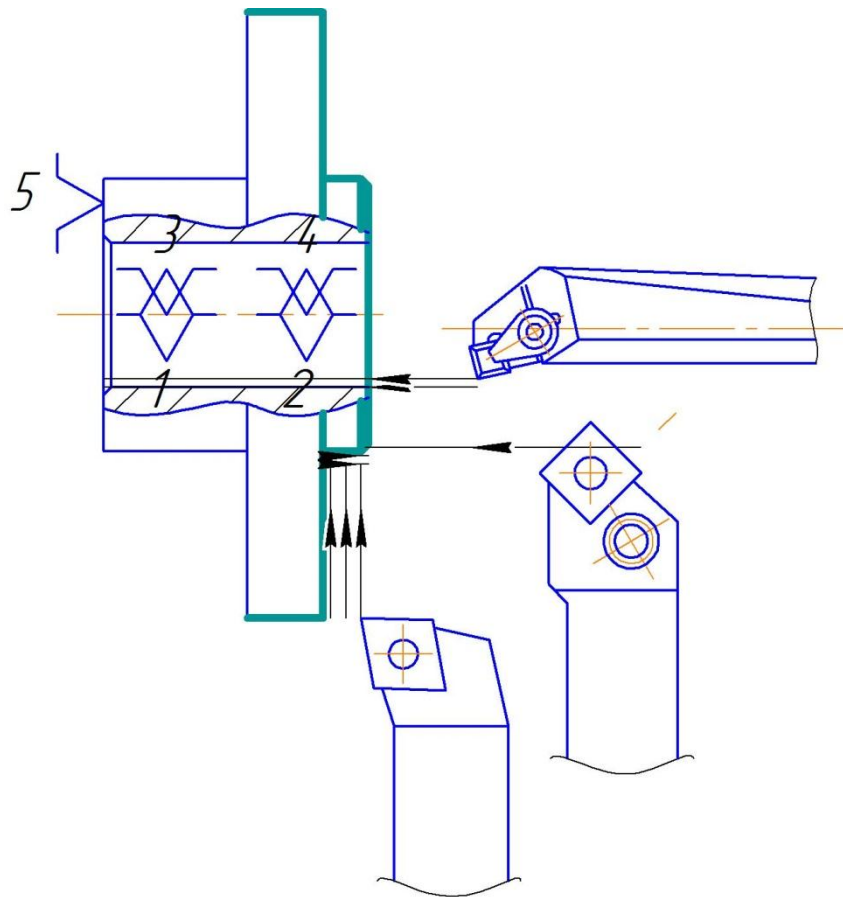


Рисунок 46 – Схема обработки

2) Определяем минутную подачу:

$$S_{M1} = S \cdot n = 0,32 \cdot 600 = 192 \text{ мм / мин},$$

$$S_{M2} = S \cdot n = 0,1 \cdot 520 = 52 \text{ мм / мин}.$$

3) Число рабочих ходов  $i=7$ .

4) Тогда основное время  $t_o = 1,51 \text{ мин}$ .

5) Вспомогательное время операции:

$$t_B = 0,15t_o = 0,23 \text{ мин}.$$

6) Оперативное время:

$$t_{OP} = t_o + t_B = 1,74 \text{ мин}.$$

7) Время обслуживания рабочего места:

$$t_{Обс} = t_T + t_{ОРГ} = 0,06t_{OP} + 0,08t_{OP} = 0,1 + 0,14 = 0,24 \text{ мин}.$$

Тогда штучно-калькуляционное время определяется как:

$$t_{ШК} = t_o + t_B + t_{Обс} = 1,98 \text{ мин}.$$

## 2.5. Растачивание внутреннего отверстия

1) Определяем расчетную длину обработки

$$L_5 = l + l_{\text{ВР}} + l_{\text{СХ}} = 35 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 3 \cdot 3 = 123 \text{ мм.}$$

2) Определяем минутную подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,1 \cdot 520 = 52 \text{ мм/мин.}$$

3) Тогда основное время  $t_O = 2,37 \text{ мин.}$

4) Вспомогательное время операции:

$$t_B = 0,15t_O = 0,35 \text{ мин.}$$

5) Оперативное время:

$$t_{\text{ОП}} = t_O + t_B = 2,72 \text{ мин.}$$

6) Время обслуживания рабочего места:

$$t_{\text{Обс}} = t_T + t_{\text{ОРГ}} = 0,06t_{\text{ОП}} + 0,08t_{\text{ОП}} = 0,16 + 0,22 = 0,38 \text{ мин.}$$

Тогда штучно-калькуляционное время определяется как:

$$t_{\text{ШК}} = t_O + t_B + t_{\text{Обс}} = 3,1 \text{ мин.}$$

## 2.6. Сверление отверстий и нарезание фасок

1) Определяем расчетную длину обработки (Рис. 47):

$$L_6 = l + l_{\text{ВР}} + l_{\text{СХ}} = 10 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 4 \cdot 3 + 5,7 + 2 + 2 = 61 \text{ мм.}$$

