

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

Институт кибернетики
Направление подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Кафедра систем управления и мехатроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование автоматизированного комплекса по сборке деревянных поддонов УДК 621.865.8-182.3.001.63

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е31	Григоришин Илья Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Леонов Сергей Владимирович	к.н.т.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Тухватулина Лилия Равильевна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Невский Егор Сергеевич	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Разрабатывать математические модели составных частей объектов профессиональной деятельности методами теории автоматического управления.
Р2	Применять необходимые для построения моделей знания принципов действия и математического описания составных частей мехатронных и робототехнических систем (информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных элементов и средств вычислительной техники).
Р3	Определять характеристики объектов профессиональной деятельности по разработанным моделям.
Р4	Разрабатывать макеты информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем.
Р5	Применять контрольно-измерительную аппаратуру для определения характеристик и параметров макетов.
Р6	Выполнять расчетно-графические работы по проектированию информационных, электромеханических, электрогидравлических, электронных и микропроцессорных модулей мехатронных и робототехнических систем.
Р7	Разрабатывать конструкторскую проектную документацию электрических и электронных узлов

	(включая микропроцессорные) мехатронных и робототехнических систем, принципиальные электрические схемы, печатные платы, схемы размещения, схемы соединения.
P8	Участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний
<i>Универсальные компетенции</i>	
P9	Обладать способностью владеть культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения
P10	Обладать способностью уметь использовать нормативные правовые документы в своей деятельности.
P11	Обладать способностью иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией.
P12	Обладать способностью владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P13	Обладать способностью владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.
P14	Обладать способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы

	математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
P15	Обладать способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны.
P16	Обладать способностью владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

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

Институт кибернетики
Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Губин В.Е.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕЗ1	Григоришин Илья Сргеевич

Тема работы:

Проектирование автоматизированного комплекса по сборке деревянных поддонов

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Тухватулина Лилия Равильевна	
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Леонов Сергей Владимирович	к.н.т.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕЗ1	Григоришин Илья Сергеевич		

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

Институт кибернетики
Направление подготовки (специальность) 15.03.06 Мехатроника и робототехника
Уровень образования – бакалавр
Кафедра систем управления и мехатроники
Период выполнения - осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1.06.2017	Основная часть	60
27.05.2017	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
11.05.2017	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

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

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
СУМ	Губин В.Е.	к.н.т.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 150 с., 43 рис., 33 табл., 15 источников, 4 прил.

Ключевые слова: автоматизированный комплекс, сборка деревянных поддонов, роликовый конвейер, ленточный конвейер, алгоритм управления, выбор компонентов, управление шаговым двигателем.

Цель работы – разработать проект автоматизированного комплекса по сборке деревянных поддонов.

Автоматизированный комплекс по сборке деревянных поддонов предназначен для поэтапной обработки деревянных заготовок, их транспортировки, переворота, позиционирования, сколачивания с целью получения готового поддона, соответствующего государственному стандарту.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

Автоматизированный комплекс – технологическая структура с законченным производственным циклом и различной степенью автоматизации;

Поддон или **палета** – транспортная тара, имеющая жесткую площадку и место, достаточное для создания укрупненной грузовой единицы, используемая в качестве основания для сбора, складирования, перегрузки и перевозки грузов;

Конвейер – машина непрерывного транспорта, предназначенная для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов;

Датчик – средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для передачи, дальнейшего преобразования, обработки и (или) хранения;

Электродвигатель – электрическая машина, преобразующая электрическую энергию в механическую;

В представленной работе используются следующие обозначения и сокращения:

УПР: устройство подачи роликовое;

УПЛ: устройство подачи ленточное;

ШД: шаговый двигатель;

АД: асинхронный двигатель;

МК: микроконтроллер;

ПЛК: программируемый логический контроллер;

ТДТ: трехосевой двузвенный толкатель;

ПТУП: подъемные и толкающие устройства полозьев;

УС: устройство сколачивания;

ПО: программное обеспечение;

АЦП: аналогово-цифровой преобразователь.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 Техническое задание.....	14
1.1 Основные задачи и цели создания устройства	14
1.2 Назначение внедряемого устройства	14
1.3 Характеристика объекта проектирования	15
1.4 Требования к функциям, выполняемым системой	16
1.5 Требования к техническому обеспечению	16
1.7 Требования к программному обеспечению.....	17
2 Проектировочная часть.....	18
2.1 Актуальность и рентабельность	18
2.2 Анализ рынка.....	19
2.3 Обзор существующих решений.....	22
2.4 Описание объекта проектирования.....	24
2.5 Расчет роликового конвейера	31
2.6 Проектировочный расчет конической передачи	41
2.7 Расчет ленточного конвейера	57
2.8 Расчет передачи винт-гайка и выбор двигателей	66
2.9 Разработанные алгоритмы	73
2.9.1 Алгоритм работы сборочного комплекса.....	73
2.9.2 Процедуры	74
2.10 Итоговый выбор компонентов.....	80
2.11 Система управления шаговым двигателем	88
2.11.1 Выбор режима управления шаговым двигателем	88

2.11.2	Выбор драйвера для управления ШД	91
2.11.3	Разработка и реализация алгоритма управления	94
2.12	Схема электрическая принципиальная	97
3	Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений	99
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования	99
3.2.	Анализ конкурентных технических решений	101
3.3	Морфологический анализ	103
3.4	Планирование в рамках ОКР	105
3.4.1	Структура работ в рамках проектной работы	105
3.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ	106
3.5	Бюджет научно-технического исследования	109
3.5.1	Расчет материальных затрат	109
3.5.2	Основная заработная плата исполнителей	112
3.5.3	Дополнительная заработная плата	113
3.5.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	114
3.6	Формирование бюджета затрат проекта	115
4	Социальная ответственность	117
4.1	Вредные производственные факторы	117
4.1.1	Производственный шум	118
4.1.2	Вибрация	119
4.1.3	Запылённости	120
4.2	Опасные производственные факторы	121
4.3	Экологическая безопасность	124
4.3.1	Анализ воздействий объекта на атмосферу	124

4.3.2 Анализ воздействий объекта на литосферу.....	124
4.3.3 Анализ воздействий объекта на гидросферу.....	124
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	125
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	126
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	127
Список использованных источников	128
Приложение А. Блок-схемы алгоритмов	130
Приложение Б. Схема электрическая принципиальная комплекса	140
Приложение В. Листинг программы управления шаговым двигателем	142
Приложение Г. Таблицы результатов проектирования.....	145

ВВЕДЕНИЕ

В основном, производство вспомогательных компонентов для товаров является более выгодным, чем собственно производство самих товаров. Высокая выгода от производства вспомогательных компонентов объясняется тем, что тара производится, как правило, из одного материала, и не требует сложной сборки, а производимый товар может быть многосоставным и требовать сложной технологии.

Большое количество организаций из всевозможных сфер производства и реализации товаров активно используют деревянные поддоны для обеспечения сохранности и защиты при хранении производимого, для возможности использования грузоподъемных механизмов, а также наиболее эффективного использования площадей складских помещений и учета больших партий товаров.

Однако, как и любой компонент производства, поддоны имеют свойство изнашиваться. Фирмам с высоким товарооборотом, соответственно и с более высокой скоростью износа паллетов, необходимо достаточно часто обновлять свой парк поддонов. Кроме того, организациям, при отправке товара в регионы, экономически невыгодно возвращать паллеты обратно, и они остаются у клиентов.

В настоящее время сборка деревянных поддонов производится в основном ручным способом. Разработав конвейер по сборке поддонов, удастся удешевить их производство, увеличить скорость сборки, улучшить качество, составить конкуренцию компаниям, собирающим поддоны вручную.

Исходя из вышеперечисленного, было решено, в качестве выпускной квалификационной работы разработать проект автоматической линии по сборке деревянных поддонов.

1 Техническое задание

1.1 Основные задачи и цели создания устройства

Автоматизированный комплекс по сборке деревянных поддонов – комплекс для высокопроизводительной и точной сборки деревянных поддонов с минимальным участием в технологическом процессе человека.

Целью разработки комплекса является высокопроизводительная, точная и безопасная автоматизированная сборка деревянных поддонов размера 800×1200 мм в соответствии с ГОСТ 9557-87.

Реализуемые комплексом задачи:

- Транспортировка компонентов деревянного поддона на требуемые этапы сборки;
- позиционирование компонентов с необходимой точностью;
- переворот компонентов;
- сколачивание компонентов.

1.2 Назначение внедряемого устройства

Разрабатываемый комплекс может быть использован исключительно в процессах сборки деревянных поддонов размера 800×1200 мм.

В случае необходимости сборки поддонов других размеров необходим перерасчет несущих конструкций, движущихся элементов и перебор ответствующих компонентов.

Управление комплексом необходимо обеспечить с помощью контроллера верхнего уровня. Каждый из этапов сборки необходимо рассматривать как самостоятельное исполнительное звено, управляемое логическим контроллером верхнего уровня.

В состав комплекса входят: роликовый конвейер для транспортировки досок размером 145×1200×22 мм; роликовый конвейер для транспортировки досок размером 100×1200×22 мм; ленточный конвейер для транспортировки

досок размером 145×800×22; ленточный конвейер для транспортировки шашки малой размером 100×145×78 мм; ленточный конвейер для транспортировки шашки большой размером 145×145×78 мм; полозья с подъемными платформами; трехосевое устройства сколачивания заготовок; трехосевое устройство сколачивания поддона; трехосевой двухзвенный толкатель; толкатели шашек.

1.3 Характеристика объекта проектирования

Объектом сборки является деревянный поддон размером 800×1200 мм, состоящий из пяти отличных по габаритам деревянных компонентов. В таблице 1.3.1 представлены габариты каждого из компонентов и допустимые отклонения.

Таблица 1 – Габаритные размеры элементов поддона

Наименование детали	Ширина	Длина	Толщина
Доска настила (крайняя, средняя)	$145^{+5,0}_{-3,0}$	$1200_0^{+3,0}$	$22_0^{+2,0}$
Доска настила (промежуточная), доска основания (крайняя)	$100^{+3,0}_{-3,0}$		
Доска основания (средняя)	$145^{+5,0}_{-3,0}$		
Поперечная доска		$800_0^{+3,0}$	
Шашка малая	$100^{+3,0}_{-3,0}$	$145^{+5,0}_{-3,0}$	$78_0^{+1,0}$
Шашка большая	$145^{+5,0}_{-3,0}$		

В качестве скрепляющего элемента используются гвозди винтовые четырехзаходные.

Технические характеристики установки:

- Диапазон рабочих температур: -30...80°C;
- подача деревянных заготовок: ручная;

- отклонения при сборке: -5...8 мм;
- производительность (не менее): 1 поддон в 4 минуты;
- напряжение питания сети переменного тока: 380В, 50 Гц;
- напряжение питания сети постоянного тока: 24В;
- габаритные размеры комплекса (не более): 4000×12000×2000 мм.

1.4 Требования к функциям, выполняемым системой

Основные функции системы:

- Проверка наличия компонентов сборки;
- контроль поштучной выдачи компонентов на этапы сборки;
- транспортировка компонентов;
- равномерное линейное перемещение гвоздезабивающих пневмопистолетов;
- позиционирование элементов.

1.5 Требования к техническому обеспечению

Сборочный комплекс устанавливается в цехах предприятия, т.е. в закрытом отапливаемом и вентилируемом помещении. Каждое из звеньев комплекса должно быть устойчивым к воздействию температур от +10 до +35°С и влажности воздуха 80 % при температуре +35 °С.

Используемые электротехнические элементы, такие как датчики, контроллеры, пускатели должны иметь модульную архитектуру с возможностью быстрой замены. Количество каналов ввода/вывода ПЛК должно быть не менее 18 для организации выдачи/получения информации управляющих контроллеров звеньев.

Программно-технический комплекс системы должен допускать возможность ее модернизации. В следствии чего необходимый резерв по каналам ввода/вывода соответствует 20%.

1.7 Требования к программному обеспечению

Используемое программное обеспечение при программировании контроллеров звеньев и логического контроллера верхнего уровня регламентируются фирмой-производителем используемых компонентов. Общим требованием при программировании любого из контроллеров является наличие ПК с установленной операционной системой Windows (XP+)/Linux.

2 Проектировочная часть

2.1 Актуальность и рентабельность

К причинам, по которым большое количество фирм используют для перевозки грузов поддоны, относят обеспечение сохранности и защиты товара; возможность использования грузоподъемных механизмов; эффективное использование площадей складских помещений; упрощение учета больших партий товаров.

Множество фирм, из-за большого товарооборота, вынуждены достаточно часто обновлять свой поддонный парк, что делает бизнес по сборке паллетов востребованным и выгодным. Также примечательно, что востребованность в поддонах не зависит ни от сезона, ни от погоды.

Основным сырьем для изготовления поддонов является древесина, что предоставляет возможность использовать для производства отходы от лесоперерабатывающей промышленности. Организуя производство на лесоперерабатывающей станции, можно существенно снизить себестоимость производимого продукта за счет исключения расходов на перевозку сырья.

Стоимость некондиционной, необрезной и полуобрезной доски требуемого размера – 3-4 тыс. руб. за куб. метр.

Стоимость бруса для заготовки шашки – от 4-5 тыс. руб. за куб. метр. Однако, используя клееные из опилок шашки можно снизить стоимость в два раза – 2-2,5 тыс. руб. за куб. метр.

Себестоимость одного паллета на рынке колеблется от 200 до 250 рублей. Взяв среднее значение в 225 рублей и рыночную стоимость одного паллета в районе 265 рублей, то прибыль с паллета порядка 40 рублей. В месяц стоимость произведенной продукции составит примерно 300 тыс. рублей. Без учета издержек (только сырье) прибыль составит 3,5 млн рублей в год. Очевидно, что сборка поддонов является рентабельной и разработка проекта автоматической линии по сборке актуальна.