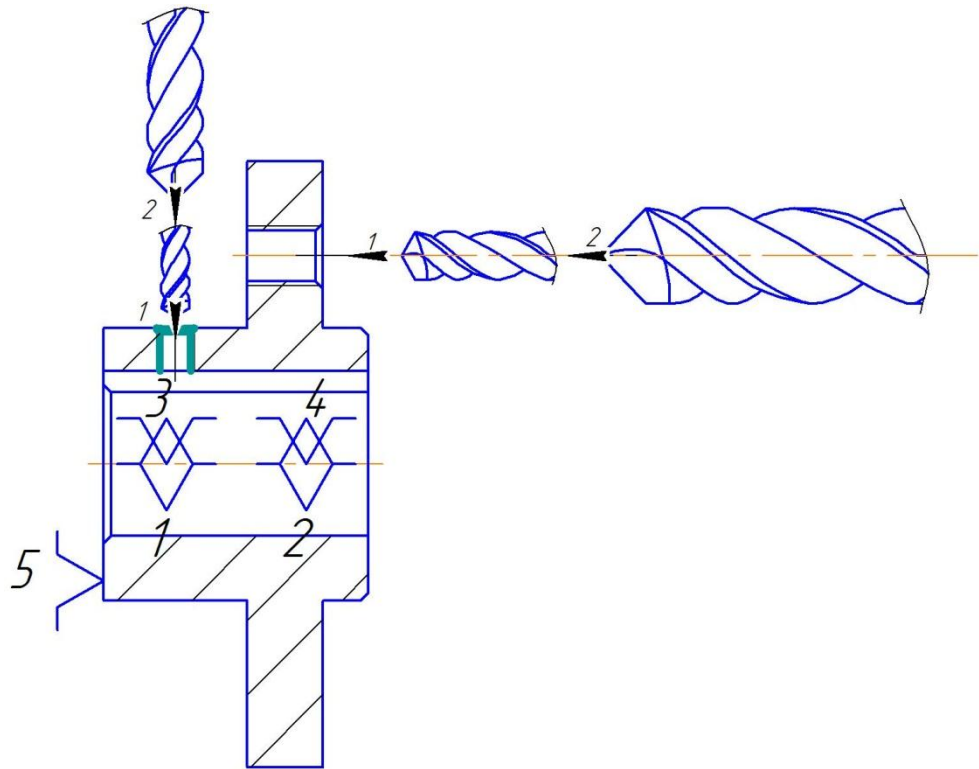


Рисунок 47 – Схема обработки

2) Определяем минутную подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,1 \cdot 320 = 32 \text{ мм / мин}$$

3) Тогда основное время  $t_O = 1,90 \text{ мин}$ .

4) Вспомогательное время операции:

$$t_B = 0,15 t_O = 0,28 \text{ мин}$$

5) Оперативное время:

$$t_{ОП} = t_O + t_B = 1,18 \text{ мин}$$

6) Время обслуживания рабочего места:

$$t_{Обс} = t_T + t_{ОРГ} = 0,06 t_{ОП} + 0,08 t_{ОП} = 0,07 + 0,09 = 0,16 \text{ мин}$$

Тогда штучно-калькуляционное время определяется как:

$$t_{ШК} = t_O + t_B + t_{Обс} = 2,34 \text{ мин}$$

### 3. Электро-искровая операция

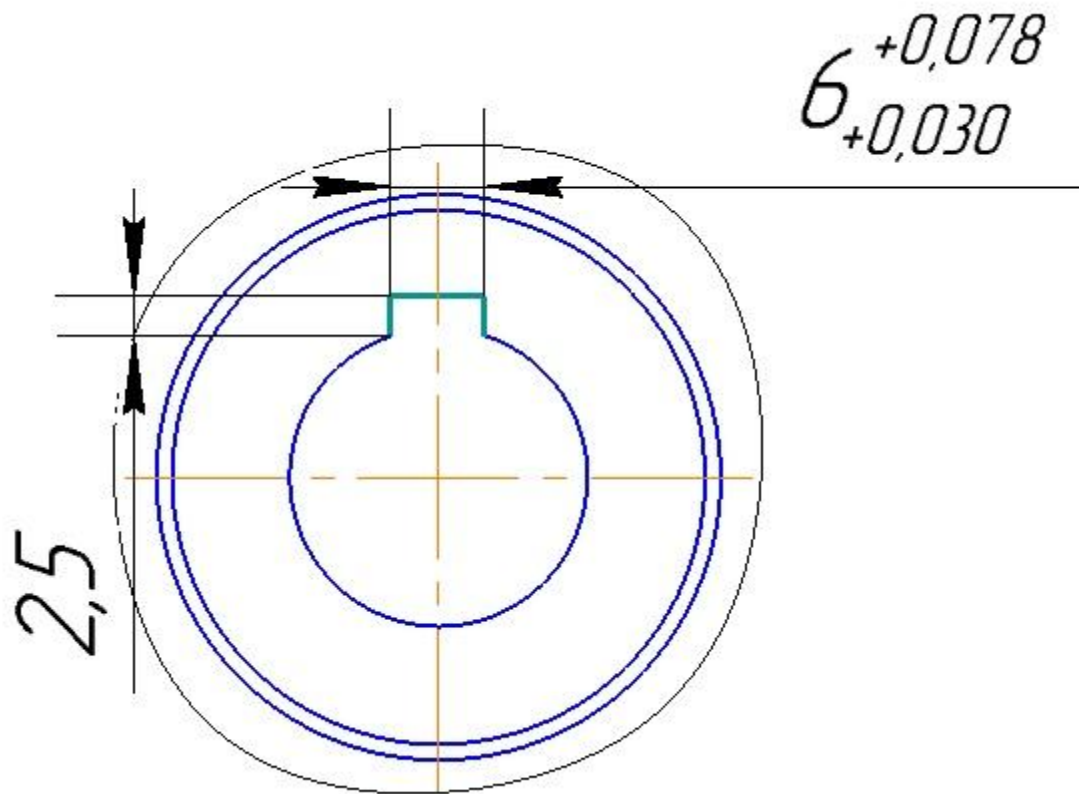


Рисунок 48 – Вырезание шпоночного паза

Определяем расчетную площадь обработки (Рис. 48):

$$S_i = C_i * l_i, \quad (3.10)$$

где  $C_i$  – длина линии профиля паза;

$l_i$  – длина детали.

$$C_1 = 2,5 + 2,5 + 6 = 11 \text{ мм}; \quad S_1 = 11 * 35 = 385 \text{ мм}^2;$$

Расчет нормы штучного времени на электроэрозионную обработку производится по формуле:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{ншт}} + T_{\text{ву}} + T_{\text{ви}}, \quad (3.11)$$

где  $T_{\text{шт}}$  – штучное время, мин;

$T_{\text{ншт}} = 96,1$  мин; – неполное штучное время, мин;

$T_{\text{ву}} = 0,3 + 4,8 = 5,1$  мин; – вспомогательное время на установку и снятие детали, мин;

$T_{\text{ви}} = 0,18 + 0,12 + 0,1 * 3 + 0,12 * 6 = 1,33$  мин; – вспомогательное время на измерение, мин.

$$T_{\text{шт}} = (96,1 + 5,1 + 1,33) * 1 = 102,53 \text{ мин};$$

### **Время на изготовление одной детали**

Сложим штучно-калькуляционное время всех операций.

Получаем:

$$t_{\text{шт}} = 7 + 0,66 + 1,76 + 0,62 + 1,98 + 3,1 + 2,34 + 17,46 + 102,53 = 120 \text{ мин.}$$

По результатам расчетов время изготовления детали «Ступица» составляет 2 ч.

### **Вывод по главе 3**

В результате проектировочной деятельности в рамках выпускной квалификационной работы была спроектирована схема перемещения заготовок посредством шаговой транспортирующей системы. Проведен расчет мощности привода, и назначены необходимые для функционирования исполнительные элементы. Разработан технологический процесс изготовления детали «Ступица».

Разработанная система обеспечивает автоматизированную подачу трубок к сварочной операции, с дальнейшим накоплением в соответствующей зоне.

Данная разработка является актуальным технологическим решением и рекомендуется к использованию для схожих производственных задач.

## ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Л141	Ковылину Никите Денисовичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНПТ</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение материаловедения</b>
Уровень образования	Бакалавр	Направление/ специальность	15.03.01 Машиностроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя – 33 664 руб. Оклад инженера – 17 560 руб. Часовые тарифные ставки по разрядам работ: 1 разряд – 60 руб./час. 2 разряд – 76,5 руб./час. 3 разряд – 97,56 руб./час. 4 разряд – 124,44 руб./час. 5 разряд – 158,7 руб./час. 6 разряд – 202,5 руб./час.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премияльный коэффициент руководителя 30%; Премияльный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 20%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	1. Коэффициент отчислений внебюджетные фонды 30 % 2. Ставка отчислений в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве 0,7% от ФОТ

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- Анализ конкурентных технических решений.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Определение эффективности исследования

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта конкурентных технических решений
2. График Гантта
3. Расчет бюджета затрат НИ

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



**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л41	Ковылин Никита Денисович		

## **4. Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В данном разделе рассматривается организация и планирование работ, оценка экономической эффективности разработки транспортного стола для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ. Данная система может применяться в энергетическом машиностроении для автоматизации технологического процесса и повышения его эффективности.

Цель данной работы состоит в проектировании автоматизированной конвейерной системы и создании технической документации для её реализации.

Для достижения поставленной цели были проведены исследования и решены следующие задачи:

- организация и планирование работ;
- проведение расчета трудоемкости выполнения работ;
- составление плана комплекса работ;
- расчет затрат на проектирование, заработной платы и прочих расходов;
- расчет затрат на внедрение разработки;
- оценка экономической эффективности разработки.

### **4.1. Организация и планирование работ**

Планирование работы заключается в составлении полного перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников каждой работы; установление продолжительности работ; построение линейного графика. Успех проведения работы зависит от рационального распределения нагрузки по времени этапов, что позволяет более эффективно распределять и использовать ресурсы её исполнителей; предварительно определить затраты на проведение ВКР.

В таблице 4 представлены планируемые этапы работ, исполнители и их нагрузка.

Таблица 4 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

<b>Этапы работы</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Загрузка исполнителей</b>
Постановка задачи, поиск Литературы	НР, И	НР – 100% И – 30%
Ознакомление с литературой	НР, И	НР – 30% И – 70%
Разработка вариантов реализации транспортного стола	НР, И	НР – 50% И – 100%
Разработка ленточного конвейера	НР, И	НР – 50% И – 100%
Разработка шнекового конвейера	НР, И	НР – 50% И – 90%
Создание экспериментальной установки	НР, И	НР – 50% И – 90%
Проведение экспериментальных Исследований	НР, И	НР – 50% И – 75%
Проектирование шагового конвейера	НР, И	НР – 25% И – 100%
Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	И – 100%
Технико-экономическое обоснование ВКР	И	И – 100%
Составление и оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Разработка презентации	И	И – 100%

Защита ВКР	И	И – 100%
------------	---	----------

#### 4.2. Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как в этой работе мы не располагаем соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и около нулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя ВКР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой ВКР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ расчета продолжительности этапов работ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ  $t_{ож}$  применяется следующая формула:

$$t_{min} = \frac{t_{max} + 4t_{prob} + t_{max}}{6} \quad (4.1)$$

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

$t_{max}$  – максимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{prob}$  – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Эта формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 4 работ требуются специалисты:

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

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

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (4.2)$$

где  $t_{ож}$  – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$  – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, принимаем  $K_{ВН} = 1$ ;

$K_{Д}$  □ коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.  $K_{Д} = 1,2$ .

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4.3)$$

где  $T_{КД}$  – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_K$  – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_K = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} \quad (4.4)$$

где  $T_{КАЛ}$  – календарные дни ( $T_{КАЛ} = 365$ );

$T_{ВД}$  – выходные дни ( $T_{ВД} = 52$ );