2.2 Анализ рынка

В основном, предприниматели, решившие заниматься сборкой деревянных поддонов, используют связку рабочий-монтажный стол. Монтажный стол для сборки поддонов представлен на рисунке 1 и представляет собой жесткую металлическую конструкцию с пневмомолотом.



Рисунок 1 – Монтажный стол для сборки деревянных поддонов

В данном случае, работник, имея заготовленные заранее доски, в нужной последовательности укладывает на рабочую плоскость шашки, поверх них продольные доски и поверх продольных досок - поперечные. С помощью пневмомолота элементы сколачиваются друг с другом. После чего необходимо перевернуть полученную заготовку и накрыть ее еще одним слоем досок и завершить процесс повторным сколачиванием.

В зависимости от технологии, применяемой рабочим, необходимо как минимум один раз перевернуть заготовку весом 20 кг и произвести два этапа сколачивания. Очевидно, что производительность напрямую зависит от скорости работы оператора.

К недостаткам установки относятся:

- Низкая производительность;
- низкое качество работы;
- необходимость присутствия человека на всех этапах работы;
- высокие энергозатраты рабочего;
- частое несоответствие продукта ГОСТу.

Русский рынок предлагает предпринимателям для производства исключительно монтажные столы. Стоимость колеблется от 60 тыс. рублей без комплектации пневматическим молотом.

Для более масштабного производства итальянская компания DELTA предлагает линию по производству комплексных паллет (рисунок 2), которая предназначена для поддонов различных стандартов.



Рисунок 2 – Сборочная линия фирмы DELTA

Данный станок включает в себя гидравлическую пневмозабивочную машину, фрезеровочную машину для снятия фасок, машину для срезки углов, и маркировочную машину.

Данный комплекс имеет один недостаток – необходимость загрузки сырья для каждого поддона, что принуждает рабочего постоянно находиться возле него.

Линия производства фирмы DELTA является наиболее совершенной на рынке, но также не исключает в процессе производства человека. Стоимость

нового станка варьируется от 11 до 12 млн рублей. Производительность составляет 1,5 поддона в минуту.

Произведя анализ российского рынка, очевидно, что автономное или автоматизированное решение собственного производства отсутствует. Лишь зарубежные производители могут предложить данный тип автоматизированных станков. Отсюда следует, что разработка автоматизированного комплекса по сборке поддонов является целесообразной.

2.3 Обзор существующих решений

Наиболее близким к разрабатываемому проекту является патент на изобретение Кузнецова Алексея Ивановича от 06.07.1995 года «ПОТОЧНО-МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ЛИНИЯ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ПОДДОНОВ». На данный момент действие патента прекращено. Примечательным в изобретении является использование в качестве скрепления шашек и досок с помощью металлических скоб. Упор сделан на механизм сгибания концов скоб под углом 90°. На рисунке 3 представлен механизированная линия, вид сбоку.

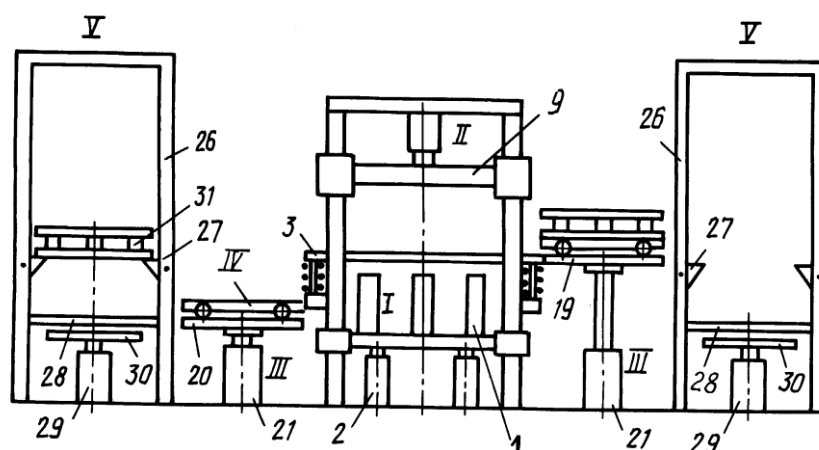


Рисунок 3 - Поточно-механизированная линия для изготовления деревянных поддонов

На шаблон-тележку формируется нижний настил досок, на них укладываются брусья и фиксируются фиксаторами, а сверху укладывается верхний слой досок. После этого цилиндром 21 поднимается платформа 19 до уровня рельсовой платформы 3 механизма продавливания скоб и подается под крышку 9 механизма загиба концов скоб, при этом шаблон-тележка фиксируется в рабочем положении. Крышка 9 опускается на поддон 31 и дальше до упора со скобозабивными головками 1, сжимая пружины. Скоба продавливается через доски и концы скоб загибаются под углом 90°. Механизм продавливания скоб и загиба концов скоб возвращается в исходное положение. Шаблон-тележка выкатывается на гидроподъемник, опускается и

прокатывается в штабелирующее устройство по рельсам 28. Цилиндр 29 своим штоком поднимает платформу 30 с поддоном 31 на упоры 27, которые фиксируют поддон. В это время на второй шаблон-тележке формируется следующий поддон, и операция повторяется. Происходит работа челноком, что позволяет увеличить производительность в два раза.

Как сказано выше, упор в патенте сделан в основном на механизм загибания продавленных через поддон скоб. Однако ГОСТом 9557-87 «Поддон плоский деревянный размером 800x1200» регламентировано, что скрепление элементов сборки необходимо производить гвоздями. Также, способом, описанным в патенте возможно сборка лишь трехслойного поддонов, что так же противоречит ГОСТу. Данные ограничения делают невозможным использование основного принципа в разрабатываемом проекте.

2.4 Описание объекта проектирования

Рассмотрев существующие решения на рынке, было решено разработать собственный автоматизированный комплекс по сборке деревянных поддонов. Для разработки технологического процесса необходимо сперва изучить особенности строения поддона.

Для производства европоддона необходимо соблюдать требования ГОСТ 9557-87 «Поддон плоский деревянный размером 800x1200 мм». Чертеж поддона изображен на рисунке 4.

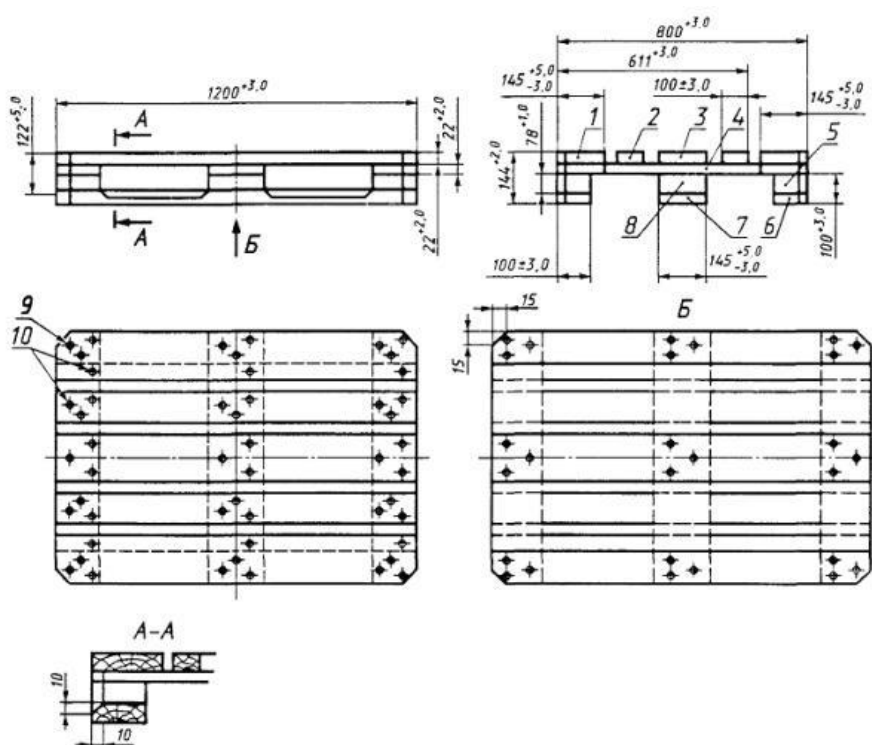


Рисунок 4 – Чертеж европоддона

В соответствии ГОСТ необходимо 5 разных по габаритам элементов:

1. Доска настила (промежуточная), доска основания (крайняя) – 4 штуки, габариты – Ш100хД1200хТ22 мм.
2. Доска настила (крайняя), доска настила (средняя), доска основания (средняя) – 4 штуки, габариты – Ш145хД1200хТ22 мм.
3. Малая шашка – 6 штук, габариты – Ш100хД145хТ78 мм.
4. Большая шашка – 3 штуки, габариты – Ш145хД145хТ78 мм.
5. Доска поперечная – 3 штуки, габариты – Ш145хД800хТ22 мм.

Из этого следует, что линия должна содержать как минимум 5 подающих устройств. Зависимо от того, будет использоваться готовое сырье или распиловываться перед сборкой рабочими, подающие устройства будут отличаться. Для проектируемого комплекса было решено, что материал распиловывается рабочими перед сборкой и забрасывается на конвейеры. Таким образом за подачу на сборочную линию будут отвечать 5 конвейеров разного типа (три ленточных и два роликовых).

Помимо устройств подачи необходимо разработать устройство сколачивания. По технологии сборки поддон можно разделить на две части: основание и покрытие. Из-за этого необходимо как минимум два раза скреплять элементы сборки. Первое устройство сколачивания необходимо для скрепления досок основания (крайних) с малой шашкой и досок основания (средних) с большой шашкой. Второе устройство предназначено для заключительного сколачивания полученных сборок первого этапа с досками поперечными и досками настила (крайними, поперечными и средними). Спроектированное в САПР Autodesk Inventor сборка модели устройства сколачивания представлено на рисунке 5.

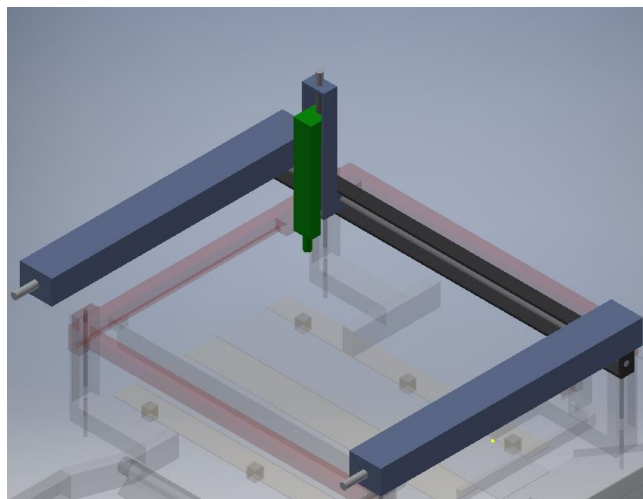


Рисунок 5 - Сборка модели устройства сколачивания

Устройство крепится над сборочной линией с учетом хода рабочего органа (пневмопистолета) и по своей сути является трехосевый устройством.

Так же линия включает в себя переворачивающее устройство, которое переворачивает полученные на первом этапе сколачивания сборки.

Передвижение досок производится по металлическим полозьям со встроенным в них толкателем и подъемными механизмами. Сборка модели полозьев с подъемными платформами представлена на рисунке 6.

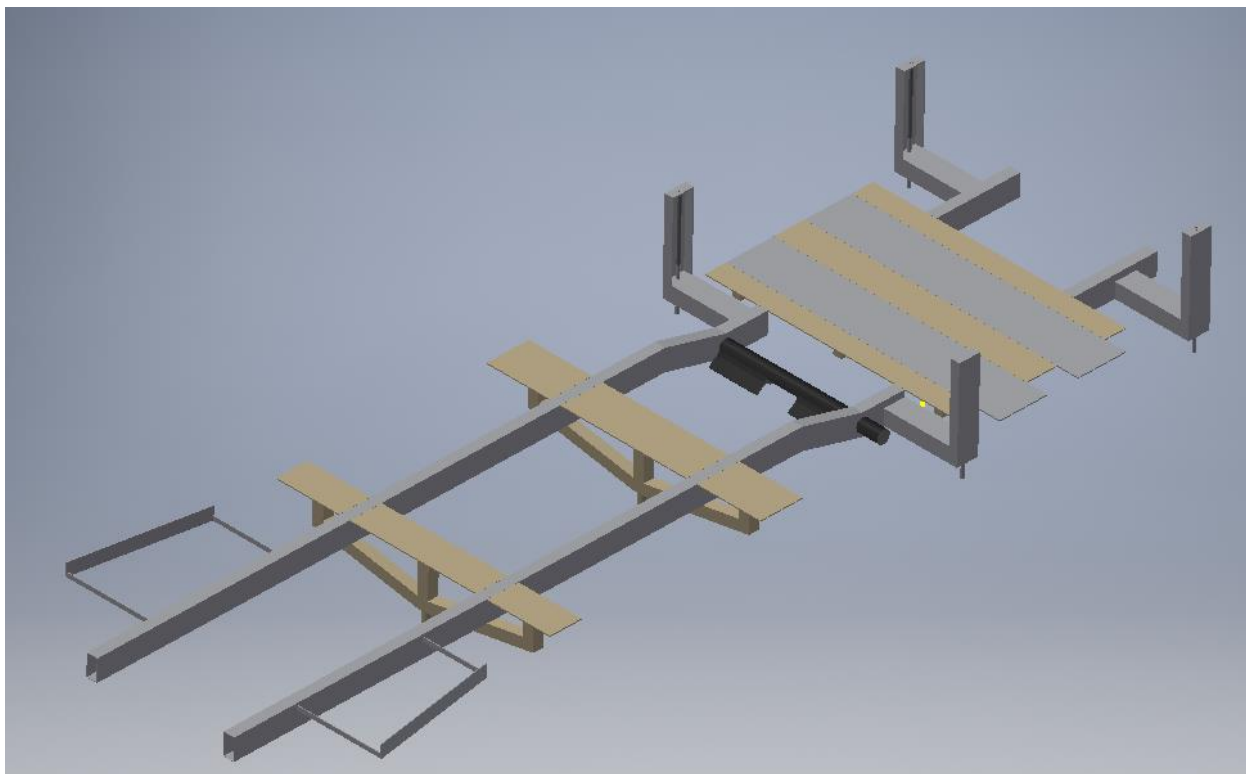


Рисунок 6 - Сборка модели полозьев линии

Первые две подъемные платформы предназначены для сколачивания оснований. Остальные пять – для второго этапа сколачивания.