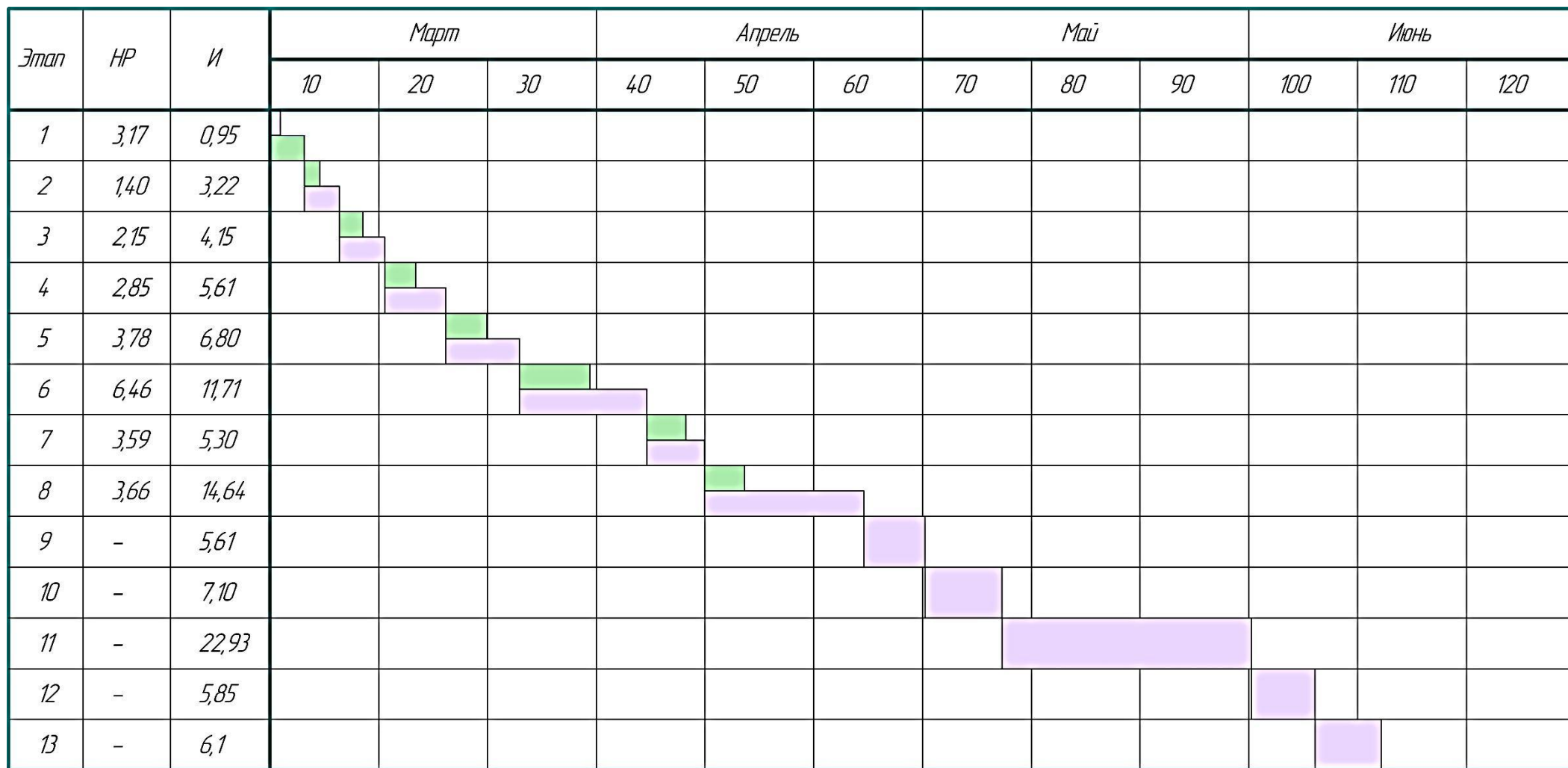
$T_{ПД}$  – праздничные дни ( $T_{ПД} = 14$ ).

$$T_K = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22.$$

Таблица 5 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап		Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дни.			
						$T_{РД}$		$T_{КД}$	
			$t_{min}$	$t_{max}$	$T_{ож}$	НР	И	НР	И
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
1	Постановка задачи, поиск литературы	НР, И	2	3	2,17	2,60	0,78	3,17	0,95
2	Ознакомление с литературой	НР, И	3	4	3,17	1,14	2,64	1,40	3,22
3	Разработка вариантов реализации транспортного стола	НР, И	2	3	2,83	1,76	3,40	2,15	4,15
4	Проектирование ленточного конвейера	НР, И	3	4	3,83	2,34	4,60	2,85	5,61
5	Проектирование шнекового конвейера	НР, И	5	6	5,167	3,10	5,58	3,78	6,80
6	Создание экспериментальной установки	НР, И	6	11	8,83	5,30	9,6	6,46	11,71
7	Проведение экспериментальных исследований	НР, И	4	5	4,83	2,94	4,34	3,59	5,30
8	Проектирование шагового конвейера	НР, И	7	13	10	3	12	3,66	14,64
9	Мероприятия по безопасности и экологичности работы	И	3	4	3,83	-	4,60	-	5,612
10	Технико-экономическое обоснование ВКР	И	4	5	4,83	-	5,80	-	7,10
11	Составление и оформление пояснительной записки	И	15	19	15,67	-	18,80	-	22,93
12	Разработка презентации	И	3	5	4	-	4,8	-	5,85
13	Защита ВКР	И	4	5	4,17	-	5,00	-	6,1
<b>Итого:</b>						22,18	81,94	27,06	100

Таблица 6 – Линейный график работ



■ - Научный руководитель  
 ■ - Инженер (студент)



### **4.3. Расчет сметы затрат на выполнение проекта**

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

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

### **4.4. Расчет затрат на материалы**

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей для реализации конструкции транспортного стола. Ниже приведена таблица с наименованием позиции и её стоимостью. В таблице только позиции, которые покупаются у сторонних организаций.