На узких ленточных конвейерах используется по два толкателя. Один из них снимает шашку с конвейерного полотна, другой перемещает ее на положенное место сборочной платформы. На рисунке 7 представлена сборка модели ленточного конвейера с толкателями.

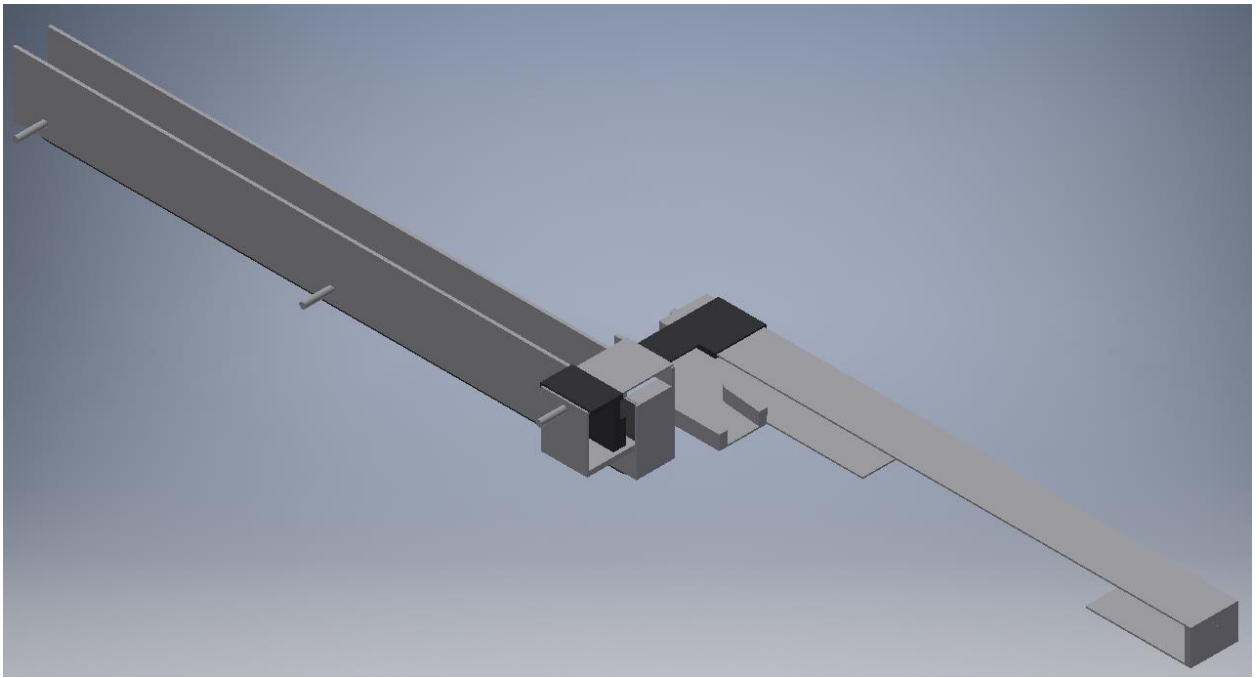


Рисунок 7 - Модель сборки ленточного конвейера с толкателями

После того, как рабочий поместит шашку на конвейерную ленту, она перемещает груз до первого толкателя, который проводит шашку до параллели со сборочной платформой. Второй толкатель, проводя шашку через выравниватель, который находится перед сборочной платформой, устанавливает ее в нужное положение. Таким образом выставляются все необходимые для сборки основания шашки. Работа двух узких ленточных конвейеров идентична.

Для помещения на второй этап сборки поперечных досок используется широкий ленточный конвейер, сборка которого представлена на рисунке 8. Рабочий забрасывает доски на конвейер, после чего, в зависимости от надобности они скатываются по наклонной плоскости на второй этап сколачивания.

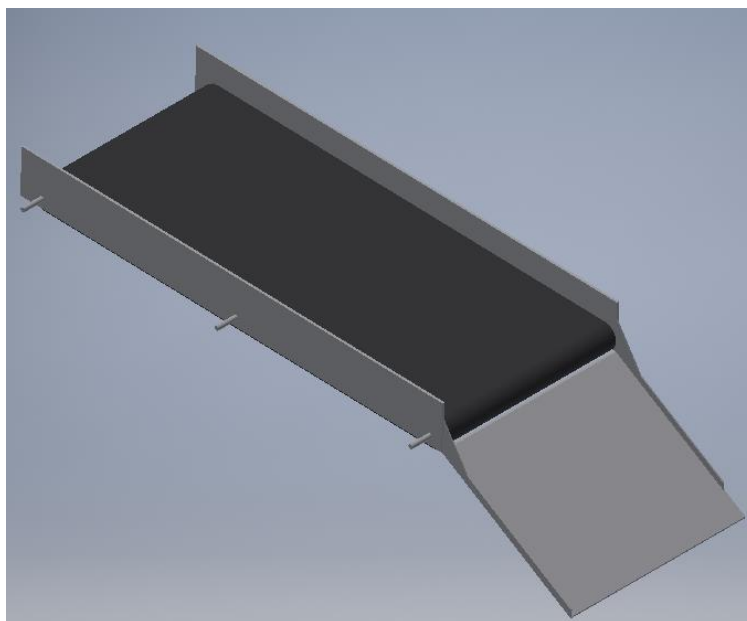


Рисунок 8 - Модель сборки широкого ленточного конвейера

Кроме сколачивающего механизма, на втором этапе сколачивания также присутствует трехосевой двухзвенный толкатель, для точного позиционирования полученных с конвейера поперечных досок и перемещающихся по полозьям досок настила. На рисунке 9 представлена модель сборки трехосевого двухзвенного толкателя.

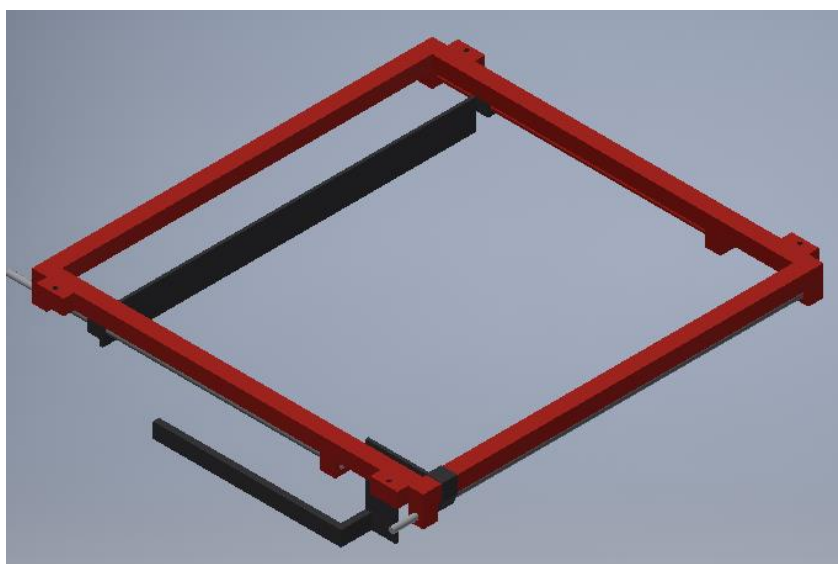


Рисунок 9 - Модель сборки двухзвенных манипуляторов

Общая основа манипулятора вертикально перемещается по пазам швеллеров сборки модели полозьев. Тем самым выполняется позиционирование по вертикали. Первый толкатель, перемещающийся по горизонтали, устанавливает в положенное место доски настила. Второй, получая с широкого ленточного конвейера доски настила, также позиционирует их.

На рисунке 10 представлена общая модель сборки линии.

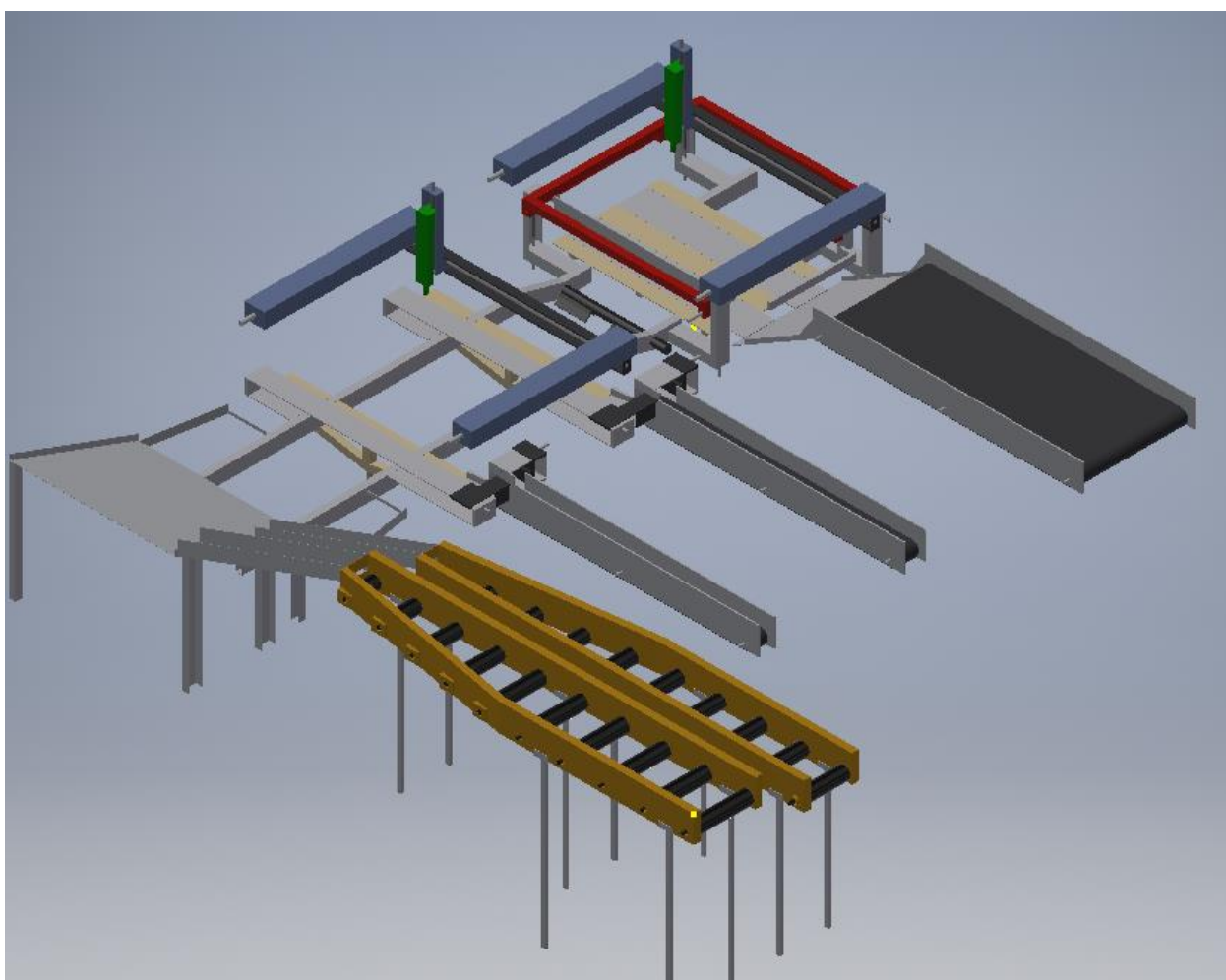


Рисунок 10 - Модель сборочной линии

Учитывая все вышеперечисленные этапы и устройства сборки можно представить структурную схему линии (рисунок 11). Каждый из перечисленных модулей является самостоятельным устройством. Главный логический контроллер (ЛК) выдает разрешение на выполнение каждому из

них. По завершению выполнения, модули возвращают ЛК данные о завершении работы. Таким образом с помощью разработанной логики достигается последовательность выполнения операций сборки и исключение нежелательной одновременной работы.

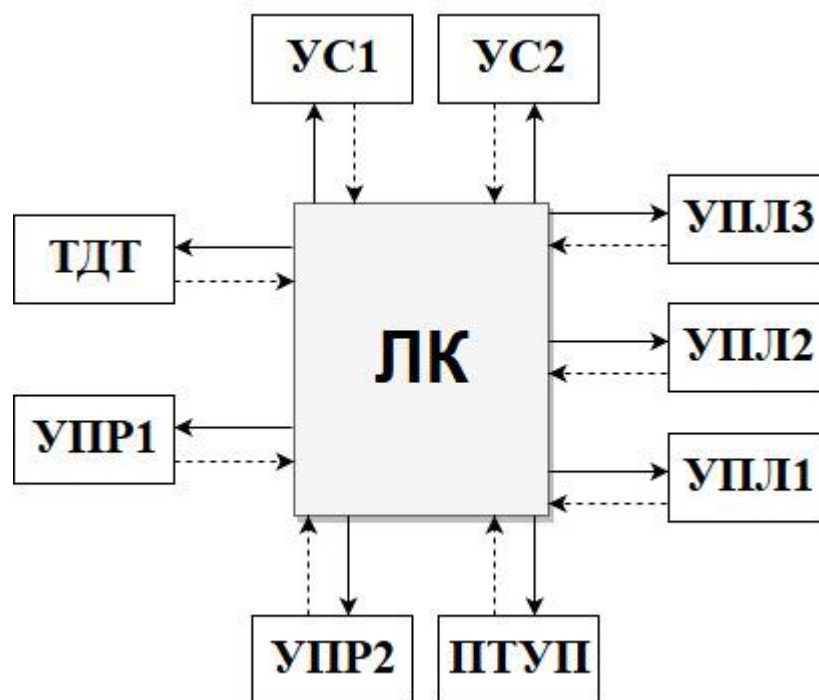


Рисунок 11 – Структурная схема сборочной линии

Где: ТДТ – трехосевой двухзвенный толкатель; УПР1 – устройство подачи роликовое 1; УПР2 – устройство подачи роликовое 2; УПЛ1 – устройство подачи ленточное 1; УПЛ2 – устройство подачи ленточное 2; УПЛ3 – устройство подачи ленточное 3; УС1 – устройство сколачивания 1; УС2 – устройство сколачивания 2; ПТУП – подъемные и толкающие устройства полозьев; ЛК – логический контроллер.

Каждое из звеньев имеет прямую и обратную связь к контроллеру. Стрелкой с сплошной линией показаны управляющие сигналы от ЛК, с пунктирной – сигнал результата о выполненных действиях звеном.

2.5 Расчет роликового конвейера

Роликовым конвейером называется транспортер, на котором прокатываемая полоса перемещается по вращающимся роликам. Данные механизмы транспортировки являются наиболее распространенными в перемещениях прокатываемого материала. Так как часть досок для сборки поддонов перемещается вдоль линии по направлению движения, то роликовые конвейеры актуальны на данном этапе процесса.

Рассмотрим классификацию роликовых конвейеров по различным критериям [6]. В зависимости от назначения рольганги подразделяются на два типа:

- Рабочие (основные и вспомогательные);
- транспортные.

В зависимости от расположения транспортные РК делятся на 3 типа:

- Приемные;
- подводящие;
- отводящие.

По конструкции разделяют на:

- Наклонные или качающиеся;
- гравитационные;
- поворотные или криволинейные.

Для данной работы используются транспортные конвейеры подводящего типа ненаклонной конструкции.

Основные параметры, характеризующие роликовые конвейеры представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные параметры роликового конвейера

Параметр	Обозначение	Размерность
Диаметр роликов	D	мм
Длина бочки ролика	l	мм

Продолжение таблицы 2 – Основные параметры роликового конвейера

Параметр	Обозначение	Размерность
Шаг роликов	t	мм
Общая длина рольганга	L	мм
Число роликов	z	мм
Окружная скорость ролика	V	$\text{м}^3/\text{сек}$
Мощность двигателя	N	кВт
Количество двигателей привода	K	шт.

Диаметр роликов должен быть возможно меньше, так как в этом случае снижается как вес ролика, так и его маховой момент, что ведет не только к снижению общего веса конвейера, но и к резкому снижению мощности его привода за счет уменьшения динамических нагрузок. Однако пределом для уменьшения диаметра ролика является его прочность, а при боковой подаче – габариты двигателя и опор роликов.

Применяемые диаметры роликов указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Применяемые диаметры роликов

Диаметр роликов, мм	Назначение рольганга
600	Рабочие рольганги броневых станов, слябингов.
500	Рабочие рольганги слябингов, крупных блюмингов и толстолистовых станов.
450	Рабочие рольганги блюмингов.
400	Рабочие рольганги малых блюмингов и рельсобалочных станов.
350	Рольганги среднелистовых станов.
300	Рабочие и подводящие рольганги среднесортных и тонкостенных станов.
250	Рольганги мелкосортных станов. Отводящие рольганги среднесортных и тонколистовых станов.

Продолжение таблицы 3 – Применяемые диаметры роликов

Диаметр роликов, мм	Назначение рольганга
200	Рольганги у холодильников мелкосортных станов.
150	Рольганги проволочных станов.

Исходя из условий прогиба полосы, шаг роликов на отводящих рольгангах принимается равным:

- Для крупносортных станов – 1,2-1,6 м;
- среднелистовых – 0,9-1,0 м;
- тонколистовых – 0,5-0,7 м.

Основные размерные параметры прокатных рольгангов регламентированы ГОСТ 5332-50 «Прокатные станы. Рольганги, шаги рольгангов и размеры роликов».

Ввиду того, что конвейер имеет повторно-кратковременный режим работы, следует различать две скорости – номинальную скорость, соответствующую номинальному числу оборотов двигателя и рабочую скорость, с которой фактически происходит передвижение материала по роликам. У подводящих роликовых конвейеров скорость обычно берется сравнительно низкой.

Передача вращения роликам при групповом приводе осуществляется коническими и цилиндрическими зубчатыми шестернями. В настоящее время применяются в основном следующие три типа группового привода роликов:

1. Привод одной части роликов от трансмиссионного вала через конические зубчатые передачи, а другой части при помощи паразитных прямозубых цилиндрических шестерен.
2. Привод всех роликов рольганга от трансмиссионного вала через конические зубчатые шестерни.
3. Привод с цилиндрическими шестернями.

Первый тип привода роликов представлен на рисунке 12 и распространен на крупных станах старых конструкций.

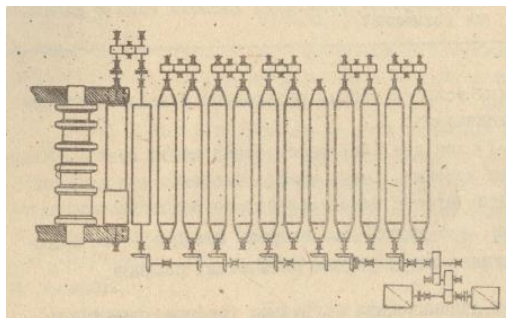


Рисунок 12 – Привод рольганга с применением паразитных шестерен

Наличие свободных от конических шестерен роликов со стороны трансмиссии облегчает размещение шестерен и опор вала, но усложняет кинематику механизма. Монтаж ролика на трех опорах требует точной установки, а чередование конических и цилиндрических шестерен увеличивает расход металла на сменные детали.

Привод роликов через общий трансмиссионный вал имеет большее распространение. Данный тип конструкции представлен на рисунке 13. Эту конструкцию привода можно считать типовой, так как она применяется на роликовых конвейерах большинства прокатных станков. Однако наличие общего трансмиссионного вала, передающего крутящий момент многим роликам является слабым местом группового привода

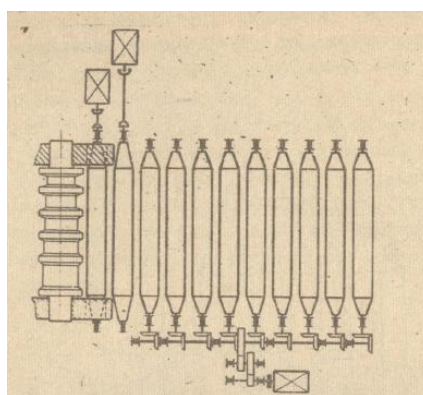


Рисунок 13 – Привод роликов рольганга через общий трансмиссионный вал

В третьем типе привода используется двухрядный цилиндрический редуктор с промежуточными шестернями, растянутый по всей длине конвейера и несколько двигателей с параллельным включением последних в механическую цепь. Данная кинематическая схема представлена на рисунке 14.

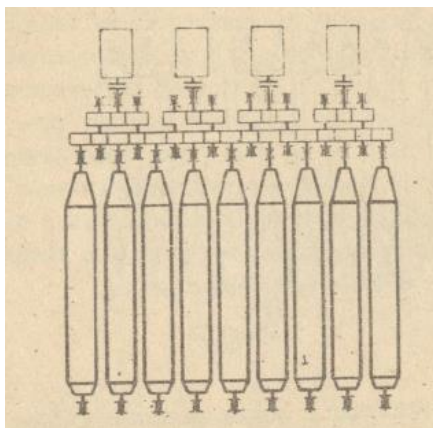


Рисунок 14 – Привод роликов рольганга через двухрядный цилиндрический редуктор

В производственной линии участвует 2 роликовых конвейера, транспортируемых распиленные рабочими доски двух габаритных размеров - Ш100хД1200хТ22 мм и Ш145хД1200хТ22 мм. Ниже приведен подробный расчет для выбора двигателя роликового конвейера, транспортирующего доски размером Ш145хД1200хТ22 мм.

Момент и мощность привода роликов определяется с учетом трех факторов [5]:

а. потерь на трение в подшипниках при перемещении материала по рольгангу:

$$M_{\text{тр}} = g(Q + nG)\mu_n \frac{d_n}{2} = 9,8 * (6,6 + 2,9) * 0,006 * \frac{1,25}{2} = 0,35 \text{ Н * м}, \quad (1)$$

где Q – масса материала приходящаяся на один ролик (при индивидуальном приводе каждого ролика); G – масса самого ролика; n – количество роликов; μ_n – коэффициент трения в подшипниках (для роликовых подшипников $\mu_n =$

0,005 ÷ 0,008, принимаем $\mu_n = 0,006$); d_n – диаметр трения в подшипниковых опорах ролика:

$$d_n = \frac{d_{\text{нар}} + d_{\text{вн}}}{2}.$$

б. возможной пробуксовки роликов по доске при случайном упоре материала в препятствие:

$$M_{\text{тр}} = gQ\mu_6 \frac{d}{2} = 9,8 * 6,6 * 0,35 * \frac{0,1}{2} = 1,136 \text{ Н * м}, \quad (2)$$

где μ_6 – коэффициент трения ролика при буксовании; d – диаметр бочки ролика.

Эти моменты составляют статическую (неизменную постоянную при $\vartheta = const$) нагрузку привода:

$$M_{\text{ст}} = M_{\text{тр}} + M_{\text{бук}} = 0,35 + 1,136 = 1,486 \text{ Н * м}. \quad (3)$$

с. возможности транспортирования материала с ускорением, для чего к роликам необходимо приложить динамический момент:

$$M_{\text{дин}} = J\varepsilon, \text{ кН * м}, \quad (4)$$

где ε – угловое ускорение вращающейся массы, с^{-1} ; J – момент инерции масс m , вращающихся с ускорением :

$$J = J_p + J_m, \text{ кг * м}^2. \quad (5)$$

Момент инерции для полого ролика определяется по формуле (6):

$$J_p = \frac{m_p}{2} \left(\frac{d^2}{4} + \frac{d_{\text{внутр}}^2}{4} \right) = \frac{2,9}{2} \left(\frac{0,1^2}{4} + \frac{0,092^2}{4} \right) = 0,007 \text{ кг * м}^2, \quad (6)$$

где m_p – масса вращающейся части ролика.

Для приведения момента инерции поступательно движущегося материала к оси вращения ролика будем считать, что масса материала приложена к точке (по образующей) на окружности ролика. Тогда момент инерции находящегося на ролике материала равен:

$$J_M = \frac{m_M}{4} d^2 = \frac{6,6}{4} * 0,1^2 = 0,017 \text{ кг} * \text{м}^2. \quad (7)$$

Тогда момент инерции масс из уравнения (5) будет равен:

$$J = 0,007 + 0,017 = 0,023 \text{ кг} * \text{м}^2.$$

Угловое ускорение для роликов ε определим по формуле:

$$\varepsilon = \frac{j}{r} = \frac{2j}{d} = \frac{2 * 0,15}{0,1} = 3 \text{ с}^{-1}, \quad (8)$$

где $j = 0,15 \text{ м/с}^2$ – ускорение поступательно движущегося по роликам материала.

По выражению (4) определим динамический момент движущихся масс.

$$M_{\text{дин}} = 3 * 0,023 = 0,07 \text{ Н} * \text{м}.$$

Суммируя полученные моменты, находим момент привода ролика рольганга:

$$M_{\text{рол}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}} = 0,486 + 0,07 = 1,556 \text{ Н} * \text{м}. \quad (9)$$

Угловая скорость вращения роликов равна:

$$\omega_p = \frac{2\vartheta}{d} = \frac{2 * 1,5}{0,1} = 30 \text{ с}^{-1}, \quad (10)$$

где ϑ – окружная скорость роликов рольганга.

Мощность, требующаяся для вращения ролика рольганга, определяется по формуле:

$$N_{\text{рол}} = M_{\text{рол}} * \omega_p = 1,556 * 30 = 46,69 \text{ Вт}. \quad (11)$$

Мощность электропривода для привода роликов определяется по формуле (12):

$$N_{\text{де}} = \frac{N_{\text{рол}}}{\eta} = \frac{46,69}{0,95} = 49,1 \text{ Вт}, \quad (12)$$

где η – коэффициент полезного действия от конической передачи к ролику.

Частота вращения ролика определяется по формуле:

$$n_{\text{рол}} = \frac{30 * \omega_p}{\pi} = \frac{30 * 30}{3,14} = 286 \frac{\text{об}}{\text{мин}}. \quad (13)$$

Необходимые момент и мощность для вращения всех роликов рольганга вычисляются по формулам (14) и (15).

$$M_p = M_{\text{рол}} * n = 1,556 * 9 = 14 \text{ Н * м}, \quad (14)$$

$$N_p = N_{\text{рол}} * n = 46,69 * 9 = 420 \text{ Вт}. \quad (15)$$

Для приведения механизма в движение необходимо выбрать тип и модель электродвигателя. Так как для данной задачи подходят как асинхронные, так и двигатели постоянного тока необходимо произвести их сравнение и решить какой тип двигателя предпочтительней [8]. Таблица 4 содержит достоинства и недостатки сравниваемых двигателей.