Таблица 7 – Затраты по покупке составляющих транспортного стола

Позиция	Кол-во	Наименование	Поставщик	Цена	Сумма
1.	67	Профиль	FESTO		316933,35
2.	268	Уголок	FESTO		104096,64
3.	335	Заглушка	FESTO		45158,82
4.	16	Анкерная пластина	FESTO		22895,84
5.	280	Гайки	FESTO		34675,24
6.	890	Винты	FESTO		4053,6
7.	4	Опора подвижная 22мм. в сборе	Пром. Механика	2420	9680
8.	4	Опора подвижная 150 мм.в сборе	Пром. Механика	2850	11400
9.	4	Опора неподвижная (с подшипником)	Пром. Механика	720	2880
10.	8	Ножка установочная	Пром. Механика	1300	10400
11.	2	Мотор-редуктор	СПАРКС	13400	26800
12.	4	Редуктор	TRAMEC	7500	30000
13.	8	Плита проставка	Пром. Механика	450	3600
14.		Винипласт		5400	5400
				Итого, руб.	627973,49
				НДС, 18%, руб.	113035,23
				Всего, руб.	741008,72

#### 4.5. Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного

руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Так же для сборки данного стола необходимо два сборщика, данная работа относится к 5 разряду. Время необходимое для сборки примем равным двум неделям.

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная тарифная заработная плата ( $ЗП_{\text{дн-т}}$ ) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/25, \quad (4.5)$$

учитывающей, что в году 300 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 25 рабочих дней (при шестидневной рабочей неделе). Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 8. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 5. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов:  $K_{\text{ПР}} = 1,1$ ;  $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$ ;  $K_{\text{р}} = 1,3$ . Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент  $K_{\text{и}} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$ . Вышеуказанное значение  $K_{\text{доп.ЗП}}$  применяется при шестидневной рабочей неделе.

Для Сборщика по 5-му разряду среднедневная ставка, при 8 часовом рабочем дне составит:

$$ЗП_{\text{день}} = 158,7 * 8 = 1269,6 \text{ руб./день.}$$

Таблица 8 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664,00	1346,56	22	1,699	50 331,72
И	17 560,00	702,40	82	1,62	93 306,81
Сборщик	-	1269,6 * 2	10	1,62	41 135,00
Итого:					184 773,58

#### 4.6. Отчисления во внебюджетные фонды

Затраты на отчисления на социальные нужды, включающие в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$ . Итак, в нашем случае:

$$C_{\text{соц.}} = 184773,58 * 0,3 = 55\,432,10 \text{ руб.}$$

Ставка отчислений в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве 0,7%.

$$C_{\text{несч.}} = 184773,58 * 0,07 = 1293,42 \text{ руб.}$$

Прибавим эти отчисления к отчислениям на социальные нуждам.

$$C_{\text{соц.}} = 55432,10 + 1293,42 = 56725,50 \text{ руб.}$$

#### 4.7. Расчет амортизационных расходов

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

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot Ц_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D} \quad (4.5)$$

где  $N_A$  – годовая норма амортизации единицы оборудования; Для ленточной пилы примем годовую норму окупаемости  $N_A = 1/3=0,33$ .

$Ц_{ОБ}$  – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.; Для раскроя используется пила ленточная по металлу JET HVBS-712K, стоимость которой составляет 100 000 рублей.

$F_D$  – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. Для металлорежущих станков при односменном режиме работы  $F_D = 1976$  часов.

$t_{рф}$  – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта; Для раскроя алюминиевого профиля, примем значение времени работы 24 часа.

$n$  – число задействованных однотипных единиц оборудования.

При использовании нескольких типов оборудования расчет по формуле делается соответствующее число раз, затем результаты суммируются.

Для ПК примем срок амортизации 2,5 года, тогда  $N_A = 1/2,5 = 0,4$   
Балансовая стоимость ПК:  $Ц_{ОБ} = 23700$ .

$$C_{AM} = \frac{0,3 \cdot 100000 \cdot 24 \cdot 1}{1976} = 364,4 \text{ руб.} \quad (4.6)$$

#### 4.8. Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение

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

$$C_{\text{проч}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1 \quad (4.7)$$

Для нашего примера (без учета затрат на покупку материала) это:

$$C_{\text{проч}} = (184\,773,58 + 56725,50 + 364,4) \cdot 0,10 = 24186,35 \text{ руб.}$$

#### 4.9. Стоимость разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Транспортный стол для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ».

Таблица 9 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	741008,72
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	184 773,58
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	56725,50
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	364,4
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	24186,35
<b>Итого:</b>		<b>1007058,55</b>

Таким образом, затраты на разработку проекта и покупку составляющих составили  $C = 1007058,55$  руб.

#### 4.10. Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Так как мы не располагаем данными для применения «сложных» методов, то прибыль

следует принять в размере 5 – 20 % от полной себестоимости проекта:  
 $1007058,55 * 0,2 = 201411,71$  руб.

#### **4.11. Расчет НДС**

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это:  $(1007058,55 + 201411,71) * 0,18 = 217524,65$  руб.

#### **4.12. Цена разработки ВКР**

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

$$Ц_{\text{ВКР}} = 1007058,55 + 201411,71 + 217524,65 = 1425994,91 \text{ руб.}$$

#### **Вывод по главе 4**

Разработка конвейерной системы направлена на исключение негативного влияния человеческого фактора на технологический процесс.

Использование конвейерных систем способствует применению точных информационных и роботизированных технологий, функционально направленных на улучшение качества технологического процесса.

Актуальным аспектом качества выполненного проекта является экономическая эффективность его реализации, т.е. соотношение обусловленного ей экономического результата (эффекта) и затрат на разработку проекта. Задача оценки экономической эффективности инвестиций данного проекта - вложение денежных средств в предприятие с целью уменьшения расходов на оплату рабочей силы. Посредством правильной инвестиционной политики организации достигают своих стратегических и тактических целей. Данный проект относится ко второму направлению инвестирования. Он обычно проявляется в увеличении

выручки от реализации продукции, снижении затрат на производство, управление им и т.д.

Определение круга учитываемых при расчете эффектов является одним из исходных пунктов оценки эффективности инвестиций.

В результате проведенного исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены затраты на проектировку и покупку необходимых элементов для реализации транспортной системы сварочной установки для сварки трубок и каналов для ТВЭЛ.