Таблица 4 – Достоинства и недостатки АД и ДПТ

	Достоинства	Недостатки
ДПТ	<ul style="list-style-type: none"> • Простота устройства и управления; • линейные характеристики; • легко регулировать частоту вращения; • хорошие пусковые свойства; • компактнее других двигателей; • является обратимой машиной. 	<ul style="list-style-type: none"> • Дороговизна; • использование выпрямителей; • коллекторно-щеточный узел; • ограниченный срок службы из-за износа коллектора.

Продолжение таблицы 4 – Достоинства и недостатки АД и ДПТ

АД	<ul style="list-style-type: none"> • Простота изготовления; • дешевизна; • высокая механическая прочность; • высокий пусковой момент. 	<ul style="list-style-type: none"> • Большие потери энергии в роторе; • пологая характеристика; • значительный нагрев ротора даже при небольших нагрузках.
----	---	---

Так как для приведения в движение роликов нет необходимости в регулировке скорости вращения ротора двигателя, а пусковые характеристики у сравниваемых типов схожи, то выгодней, с точки зрения и финансов, и надежности, выбрать асинхронный двигатель.

Предварительно для связки АД-конический редуктор-ролики конвейера был выбран асинхронный трехфазный электродвигатель общепромышленной серии АИР80В8 (рисунок 15).



Рисунок 15 – Асинхронный двигатель АИР80В8

Двигатели данной серии используются практически во всех отраслях промышленности. Имеет базовое исполнение – режим работы S1, от сети трехфазного переменного тока 50 Гц напряжением 220В/380В. Климатическое исполнение и категория размещения У3. Степень защиты IP54. Изготавливается в чугунном или алюминиевом корпусе. Основные характеристики электродвигателя АИР80В8 представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики электродвигателя АИР80В8

$N_{дв}$, кВт	ω , об/мин	$I_{ном}$, А	$M_{ном}$, Н*М	η , %	$cos\varphi$	m , кг
0,55	670	4,2/2,5	7,84	58	0,6	14,8

Как было описано ранее для кинематической схемы с общим трансмиссионным валом необходимо использовать в качестве редуктора коническую передачу, которая понижает частоту вращения с двигателя до необходимой на ролике и повышает, в свою очередь, момент. Для приведения девяти роликов в движение через один трансмиссионный вал в качестве проектируемого редуктора используется зубчатая передача с межосевым углом 90° .

Результаты проектировочного расчета роликовых конвейеров представлен в приложении Г.

2.6 Проектировочный расчет конической передачи

Конические зубчатые колеса используются в передачах, оси валов которых пересекаются под межосевым углом $\Sigma = 10^\circ \dots 170^\circ$. Наиболее распространенными являются ортогональные передачи с $\Sigma = 90^\circ$, представленные на рисунке 16.

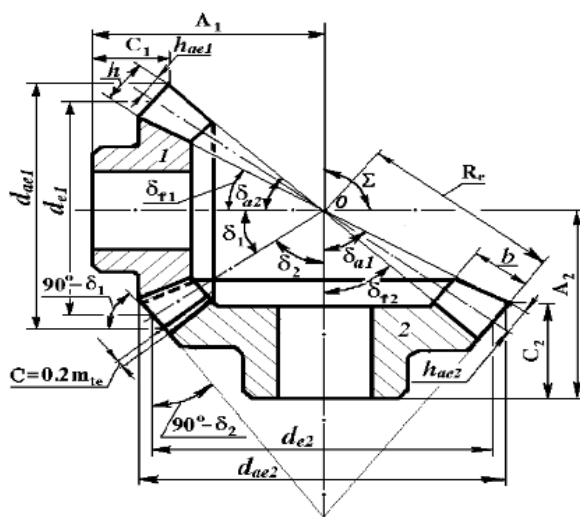


Рисунок 16 - Ортогональная коническая зубчатая передача

Где: R_e - внешнее конусное расстояние; b - ширина венца; δ - угол делительного конуса; d_e - диаметр внешней делительной окружности; d_{ae} - внешний диаметр вершин; h_e - наибольшая высота зубьев (к торца); h_{ae} - наибольшая высота головки зубьев (у торца); δ_a - угол конуса вершин; δ_f - угол конуса впадин; A - расчетное базовое расстояние.

Конические передачи дороже цилиндрических в изготовлении и сложнее в монтаже, используются при необходимости обеспечения заданной компоновки [3].

Понижающие конические передачи рекомендуют выполнять с передаточным числом до 10. Предпочтительнее 6,3. Для повышающих передач передаточное число не рекомендуют принимать более 3,15.

Конические зубчатые колеса выполняются в трех видах:

- С прямыми зубьями – обладают наименьшей нагрузочной способностью, применяются в неответственных передачах с окружными скоростями до 3 м/с.
- С косыми (тангенсальными) зубьями – допускают окружные скорости до 12 м/с, имеют большую нагрузочную способность, сложны в изготовлении, применяются для крупных ответственных передач.
- С круговыми зубьями – обладают более высокую несущую способность и менее чувствительны к динамическим нагрузкам, применяются для ответственных тяжело нагруженных передач, работающих при постоянных и переменных нагрузках с окружными скоростями до 11 м/с.

Исходные данные:

1. Тип передачи – закрытая с круговыми зубьями.
2. Межосевой угол $\Sigma = 90^\circ$.
3. Передаточное число $u = 2,3$.
4. Частота вращения вала шестерни $n_1 = 670 \text{ мин}^{-1}$.
5. Вращающий момент на колесе $T_2 = 14 \text{ Н} \cdot \text{м}$.
6. Требуемый ресурс $L_h = 14000$.

Выбор материала зубчатых колес и их термообработки

Материал колес и их термообработку выбирают в зависимости от назначения передачи, требований к габаритам и технологии изготовления. В редукторах при отсутствии жестких требований к размерам и при небольшой мощности используют нормализованные улучшенные колеса до твердости $\leq 300 \text{ НВ}$. Твердость шестерни из-за большей частоты нагружения должна быть выше твердости колеса на 25-30 НВ.

Наиболее распространены пять комбинаций термообработок зубьев шестерни и колеса (таблица 6).

Таблица 6 – Термообработка шестерни и колеса

Вариант комбинаций термообработок		1	2	3	4	5
Термо-обработка	Шестерня H_1	Улучше- ние (180... 350)HB	Закалка ТВЧ >45HRC ₃	Цемен- тация >45HRC ₃	Закалка ТВЧ >45HRC ₃	Цемен- тация >45HRC ₃
	Колесо H_2	Улучше- ние (180... 350)HB	Улучше- ние (180... 350)HB	Улучше- ние (180... 350)HB	Закалка ТВЧ >45HRC ₃	Цемен- тация >45HRC ₃
C_V		925	930	1000	1100	1470
Круговые зубья	ϑ_H	1,22 + 0,21 <i>u</i>	1,13 + 0,13 <i>u</i>		0,81 + 0,15 <i>u</i>	
	ϑ_F	0,94 + 0,08 <i>u</i>	0,85 + 0,043 <i>u</i>		0,65 + 0,11 <i>u</i>	
Прямые зубья	$\vartheta_H = \vartheta_F$	0,85				

Выбор марки стали производится по таблице 7.

По таблице был выбран материал для зубчатых колес:

- Для шестерни: сталь 40X нормализованная улучшенная, твердость $H_1 = 230$;
- для колеса: сталь 40 нормализованная улучшенная, твердость $H_2 = 195$.

Таблица 7 - Таблица выбора материала для зубчатых колес

	Термическая обработка	Твердость Н		Марка сталей	σ_{Hlim}	$[\sigma]_{Hmax}$	σ_{Flim}^0	σ_{Fst}	S_F	S_H	Y_d	γ_A	Y_d	Y_{gst}	
		Поверхности	Сердцевины												
1	Нормализация и улучшение	$H = 180 \dots 350 HB$		40, 45, 40X, 40XH, 40XФА, 40XH2МА	$2H + 70$	$2,8^* \sigma_T$	$1,75H$	$6,5H$	1,7	1,1	1,3	0,35	1,1	1	
2	Сквозная закалка при нагреве ТВЧ	$H = 48 \dots 55 HRC_3$		40X, 35XM, 40XH, 40XH2МА	$17H + 200$		480	2250							1,1
3	Закалка ТВЧ по контуру с охватом впадин	$H = 48 \dots 58 HRC_3$	$H = 25 \dots 35 HRC_3$	40X, 32XM, 40XH, 40XH2МА	$23H$	44H	580	1800	1,55	1,2	1,1	0,25	0,75	1,05	
4	Цементация с автоматическим регулированием процесса	$H = 52 \dots 63 HRC_3$	$H = 30 \dots 45 HRC_3$	18ХГТ, 30ХГТ, 20X, 20XH, 20XH2M, 20XH3A, 12XH3A			820	2000							1,65
5	Цементация	$H = 56 \dots 63 HRC_3$		Всех марок	800	2000			1,65	1,55	1,1	1,2	1,1	0,25	
6	Нитроцементация	$H = 57 \dots 63 HRC_3$			25ХГТ, 30ХГТ, 25ХГМ	750	2200	1,55	1,55	1,1	1,2	1,1	0,25	0,75	0,95

Выбор степени точности передачи

Точность изготовления зубчатых колес выбирают в зависимости от назначения передачи и возможностей технологии изготовления. В редукторах точность изготовления удобно назначать в зависимости от окружной скорости (таблица 8), среднее значение которой определяется по формуле:

$$V_m = \frac{n_1}{C_V} * \sqrt[3]{\frac{T_2}{u^2}} = \frac{670}{925} * \sqrt[3]{\frac{14}{2.3^2}} = 1.002 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (16)$$

Таблица 8 – Точность изготовления

V_m	≤ 5 м/с	5 ... 12 м/с
Прямозубые	6, 7	6, 7
С круговыми зубьями	7, 8	6, 7

Выбор коэффициента относительной ширины K_{be}

Для ограничения неравномерности распределения нагрузки по ширине венца конических колес коэффициент ширины $K_{be} = b_w/R_e$ принимают в пределах 0,25...0,3. Рекомендуется брать $K_{be} = 0,285$.

Выбор среднего угла наклона зуба β_m

Для кругового зуба при вершине наклона в среднем сечении по ГОСТ 19326-73 рекомендуют брать в пределах от 0° до 45° кратным 5° . Наиболее распространен $\beta_m = 35^\circ$.

Выбор углов делительных конусов δ_1 и δ_2

Половины углов при вершине начальных конусов шестерни - δ_1 и колеса - δ_2 при $\Sigma = 90^\circ$ определяют по формулам:

$$\delta_2 = \text{arctg}(u) * \frac{180}{\pi} = \text{arctg}(2,3) * \frac{180}{\pi} = 66,5^\circ. \quad (17)$$

$$\delta_1 = 90^\circ - \delta_2 = 90^\circ - 66,5^\circ = 23,5^\circ. \quad (18)$$

Определение коэффициентов нагрузки K_H и K_F

При расчете на сопротивление усталости K_H и K_F определяют:

- При контактных напряжениях:

$$K_H = K_A * K_{HV} * K_{H\beta} * K_{H\alpha}. \quad (19)$$

- При изгибных напряжениях:

$$K_F = K_A * K_{FV} * K_{F\beta} * K_{F\alpha}. \quad (20)$$

Коэффициент внешней динамической нагрузки $K_A = 1$.

Коэффициенты неравномерности распределения нагрузки по ширине колес $K_{H\beta}$ и $K_{F\beta}$ определяют в зависимости от расположения колес относительно опор валов (рисунок 17), вида этих опор (шариковые или роликовые), вида зубьев (прямые или круговые), параметра $\psi_d = K_{BE} * u / (2 - K_{BE})$ и твердости поверхности зубьев по графикам на рисунках 18 и 19.

$$\psi_d = K_{BE} * \frac{u}{2 - K_{BE}} = 0,285 * \frac{2,3}{2 - 0,285} = 0,382.$$

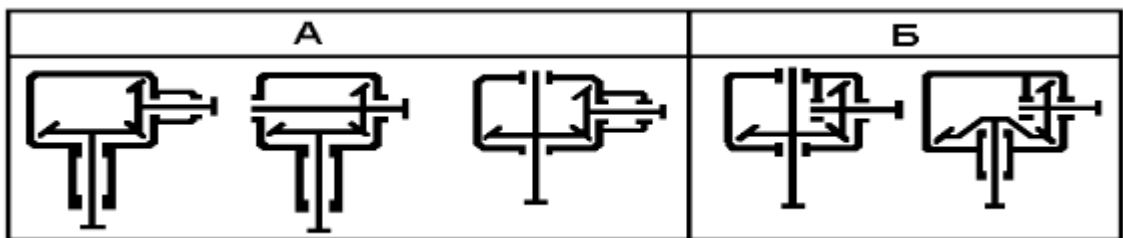


Рисунок 17 – Расположение колес относительно опор валов

Для вариантов термообработки 1, 2, 3 (таблица 7):

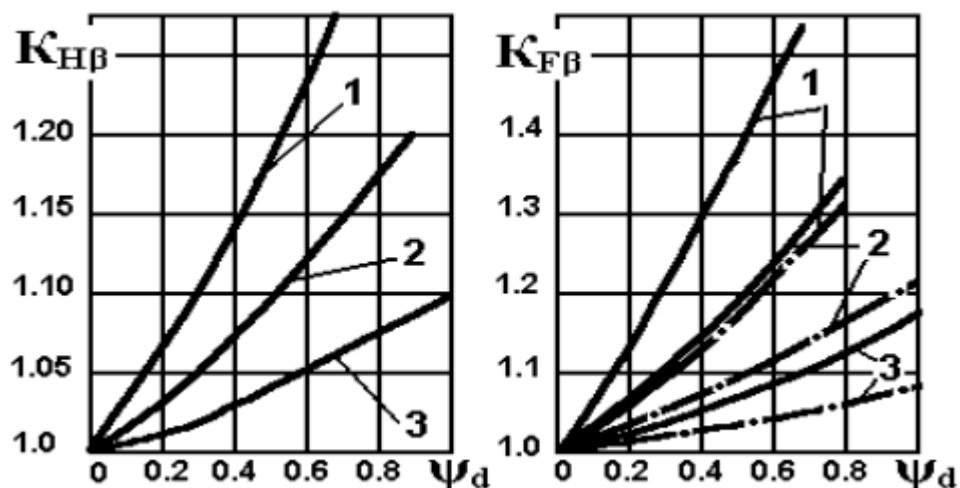


Рисунок 18 - График определения $K_{H\beta}$ и $K_{F\beta}$

Для вариантов термообработки 4, 5 (таблица 7):

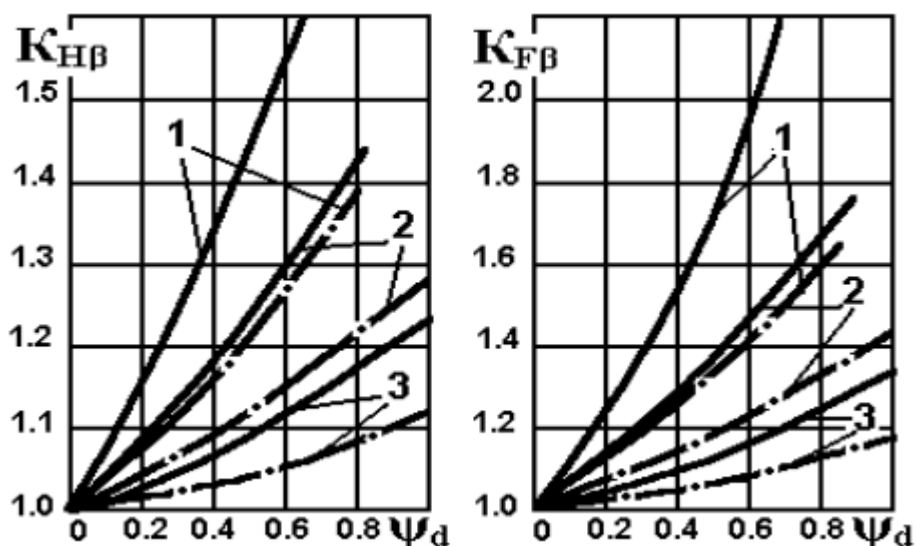


Рисунок 19 – График определения $K_{H\beta}$ и $K_{F\beta}$

Используя график на рисунке 18, можно определить $K_{H\beta} = 1,055$ и $K_{F\beta} = 1,27$.

Коэффициенты динамической нагрузки K_{HV} и K_{FV} определяются по таблице 9. Причем $K_{HV}, K_{FV} \geq 1$.

Коэффициенты распределения нагрузки по парам одновременно работающих зубьев $K_{H\alpha}$ и $K_{F\alpha}$ для конической передачи с круговыми зубьями

определяются по эмпирическим зависимостям (таблица 8). Причем $K_{H\alpha}, K_{F\alpha} \geq 1$.

Таблица 9 – Определение коэффициентов распределения нагрузки

Степень точности	6	7	8
K_{FV}	$\sqrt{1 + 0,18 * \sqrt{V_m}}$		$1 + 0,11 * \sqrt{V_m}$
K_{HV}	$0,5 * (K_{FV} + 1)$		
$K_{H\alpha}$	$1,003 + 0,0027 * V_m$	$1,02 + 0,0053 * V_m$	$(0,622 - 0,0808V_m) * V_m$
$K_{F\alpha}$	$1,025 + 0,008 * V_m$	$1,096 + 0,013 * V_m$	$1,172 + 0,0213 * V_m$

$$K_{FV} = \sqrt{1 + 0,18 * \sqrt{V_m}} = \sqrt{1 + 0,18 * \sqrt{1,002}} = 1,086.$$

$$K_{HV} = 0,5 * (K_{FV} + 1) = 0,5 * (1,086 + 1) = 1,043.$$

$$K_{H\alpha} = 1,02 + 0,0053 * V_m = 1,02 + 0,0053 * 1,002 = 1,025.$$

$$K_{F\alpha} = 1,096 + 0,013 * V_m = 1,096 + 0,013 * 1,002 = 1,109.$$

Используя полученные коэффициенты необходимо найти значения K_F и K_H используя выражения (19) и (20).

$$K_H = K_A * K_{HV} * K_{H\beta} * K_{H\alpha} = 1 * 1,043 * 1,055 * 1,025 = 1,128.$$

$$K_F = K_A * K_{FV} * K_{F\beta} * K_{F\alpha} = 1 * 1,086 * 1,27 * 1,109 = 1,531.$$

Определение коэффициентов ϑ_H и ϑ_F , учитывая вид конической передачи

Для конических зубчатых передач с прямыми и груговыми зубьями ϑ_H и ϑ_F определяются по таблице в зависимости от термообработки колес и передаточного числа передачи. Для данного случая коэффициенты равны:

$$\vartheta_H = 1,22 + 0,21 * u = 1,22 + 0,21 * 2,3 = 1,703.$$

$$\vartheta_F = 0,94 + 0,08 * u = 0,94 + 0,08 * 2,3 = 1,124.$$

Определение допускаемых контактных напряжений при проектировочном расчете

Суммарное число циклов за период службы:

- Шестерни:

$$N_{\Sigma 1} = 60 * n_1 * L_h = 60 * 670 * 14000 = 5,628 * 10^8. \quad (21)$$

- Колеса:

$$N_{\Sigma 2} = \frac{N_{\Sigma 1}}{u} = \frac{5,628 * 10^8}{2,3} = 2,447 * 10^8. \quad (22)$$

Эквивалентное число циклов за срок службы:

- Шестерни:

$$N_{HE1} = N_{\Sigma 1} * \mu_3 = 5,628 * 10^8 * 0,374 = 2,105 * 10^8. \quad (23)$$

- Колеса:

$$N_{HE2} = \frac{N_{HE1}}{u} = \frac{2,105 * 10^8}{2,3} = 9,152 * 10^7. \quad (24)$$

Базовое число циклов, соответствующее перелому кривой усталости, определяют по формулам:

- Шестерни:

$$N_{HG1} = 30 * H^{2,4} = 30 * 230^{2,4} = 1,397 * 10^7. \quad (25)$$

- Колеса:

$$N_{HG2} = 30 * H^{2,4} = 30 * 195^{2,4} = 9,402 * 10^6. \quad (26)$$

Коэффициент долговечности:

- Шестерни:

$$Z_{N1} = \sqrt[20]{\frac{N_{HG1}}{N_{HE1}}} = \sqrt[20]{\frac{1,397 * 10^7}{2,105 * 10^8}} = 0,873. \quad (27)$$

- Колеса:

$$Z_{N2} = \sqrt[20]{\frac{N_{HG2}}{N_{HE2}}} = \sqrt[20]{\frac{9,402 * 10^6}{9,152 * 10^7}} = 0,892. \quad (28)$$

Допускаемые напряжения для передач с прямыми и круговыми зубьями определяют отдельно для шестерни и колеса по формулам:

- Шестерни:

$$[\sigma]_{H1} = [\sigma]_{H \lim 1} * \frac{Z_{N1}}{S_H} = (2 * 230 + 70) * \frac{0,873}{1,1} = 420,712 \text{ МПа}. \quad (29)$$

- Колеса:

$$[\sigma]_{H2} = [\sigma]_{H \lim 2} * \frac{Z_{N2}}{S_H} = (2 * 195 + 70) * \frac{0,892}{1,1} = 373,208 \text{ МПа}. \quad (30)$$

Расчетное допускаемое контактное напряжение:

$$[\sigma]_H = 0,45 * ([\sigma]_{H1} + [\sigma]_{H2}) = 0,45 * (420,712 + 373,208) = 457,264 \text{ МПа}. \quad (31)$$

Внешний делительный диаметр колеса

$$d_{e2} = 900 * \sqrt[3]{\frac{T_2 * K_H * u}{v_H * (1 - 0,5 * K_{BE})^2 * K_{BE} * [\sigma]_H^2}} = 900 * \sqrt[3]{\frac{14 * 1,128 * 2,3}{1,703 * (1 - 0,5 * 0,285)^2 * 0,285 * 457,264^2}} = 83,5 \text{ мм}. \quad (32)$$

Здесь T_2 – момент на колесе, Н*м; K_H – коэффициент нагрузки; u_H – коэффициент учитывающий вид передачи; K_{BE} – коэффициент ширины; $[\sigma]_H$ – допускаемое контактное напряжение, МПа.

Полученное значение рекомендуется округлить до стандартного по ГОСТ 13289-73:

1 ряд: 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 280, 315, 355, 400.

2 ряд: 56, 71, 90, 112, 140, 180, 225.

Округлив, пользуясь рядом 1, примем:

$$d_{e2} = 80 \text{ мм.}$$

Расчет геометрических параметров конической передачи

Внешний делительный диаметр шестерни:

$$d_{e1} = \frac{d_{e2}}{u} = \frac{80}{2,3} = 34,8 \text{ мм.} \quad (33)$$

Округлив, примем:

$$d_{e1} = 35 \text{ мм}$$

Число зубьев шестерни вычисляют в зависимости от диаметра d_{e1} , угла наклона β_m и передаточного числа u по формуле:

$$\begin{aligned} Z_1 &= \sqrt{\left[22 - 9 \log u + \left(\frac{16}{u} - 22\right) \sin^2 \beta_m\right]^2 + (6,25 - 4 \log u) \frac{d_{e1}^2}{645}} = \\ &= \sqrt{\left[22 - 9 \log 2,3 + \left(\frac{16}{2,3} - 22\right) \sin^2 35^\circ\right]^2 + (6,25 - 4 \log 2,3) \frac{35^2}{645}} = \\ &= 13,91. \end{aligned} \quad (34)$$

Округлив, получим:

$$Z_1 = 14.$$

Число зубьев колеса:

$$Z_2 = Z_1 * u = 14 * 2,3 = 32,2. \quad (35)$$

Округлив, получим количество зубьев колеса:

$$Z_2 = 32.$$

Окончательное передаточное число находится с помощью выражения:

$$u = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{32}{14} = 2,286. \quad (36)$$

Число зубьев плоского колеса:

$$Z_C = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = \sqrt{14^2 + 32^2} = 34,928. \quad (37)$$

Внешний окружный модуль:

$$m_{te} = \frac{d_{e2}}{Z_2} = \frac{80}{32} = 2,5 \text{ мм}. \quad (38)$$

Внешнее конусное расстояние:

$$R_e = \frac{m_{te}}{2} * Z_C = \frac{2,5}{2} * 34,928 = 43,661 \text{ мм}. \quad (39)$$

Ширина зубчатых венцов колес:

$$b = b_1 = b_2 = R_e K_{BE} = 43,661 * 0,285 = 12,443 \text{ мм}. \quad (40)$$

Среднее конусное расстояние:

$$R = R_e - 0,5b = 43,661 - 0,5 * 12,443 = 37,439 \text{ мм}. \quad (41)$$

Средний нормальный модуль:

$$m_{nm} = m_{te} * (1 - 0,5K_{BE}) * \cos(\beta_m) = 2,5 * (1 - 0,5 * 0,285) * \cos(35^\circ) = 1,756 \text{ мм}. \quad (42)$$

Взяв коэффициенты смещения зуборезного инструмента $x_{n1} = 0,33$ и $x_{n2} = -x_{n1} = -0,33$, определим внешний диаметр вершин зубьев:

- Шестерни:

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2(1 + x_{n1}) * m_{te} * \cos(\delta_1) = 37 + 2(1 + 0,33) * 2,5 * \cos(23,5^\circ) = 43 \text{ мм.} \quad (43)$$

- Колеса:

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2(1 + x_{n2}) * m_{te} * \cos(\delta_2) = 80 + 2(1 - 0,33) * 2,5 * \cos(66,5^\circ) = 81,3 \text{ мм.} \quad (44)$$

Средний делительный диаметр:

- Шестерни:

$$d_{m1} = d_{e1} \frac{R}{R_e} = 37 * \frac{37,439}{43,661} = 31,728 \text{ мм.} \quad (45)$$

- Колеса:

$$d_{m2} = d_{e2} \frac{R}{R_e} = 80 * \frac{37,439}{43,661} = 68,6 \text{ мм.} \quad (46)$$

Силы в зацеплении конических передач

Схема действия сил в конической передаче показана на рисунке 20. Принимаем направление линии зуба шестерни – правое, колеса – левое. Направление вращения по часовой стрелке.

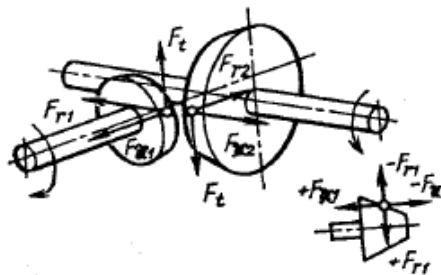


Рисунок 20 – Схема действия сил в конической передаче

Окружная сила на шестерне F_t :

$$F_t = 2000 \frac{T_1}{d_{m1}} = 2000 * \frac{7,84}{31,782} = 494,2 \text{ Н.} \quad (47)$$

Осевая сила на шестерне, радиальная сила на колесе:

$$\begin{aligned}
F_{x1} = F_{r2} &= F_t \frac{1}{\cos(\beta_m)} * [\tan(\alpha) * \sin(\delta_1) + \sin(\delta_2) * \cos(\beta_m)] = \\
&= 492,2 * \frac{1}{\cos(35^\circ)} [\tan(20^\circ) * \sin(23,5^\circ) + \\
&\quad + \sin(66,5^\circ) * \cos(35^\circ)] = 540,78 \text{ Н.}
\end{aligned}
\tag{48}$$

Радиальная сила на шестерне, осевая сила на колесе:

$$\begin{aligned}
F_{r1} = F_{x2} &= F_t \frac{1}{\cos(\beta_m)} * [\tan(\alpha) * \sin(\delta_1) - \cos(\delta_1) * \sin(\beta_m)] = \\
&= 492,2 * \frac{1}{\cos(35^\circ)} [\tan(20^\circ) * \sin(23,5^\circ) - \\
&\quad - \sin(35^\circ) * \cos(23,5^\circ)] = 229,8 \text{ Н.}
\end{aligned}
\tag{49}$$

Рассчитанная коническая передача применяется к каждому ролику конвейера. Быстроходным в данном случае выступает общий трансмиссионный вал. Как было сказано ранее данная конструкция сложна в уходе, имеет низкий К.П.Д. и очень сложна в монтаже.