Внедрение автоматизированной установки для сварочного процесса значительно повысит производительность данной операции, снизит стоимость и позволит снизить количество брака, что благоприятно повлияет на производство в целом.

Проанализировав результат, очевидно, что основными затратами является покупка необходимых элементов конструкции. Эти затраты можно было сократить, если бы заказчик согласился на реализацию, транспортного стола, который оборудован ремнями специального профиля, но было решено принять вариант основанный на принципе работы шагового конвейера.



## «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Л41	Ковылин Н.Д.

<b>Школа</b>	Инженерная школа новых производственных технологий	<b>Отделение</b>	Материаловедения
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.01 Машиностроение

**Тема работы: «Проектирование стола для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ»**

<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>Объектом исследования является рабочее место работника. Рабочее место представляет собой помещение оборудованное для сборки установки для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ. Область применения: автоматизация технологического процесса.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b></p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты;</li> <li>– (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> </ul>	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>– отклонение параметров микроклимата в помещении;</li> <li>– повышенный уровень шума/вибрация;</li> <li>– вредные вещества;</li> </ul> <p>Психофизические факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– повышенная нагрузка на органы зрения</li> <li>– длительные статические нагрузки;</li> <li>– монотонность труда;</li> <li>– нервно-эмоциональное напряжение.</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных производственных факторов рабочей среды, влияющих на организм человека</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).</li> </ul>	<p>при работе с программным обеспечением в рабочем помещении, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– опасность поражения электрическим током,</li> <li>– опасность поражения статическим электричеством,</li> <li>– короткое замыкание.</li> <li>– Работа механизмов;</li> <li>– Запыленность;</li> <li>– СИЗ (Средства Индивидуальной Защиты)- защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.</li> <li>–</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> <li>–</li> </ul>	<p>Утилизация используемой орг. техники, макулатуры и люминесцентных ламп.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> <li>–</li> </ul>	<p>Чрезвычайная ситуация техногенного характера для места– пожар. Установка общих правил поведения и рекомендаций во время пожара, план эвакуации, огнетушитель.</p>
<p><b>4. 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> <li>–</li> </ul>	<p>Основные проводимые правовые и организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, ФЗ – 197.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Авдеева И.И.			01.03.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л41	Ковылин Н.Д.		01.03.2018

## **5. Социальная ответственность**

### **5.1. Описание рабочего места**

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

В данной работе рассмотрено помещение, переоборудованное для сборки установки для лазерной сварки трубок и наконечников ТВЭЛ.

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

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

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

Также необходимо учитывать возможность чрезвычайных ситуаций. Так как сборочный цех находится в учебном корпусе Томского политехнического университета, необходимо учитывать возможность пожаров и взрывов, а так же возможные аварии на энергетических станциях и в коммунальных системах жизнеобеспечения.

## **5.2. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

В цехе, где происходит сборка сварочной установки, возможно наличие следующих вредных факторов: а) неудовлетворительные параметры микроклимата; б) наличие вредных веществ; в) повышенный уровень шума/вибрация; г) недостаточная освещенность; д) электромагнитное излучение.

### **5.2.1. Микроклиматические условия**

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами:

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

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

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

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных

помещений должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 10 [ГОСТ 12.1.005-88].

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

Работы делятся на три категории тяжести на основе общих энергозатрат организма. Работа инженеров-сборщиков относится к категории легких работ. Допустимые значения микроклимата для этого случая приведены в таблице.

Таблица 10 – Требования к микроклимату

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

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

### 5.2.2. Вредные вещества

В процессе абразивной обработки металлов (зачистка, полирование, шлифование и др.) происходит обильное выделение в окружающую среду пыли, которая может оседать в дыхательных путях рабочего, при таких работах необходимо использовать СИЗ органов дыхания. Особо важное внимание необходимо обратить при работе с техническими жидкостями, такими как:

смазывающе-охлаждающая жидкость, всевозможные обезжиривающие средства и т.д.

В составе современных смазывающе-охлаждающих жидкостей содержатся различные ингибиторы коррозии, противозадирные присадки, гликоль, анионоактивные и неионогенные эмульгаторы, индустриальные и минеральные масла, масляный асидол, едкий натр, бактерицидные препараты (каустическая сода, хлорпарафины и т. д.). Безусловно, такое разнообразие химических веществ, входящих в состав СОЖ, определяет необходимость постоянного контроля их содержания и условий применения. Большинство предприятий отказались от использования охлаждающих растворов на основе нитрата натрия, других ядовитых химических веществ. Так же со временем в любой СОЖ бурно развиваются микроорганизмы (бактерии), которые формируют особую дисперсную фазу с размером частиц 0,2—10 мкм. Эти бактерии прогрессируют в водных растворах в форме палочек и кокков. Поскольку прогрессирующее развитие бактерий в среде «масло—вода» приводит к изменению структурно-механических характеристик СОЖ, бактерии, уничтожая органические компоненты, высвобождают из эмульсий масло (диэлектрик). Все это влияет на электропроводность жидкостей, увеличивая ее. Не углубляясь во все тонкости микробиологии, в целом, совокупность веществ, входящих в состав водных эмульсий, можно характеризовать как питательную среду для развития бактерий и грибков.

Вентиляция производственных помещений предназначена для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Она служит одним из главных средств оздоровления условий труда, повышения производительности и предотвращения опасности профессиональных заболеваний. Система вентиляции обеспечивает снижение содержания в воздухе помещения пыли, газов до концентрации не превышающей ПДК. Проветривание помещения проводят, открывая форточки. Проветривание помещений в холодный период года допускается не более одного в час, при

этом нужно следить, чтобы не было снижения температуры внутри помещения ниже допустимой. Воздухообмен в помещении можно значительно сократить, если улавливать вредные вещества в местах их выделения, не допуская их распространения по помещению. Для этого используют приточно-вытяжную вентиляцию. Кратность воздухообмена не ниже 3.

В целях обеспечения безопасности работников на рабочих местах применяют СИЗ: защитные перчатки, очки, спец. одежда, респиратор.

### **5.2.3. Производственный шум**

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

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4 [15]. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должен превышать 80 дБА. В нашем случае этот параметр соответствовал значению 60 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ.

Средства Коллективной Защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения;



Средства Индивидуальной Защиты:

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

#### **5.2.4. Освещенность**

Согласно СНиП 23-05-95 [17] освещенность в офисе должна быть не менее 300 Лк.

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

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

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

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 8$  м, ширина  $B = 6$  м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,5$  м. Согласно СНиП 23-05-95 [17] необходимо создать освещенность не ниже 300 Лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B, \quad (5.1)$$

где  $A$  – длина, м;  $B$  – ширина, м.

$$S = 8 \times 6 = 48 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения покрашенных светло-зеленых стен с окнами, без штор  $\rho_C=40\%$ , свежепобеленного потолка  $\rho_{II}=70\%$ . Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен  $K_3=1,2$ . Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп  $Z=1,1$ .

Выбираем лампу дневного света ЛТБ-40, световой поток которой равен  $\Phi_{лд} = 3000$  Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР –2-40.

Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1200 мм, ширина – 260 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем  $\lambda=1,2$ , расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_c = 0,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p, \quad (5.2)$$

где  $h_n$  – высота светильника над полом, высота подвеса,

$h_p$  – высота рабочей поверхности над полом.

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

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1,5 - 0,5 = 1,5 \text{ м}. \quad (5.3)$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ м} \quad (5.4)$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{1,8} = 3,3 \approx 3 \quad (5.5)$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{8}{1,8} = 4,34 \approx 4 \quad (5.6)$$

Общее число светильников:

$$N = Na \cdot Nb = 3 \cdot 4 = 12 \quad (5.7)$$

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

$$l = \frac{L}{3} = \frac{1,8}{3} = 0,6 \text{ м} \quad (5.8)$$

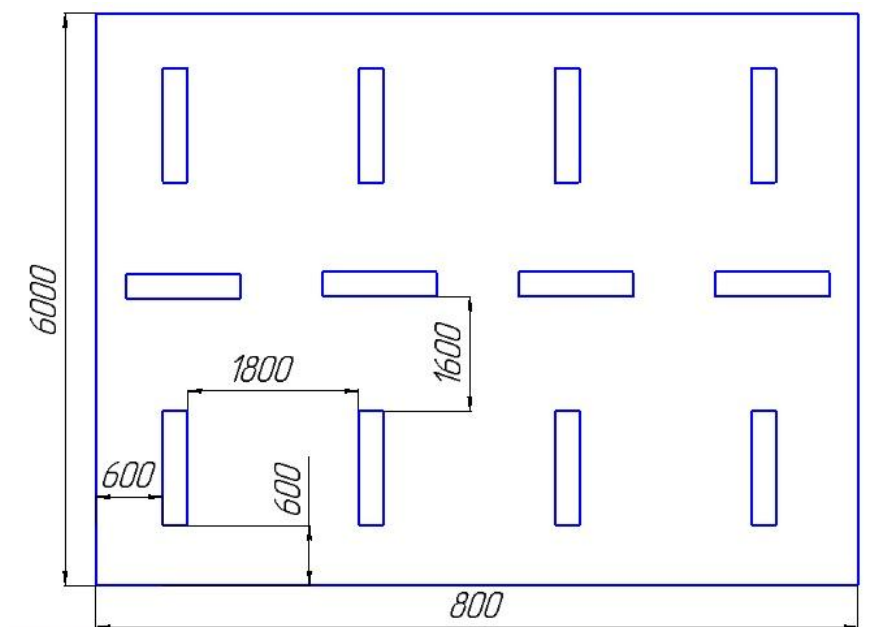


Рисунок 49 – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 6}{1,5 \cdot (8 + 6)} = 2,28 \quad (5.9)$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОД с люминесцентными лампами при  $\rho_{\text{П}} = 70\%$ ,  $\rho_{\text{С}} = 50\%$  и индексе помещения  $i = 2,28$  равен  $\eta = 0,60$ .

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 8 \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 1,1}{12 \cdot 2 \cdot 0,60} = 1820 \text{ лм} \quad (5.10)$$

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% \leq 20\%; \quad (5.11)$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \cdot 100\% = \frac{2200 - 1820}{2200} \cdot 100\% = 17,2\%. \quad (5.12)$$

Таким образом:  $-10\% \leq 17,2\% \leq 20\%$  - необходимый световой поток.

### **5.3. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды**

#### **5.3.1. Факторы электрической природы**

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

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

В отношении опасности поражения людей электрическим током различают:

1. Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность.
2. Помещения с повышенной опасностью, которые характеризуются наличием в них одного из следующих условий, создающих повышенную

опасность: сырость, токопроводящая пыль, токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.), высокая температура, возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям, технологическим аппаратам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

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

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

Основными электрозащитными средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками и указатели напряжения.

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

*Дополнительные электрозащитные средства в электроустановках*

Дополнительными электрoзащитными средствами являются диэлектрические галоши (боты), сапоги, диэлектрические резиновые коврики, дорожки и изолирующие подставки.

Диэлектрические боты, галоши и сапоги применяют для изоляции человека от основания, на котором он стоит. Боты применяют в электроустановках любого напряжения, а галоши и сапоги — только при напряжении до 1000 В.

Диэлектрические коврики и дорожки — это изолирующие основания. Их применяют в закрытых электроустановках любого напряжения.

Изолирующие подставки также изолируют человека от грунта или пола. В электроустановках напряжением до 1000 В изолирующие подставки выполняют без фарфоровых изоляторов, а выше 1000 В — обязательно на фарфоровых изоляторах.

### **5.3.2. Охрана окружающей среды**

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

Для перехода к безотходным производствам в бюро необходимо осуществлять все работы в электронном виде, без использования принтеров соответственно бумаги.