В качестве альтернативного решения для второго роликового конвейера можно воспользоваться мотор-редуктором, что существенно упрощает проектирование линии.

Мотор-редуктор представляет собой агрегат, в котором конструктивно объединены редуктор и электродвигатель [2], изображен на рисунке 21. Очень активно применяется во всех областях промышленности из-за высокого К.П.Д., простоты обслуживания, компактности и упрощенного монтажа.



Рисунок 21 – Изображение мотор-редуктора

К основным характеристикам мотор-редукторов относят:

- Мощность;
- крутящий момент;
- скорость вращения;
- передаточное число.

Так как для реализации вращения роликов, используя один мотор-редуктор, все равно придется прибегать к использованию какой-либо соосной передачи, то, во избежание этого, для каждого ролика будет использоваться одиночный привод.

Таким образом, полагаясь на результат выражений (9) и (12) необходимо выбирать мотор-редуктор мощностью 50 Вт и с моментом не ниже 2 Н*м. В таблице 10 представлены двигатели повторно-кратковременного режима, асинхронные с редуктором. Очевидно, что для решения поставленной задачи подойдет мотор-редуктор серии 5RK60GU. Требуемое число приводов для всех роликов – 9.

Таблица 10 – Мотор-редукторы повторно-кратковременного режима работы

Серия	Мощность, Вт	Момент, Н*м	Скорость, об/мин	Передаточное число
2RKGN	6	0,12-3,0	7,5-500	3-200
3RK15GN	15	0,3-5,0	7,5-500	3-200
4RK25GN	25	0,49-8,0	7,5-500	3-200
5RK40GN	40	0,77-10,0	7,5-500	3-200
5RK60GU	60	1,1-20,0	7,5-500	3-200
5RK90GU	90	1,7-20,0	7,5-500	3-200
5RK120GU	120	2,3-20,0	7,5-500	3-200

Результаты проектировочного расчета конической передачи представлен в приложении Г.

2.7 Расчет ленточного конвейера

Ленточные конвейеры или машины непрерывного транспорта предназначены для непрерывного перемещения насыпных и штучных грузов по заданной трассе [1]. Одним из наиболее распространенных типов конвейеров является ленточный конвейер, отличающийся простотой конструкции, надежностью работы и возможностью транспортировать большинство видов как штучных, так и насыпных грузов.

Принцип действия ленточного конвейера, представленного на рисунке 22, заключается в следующем. Натяжным барабаном 1 создается необходимое натяжение тягового органа 2 – резинотканевой ленты, которая одновременно является и грузонесущим элементом. Тяговый орган 2 за счет сил сцепления с приводным барабаном 3 приводится в движение.

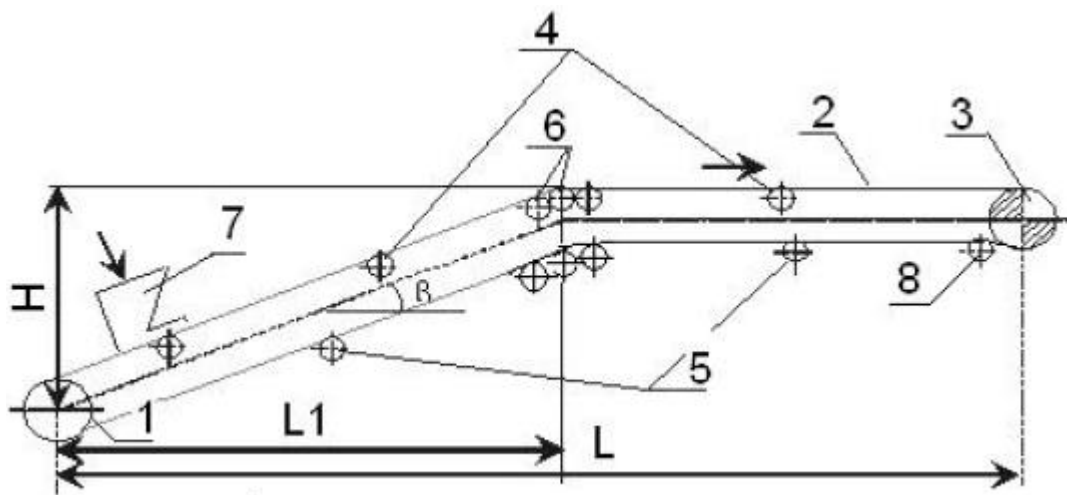


Рисунок 22 – Схема принципиальная ленточного конвейера

Где: 1 – натяжной барабан; 2 – тяговый и грузонесущий рабочий орган (лента); 3 – приводной барабан; 4 – роlikоопоры рабочей ветви конвейера; 5 – роlikоопоры обратной ветви конвейера; 6 – батарея роlikоопор; 7 – загрузочное устройство; 8 – отклоняющие роlikоопоры.

Транспортируемым грузом для данного проекта являются шашки размером Ш100хД145хТ78 мм, Ш145хД145хТ78 мм и доски поперечные размером Ш145хД800хТ22 мм.

Исходные данные для проектирования ленточного конвейера:

1. Груз – шашки деревянные.
2. Насыпная плотность - $\rho = 0,66 \text{ т/м}^3$.
3. Коэффициент трения груза по резине в покое $k_{\text{п}} = 0,8$.
4. Группа абразивности – А.
5. Длина конвейера - $l_{\text{г}} = 1,8 \text{ м}$.
6. Схема трассы – прямолинейная.

Выбор типа и материала ленты

Выбор типа ленты производится в зависимости от вида и характеристик транспортируемого груза, используя таблицу 11:

- Ленты типа 2 применяются для транспортировки средне и мелкокусочных сыпучих грузов групп абразивности А, В, С, D;
- ленты типа 3 применяются для транспортировки средне и мелкокусочных сухих грузов групп абразивности А, В, а также штучных грузов;
- ленты типа 4 – для транспортирования мелкокусковых сыпучих грузов групп абразивности А, В, С и мелких штучных грузов.

Таблица 11 - Характеристики резиноканевых лент общего назначения

Тип ленты	Характеристика ленты	Вид тягового каркаса		Прочность тягового каркаса, Н/ мм	Класс прочности резины	Предел прочности резины, МПа
		Полиэфир и хлопок	Полиамидные нити			
2	Двустор. резиновая обкладка	БКЛН-65,	-	65	Б В	20 15
		БКЛН-65-2,	-	100		
		БКЛН-100,	ТА,ТК-100,	100		
		БКЛН-150,	ТА,ТК-150,	150		
		-	ТК-200-2	200		

Продолжение таблицы 11 – Характеристика резиноканевых лент общего назначения

Тип ленты	Характеристика ленты	Вид тягового каркаса		Прочность тягового каркаса, Н/мм	Класс прочности резины	Предел прочности резины, МПа
3	Одностор. резиновая обкладка	БКЛН-65, БКЛН-65-2, БКЛН-100	- - -	65 100 100	В	15
4	Двустор. Резиновая обкладка, одна, две прокладки каркаса	БКЛН-65, БКЛН-65-2, БКЛН-100,	- ТА, ТК-100 ТА, ТК-100	65 100 100	С	10

Был выбран тип ленты – 3; БКЛН-65; прочность – 65 Н/мм, класс прочности В, предел прочности – 15 МПа. Толщина прокладки определяется по таблице 12 и была выбрана $t = 1,2$ мм; количество прокладок $i = 3$ (таблица 13); толщина резиновых обкладок $\delta_1 = 2$ мм (таблица 14).

Таблица 12 - Толщина тяговых тканевых прокладок каркаса ленты

Номинальная прочность прокладки, Н/мм	Толщина тканевой прокладки t , мм	
	С резиновой прослойкой	Без резиновой прослойки
	Из синтетического волокна	Из комбинированных нитей
200	1,4	1,6
150	1,3	1,4
100	1,2	1,3
65	1,2	1,2

Таблица 13 - Количество тяговых прокладок для лент различных типов

Ширина ленты В, мм	Количество тяговых прокладок i для лент типов 2, 3, 4 при различной удельной номинальной прочности, Н/мм							
	2				3		4	
	200	150	100	65	100	65	100	65
300...500	-	-	3	3...5	-	3...5	1...2	1...2
650	-	3...4	3...5	3...6	3...4	3...6	1...2	1...2
800	3...6	3...6	3...8	3...8	3...5	3...8	1...2	1...2
1000	3...6	3...8	3...8	3...8	3...6	3...8	1...2	1...2

Таблица 14 - Толщина наружных резиновых обкладок

Тип ленты	Поверхность ленты	Номинальная толщина наружных обкладок для различных классов прочности резины, мм									
		Б				В			С		
2	Рабочая	8	6	4,5	3	6	4,5	3	3		
	Нерабочая	2	2	2	2	2	2	1	1,5		
3	Рабочая	-				2			3; 2		
4	Рабочая	-				-			3	2	1
	Нерабочая	-				-			1	1	1

Толщина ленты определяется выражение:

$$\delta = t * i + \delta_1 = 1,2 * 3 + 2,0 = 5,6 \text{ мм.} \quad (50)$$

Округлив получаем толщину ленты:

$$\delta = 6 \text{ мм.}$$

Определение ширины ленты и формы роlikоопор

Ширина грузонесущей ленты определяется исходя из производительности конвейера, вида груза и условий работы конвейера.

При транспортировке штучных грузов ширина ленты принимается равной:

$$B = L + 2 * (75 \dots 200) = 145 + 2 * 75 = 295 \text{ мм.} \quad (51)$$

Для рабочей ленты принимают прямые роlikоопоры (П) с одним гладким роlikом. Для обратной ветви – прямая роlikоопора (Н).

Для груза плотностью меньше 1 т/м^3 расстояние между роliками на ленте 400 – 1600 мм.

Выбранные расстояния между роlikоопорами на рабочей и холостой ветви:

$$l_{pp} = l_{px} = 0,9 \text{ м.}$$

Диаметр и длина роliков для ширины ленты 295 мм и насыпной массы не более 1 т/м^3 :

$$D = 63 \text{ мм.}$$

$$L = 400 \text{ мм.}$$

Тяговый расчет конвейера

Тяговый расчет конвейера выполняется методом последовательного суммирования сил сопротивления движению ленты по всей трассе конвейера. Трассы разделяют на участки, нумерацию которых начинают от точки

сбегания ленты с приводного барабана и продолжают по контуру трассы до точки набегания на приводной барабан (рисунок 23).

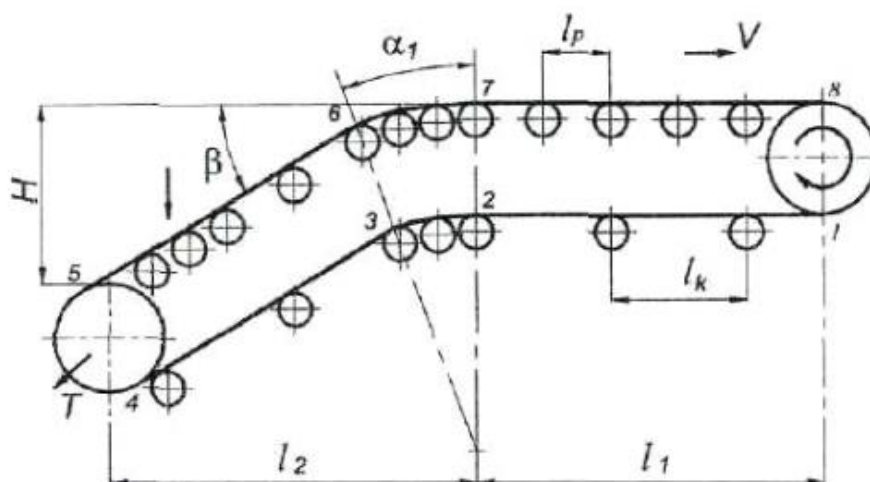


Рисунок 24 - Схема трассы конвейера с разбивкой на участки с различным сопротивлением

В разрабатываемом проекте используются лишь прямолинейные конвейеры, поэтому расчет будет гораздо проще. Определение сил сопротивления на прямолинейных участках (на рисунке 23 это участки 1-2, 3-4, 5-6, и 7-8) различаются для ведущей и обратной ветви конвейера.

Силы сопротивления движению ленты на прямолинейных участках определяют по формулам (52) и (53):

$$W_{1-2} = (q_l + q_{px}) * l_{1-2} * w_x. \quad (52)$$

$$W_{3-4} = (q_{гр} + q_l + q_{pp}) * l_{3-4} * w_p, \quad (53)$$

где: $q_{гр}$, q_l , q_{pp} , q_{px} – распределенная нагрузка на 1 погонный метр трассы конвейера от груза, ленты, роликов холостой и рабочей ветви, Н/м; w_x , w_p – коэффициенты сопротивления роликоопор холостой и рабочей ветви конвейера.