Так же необходимо позаботиться о отдельных контейнерах для отходов бытового характера: отдельные мусорные баки для бумаги, стекла, металлических частей, пластика.

Необходимо заключить договор с компанией, вывозящей мусор, чтобы она обеспечивала доставку разделенных отходов фирмам, занимающимся переработкой отходов.

Также необходимо утилизировать средства освещения. Все известные сегодня способы утилизации (демеркуризации) люминесцентных ламп очень трудоемки, опасны, энергозатратны и экономически нецелесообразны: стоимость подобной операции практически сравнима со стоимостью новой лампы. Технология новосибирских водников дешева и экологически безопасна. Специальный химический раствор позволяет полностью удалить все опасные компоненты люминофорного слоя со стекла, и после дальнейшей переработки, использовать их повторно, как впрочем, и само стекло, и цоколи.

#### **5.4. Безопасность в ЧС**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. По пожарной опасности наружные установки подразделяются на категории  $A_H$ ,  $B_H$ ,  $V_H$ ,  $G_H$  и  $D_H$ .

Согласно НПБ 105-03 бюро относится к категории В – Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 [16] (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам). Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

а) халатное неосторожное обращение с огнем (оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);

б) утечка метана (при концентрации в воздухе от 4,4 % до 17 % метан взрывоопасен).

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

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

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

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

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

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

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



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

## **5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правовое и организационное регулирование обеспечения безопасности основано на учете и исполнении требований следующих регламентирующих документов:

1. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий [1].

2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [15].

3. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования [2].

4. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [3].

5. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [4].

6. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования [5].

7. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха [13]

8. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов [8].

9. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы [16].

10. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" [17].

## **Вывод по главе 5**

В ходе исследования рабочего места было выявлено соответствие следующих факторов: освещенность, микроклимат в помещении, уровень шума и вибрации, нагрузка на органы зрения, опасность поражения электрическим током, СИЗ, уровень запыленности, пожарная безопасность.

Параметры микроклимата соответствуют нормативным документам и создают комфортные условия в химической лаборатории.

В лаборатории имеются все необходимые индивидуальные и коллективные средства защиты от влияния вредных веществ.

Шум на рабочем месте соответствует стандартным нормам.

Достаточная освещенность цеха реализуется преимущественно за счет искусственного освещения.

## **Заключение**

В ходе проведенного исследования изучены различные типы и конструкции транспортирующих систем. Разработаны различные варианты транспортирующего стола для транспортировки трубок ТВЭЛ к сварочной операции, а именно: ленточная, шнековая и шаговая транспортирующие системы. Создана экспериментальная конструкция шнековой установки и проведены серия испытаний на определение оптимальных режимов работы установки и обеспечение сохранности поверхности трубок. В результате экспериментов принято решение отказаться от реализации данной конструкции, из-за появления следов износа в месте контакта шнека и трубки.

По результатам проведенных испытаний, а также с учетом технологических требований, выбран вариант транспортирующего стола на основе шагового конвейера.

В рамках проектной части выпускной квалификационной работы спроектирован транспортирующий стол, обеспечивающий автоматизированную транспортировку трубок ТВЭЛ к сварочной операции с дальнейшим отводом в накопительную зону. Разработан технологический процесс изготовления детали «Ступица», которая является составляющей частью механизма подвижной рейки транспортирующего стола.

Обоснована реализация проектного решения с позиции его экономической целесообразности. Проведен анализ и оценена производственная и экологическая безопасность реализации проектного решения.

Рекомендуется применение предложенного проектного решения для обеспечения автоматизированной транспортировки трубок ТВЭЛ в сварочной установке для энергетических производств.

## Список источников литературы

1. ГОСТ 12.4.154-85. ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. – М.: Издательство стандартов, 1985.
2. ГОСТ 12.4.123-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
3. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартинформ, 2010.
4. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением № 1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
5. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1). – М.: Стандартинформ, 2006.
6. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 10 с.
7. ГОСТ 2590-2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент. – М.: Стандартинформ.
8. ГОСТ 30775-2001. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов. – М.: Стандартинформ, 2006. – 42 с.
9. ГОСТ 12.4.154-85. Система стандартов безопасности труда. Устройства, экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 10 с.
10. Волчкевич Л. И. Автоматизация производственных процессов: Учеб. пособие. – 2-е изд., стер. – М.: Машиностроение, 2007. – 380 с.

11. Дулевич, А. Ф. Детали машин. Проектирование и расчет ременных передач и вариаторов: учеб.-метод. пособие для студентов инженерно-технических и химико-технологических специальностей / А. Ф. Дулевич, С. А. Осоко, А. Н. Никончук. – Минск: БГТУ, 2007. – 120 с.
12. Конвейеры: Справочник / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков и др. Под общ. ред. Ю. А. Пертена. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1984. – 367 с.
13. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест. – М., 2001.
14. Скворцов В. Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 100 с.
15. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
16. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы. – М., 2007. – 38 с.
17. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минстрой России, 2016. – 103 с.
18. Спиваковский А. О., Дьячков В. К. Транспортирующие машины: Учебное пособие для машиностроительных вузов. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.
19. Справочник технолога – машиностроителя. В 2-х т. Т.1 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – 5-ое изд., исправл. – М: Машиностроение–1, 2003. – 912 с.
20. BRECOflex CO., L.L.C. [Электронный ресурс] URL: <http://www.brecoflex.com>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ. Дата обращения: 01.03.2018 г.
21. FESTO Russia. [Электронный ресурс] URL: [https://www.festo.com/cat/ru\\_ru/products](https://www.festo.com/cat/ru_ru/products), свободный. – Загл. с экрана. –

Яз. рус., англ. Дата обращения: 01.04.2018 г.

22. Trames. [Электронный ресурс] URL: <http://trames.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ. Дата обращения: 01.04.2018 г.