Распределенная нагрузка рассчитывается по формулам:

$$q_{гр} = \frac{Q_p * g}{a} = \frac{0,756 * 9,8}{0,05} = 148,176 \frac{Н}{м} \quad (54)$$

$$q_{л} = 0,011 * B * \delta = 0,011 * 295 * 6 = 10,494 \frac{Н}{м} \quad (55)$$

$$q_{pp} = q_{px} = \frac{m_p * g}{l_p} = \frac{0,756 * 9,8}{0,9} = 8,232 \frac{Н}{м} \quad (56)$$

Используя формулы (52) и (53) получим:

$$W_{1-2} = 0,742 Н.$$

$$W_{3-4} = 6,609 Н.$$

Произведем расчет натяжения ленты в характерных точках.

$$S_{сб} = S_1 = \frac{K_3 * \sum_i W_i}{2,56 - K_3 K_M} = \frac{1,2 * (0,742 + 6,609)}{2,56 - 1,2 * 1,1} = 6,414 Н, \quad (57)$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = 6,414 + 0,742 = 7,155 Н, \quad (58)$$

$$S_3 = S_2 + k * S_2 = 7,155 + 15,742 = 22,897 Н, \quad (59)$$

$$S_4 = S_3 + W_{3-4} = 22,897 + 6,609 = 29,5 Н, \quad (60)$$

где: W_i – силы сопротивления движению ленты на прямолинейных участках;
 K_M – общий коэффициент местных сопротивлений; K_3 – коэффициент запаса.

Силы сопротивлению движения ленты на участке 2-3 вычисляются по формуле:

$$W_{2-3} = 2,2 * S_2 = 2,2 * 7,155 = 15,742 Н. \quad (61)$$

Выбор размеров барабанов

Диаметр приводного барабана определяется с учетом числа тяговых прокладок ленты:

$$D_{бпр} = i * K_6 = 3 * 150 = 450 \text{ мм}, \quad (62)$$

где: K_6 – коэффициент зависящий от вида прокладок (140...160 – для комбинированных тканей; 160...200 – для синтетических тканей).

С учетом стандартного ряда размеров барабанов по ГОСТ 22644-77 [15] примем $D_{\text{бпр}} = 400$ мм.

Диаметр натяжного барабана принимается исходя из выражения:

$$D_{\text{бн}} = 0,8 * D_{\text{бпр}} = 0,8 * 450 = 320 \text{ мм.} \quad (63)$$

Длина барабанов принимается $L_6 = B + 100 = 295 + 100 = 395$ мм, для ширины ленты $B = 300...650$ мм.

Выбор привода конвейера

Определение статической мощности привода и выбора электродвигателя по формуле:

$$N_{\text{эд}} = \frac{K_3 * \sum_i W_i * V_{\text{л}}}{10^3 * \eta_{\text{м}}} = \frac{1,2 * (0,742 + 6,609 + 15,742) * 1,5}{1000 * 0,8} = 0,052 \text{ кВт,} \quad (64)$$

где: K_3 – коэффициент запаса; $\sum_i W_i$ – суммарное сопротивление движению ленты; $V_{\text{л}}$ – скорость движения ленты; $\eta_{\text{м}}$ – КПД механизма привода, принимаемый ориентировочно 0,8.

Определение частоты вращения приводного барабана:

$$n_{\text{бпр}} = \frac{6 * 10^4 * V_{\text{л}}}{\pi * D_{\text{бпр}}} = \frac{6 * 10^4 * 1,5}{\pi * 400} = 71,6 \frac{\text{об}}{\text{мин}}. \quad (65)$$

В качестве привода был выбран аналогичный, что и в рольганге мотор-редуктор 5RK60GU мощностью 60 Вт, с номинальной скоростью вращения 1200 об/мин.

Необходимое передаточное число: $\frac{1200}{72} = 16,6$.

Требуемый статический момент на валу барабана вычисляется по формуле:

$$M_{\text{ст}} = \frac{(S_4 - S_1) * D_6}{2000 * U_{\text{пр}} * \eta_M} = \frac{(29,507 - 6,414) * 400}{2000 * 16,6 * 0,8} = 0,358 \text{ Н * м.} \quad (66)$$

Результаты расчета остальных ленточных конвейеров представлен в приложении Г.

2.8 Расчет передачи винт-гайка и выбор двигателей

Для достижения необходимой точности, при перемещении рабочих органов, толкателей и подъемников было решено использовать передачу винт-гайка [4]. Осталось выбрать двигатель, подходящий для этих задач. Для достижения точного перемещения выбор будет осуществляться между вентильным и шаговым двигателем.

Шаговый двигатель (ШД) – электромеханическое устройство, преобразующее электрические импульсы сигналов управления в угловые перемещения ротора с фиксацией его в заданном положении. Особенностью шагового двигателя является способность осуществлять точное позиционирование и регулировку скорости без датчиков обратной связи.

Вентильный двигатель – это синхронный двигатель, содержащий многофазную обмотку статора, ротор с постоянными магнитами и встроенный датчик положения. Вращение осуществляется подачей напряжения, частота которого не зависит от частоты питающего напряжения на обмотки двигателя.

В таблице 15 представлены достоинства и недостатки каждого из двигателей.

Таблица 15 - Сравнительная таблица двигателей

	Достоинства	Недостатки
Шаговый двигатель	<ul style="list-style-type: none">• Точное позиционирование• регулировка скорости без датчика обратной связи;• простота подключения и обслуживания;• низкая стоимость.	<ul style="list-style-type: none">• Ограничение по скорости (максимум 1000 об/мин);• эффект потери шагов.

Продолжение таблицы 15 – Сравнительная таблица двигателей

	Достоинства	Недостатки
Вентильный двигатель	<ul style="list-style-type: none"> • Высокое быстродействие и динамика; • точность позиционирования; • большая перегрузочная способность по моменту; • высокое КПД; • высокая надежность. 	<ul style="list-style-type: none"> • Сложное управление электродвигателем; • высокая цена устройства; • высокий уровень шума.

Для решения задач равномерного перемещения с небольшой скоростью хорошо подходят оба типа двигателя. Однако сложность управления и высокая стоимость вентильного двигателя оправдывает его только при необходимости с вышеперечисленными требованиями иметь и высокий момент на валу.

Необходимости в двигателях с высоким моментом и большой мощностью отсутствует, поэтому выбором будет шаговый двигатель.

Выбирая шаговый двигатель нужно знать требуемый крутящий момент. Как было сказано выше, для достижения точных поступательных движений шаговый двигатель будет использоваться вместе с передачей винт-гайка (рисунок 24), преобразующей вращательное движение в поступательное.

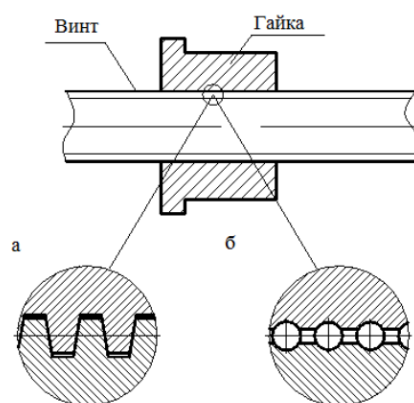


Рисунок 24 – Передача винт-гайка: а – скольжения; б – качения

Тип резьбы в передачах винт-гайка выбирают в зависимости от требований КПД, точности перемещений и технологичности. С целью повышения КПД в передачах винт-гайка скольжения используют резьбы, имеющие пониженный приведенный коэффициент трения.

Для повышения износостойкости и снижения склонности к заеданию гайки изготавливают из материалов, обладающими антифрикционными свойствами, а материал винта должен обладать высокой твердостью.

Произведем расчёт для звена опускания и подъема пневматического пистолета в трехосевом устройстве на этапах сколачивания. Масса пневматического пистолета варьируется от 1,5 до 3 кг. С учетом веса Крепления для пистолета, примем массу переносимой гайкой конструкции с запасом равной 10 кг.

Для всех звеньев, проектируемых для линии, рассчитывается метрическая (треугольная) резьба. Данный тип резьбы взят потому, что КПД не имеет существенного значения, однако требуются малые перемещения для большей точности.

Расчет и проектирование винта

Основным критерием работоспособности передачи скольжения является износостойкость. Для предотвращения износа ограничивают среднее давление в резьбе p допускаемым давлением $[p]$.

$$p = \frac{F}{\pi * d_2 * \psi_h * H} \leq [p], \quad (67)$$

где: F – осевая сила, действующая на винт; d_2 – средний диаметр резьбы; H – высота гайки; $\psi_h = \frac{H_1}{P}$ - отношение рабочей высоты профиля к шагу резьбы (0,5 для трапецеидальной резьбы; 0,75 для упорной; 0,54 для треугольной).

Определим средний диаметр резьбы из условия обеспечения износостойкости:

$$d_2 = \sqrt{\frac{F}{\pi * \psi_H * \psi_h * [p]}} = \sqrt{\frac{100}{\pi * 1,2 * 0,54 * 3}} = 4,046 \text{ мм}, \quad (68)$$

где: $\psi_H = \frac{H}{d_2}$ – коэффициент относительной высоты гайки, равный $1,2 \div 2,5$.

Допускаемое давление в резьбе $[p] = 9 \text{ МПа}$ – для пары незакаленная сталь – бронза. Для высокоточных ненагруженных передач допускаемое давление уменьшают в 2-3 раза, по сравнению с передачами общего назначения.

С учетом коэффициента запаса равного 2, по рассчитанному значению d_2 из соответствующего ГОСТа 10177-22 для выбранного профиля резьбы определяют основные параметры: d – наружный диаметр; d_3 – внутренний диаметр и P – шаг.

Согласно ГОСТ [14] примем:

$$d = D = 10 \text{ мм.}$$

$$d_1 = D_1 = 8,376 \text{ мм.}$$

$$d_2 = D_2 = 9,026 \text{ мм.}$$

$$d_3 = 8,160 \text{ мм.}$$

$$P = 1,5 \text{ мм.}$$

Расчет и проектирование гайки

Высота гайки находится из условия:

$$H = \psi_H * d_2 = 1,2 * 9,026 = 10,831 \text{ мм.} \quad (69)$$

Наружный диаметр гайки D_r определяют из ее учета на растяжение с учетом кручения:

$$y_p = \frac{4 * F * k_{кр}}{\pi * (D^2 - d^2)} \leq [y_p], \quad (70)$$

откуда

$$D_r \geq \sqrt{\frac{4 * F * k_{кр}}{\pi * [y_p]} + d^2} = \sqrt{\frac{4 * 100 * 1,3}{\pi * 50} + 9,026^2} = 9,208 \text{ мм}, \quad (71)$$

где $k_{кр} = 1,3$ – коэффициент, учитывающий кручение гайки; $[y_p] = 50$ МПа – допустимое напряжение растяжения для бронзовых гаек.

Округлив, имеем:

$$D_r = 9 \text{ мм.}$$

Диаметр опорного бурта гайки D_6 определим из условия прочности на смятие:

$$y_{см} = \frac{4 * F}{\pi * (D_6^2 - D_r^2)} \leq [y_{см}], \quad (72)$$

откуда

$$D_r \geq \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * [y_{см}]} + D_r^2} = \sqrt{\frac{4 * 100}{\pi * 70} + 9^2} = 9,306 \text{ мм.} \quad (73)$$

Округлив, имеем:

$$D_6 = 9,5 \text{ мм.}$$

Где: $[y_{см}] = 70 \dots 80$ МПа – допустимое напряжение смятия для бронзовых гаек.

Определим момент M , действующий на вращающийся винт для передвижения по нему гайки. Система с винтовой передачей представлена на рисунке 25.

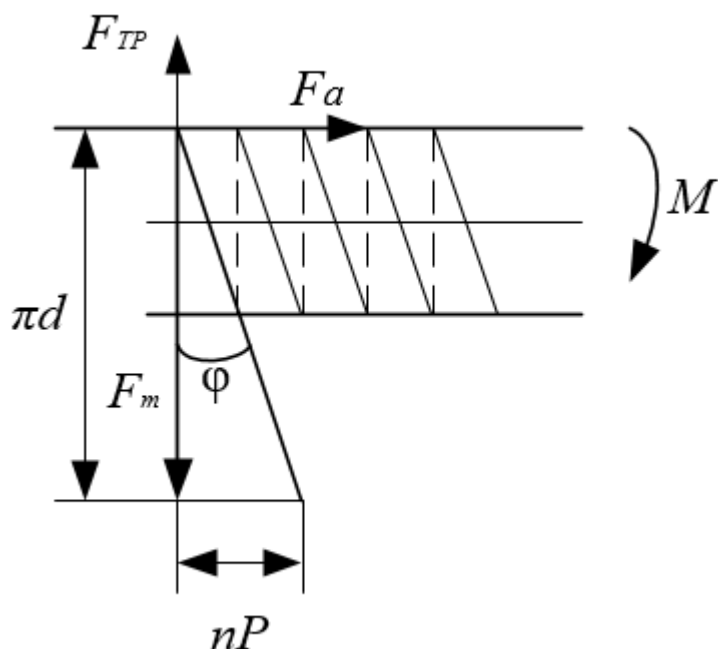


Рисунок 25 - Система с винтовой передачей

Где: d – диаметр винта; P - шаг винта; n – число заходов; φ – угол подъема резьбы; F_m – нагрузка на гайке; $F_{тр}$ – сила трения винта о гайку (окружная сила); F_a – осевая сила.

Момент сил трения в резьбе определяется как:

$$M_{тр} = F * \frac{d_2}{2} * \tan(\psi + \varphi'), \text{ Н * мм}, \quad (74)$$

где: ψ – угол подъема винтовой линии резьбы; φ' - приведенный угол трения резьбы.

Углы определяются выражениями:

$$\psi = \arctan\left(\frac{P_h}{\pi * d_2}\right) = \arctan\left(\frac{1,5 * 3}{\pi * 9,036}\right) = 9,017^\circ. \quad (75)$$

$$\varphi' = \arctan\left(\frac{f}{\cos(\gamma)}\right) = \arctan\left(\frac{0,18}{\cos(30^\circ)}\right) = 11,746^\circ. \quad (76)$$

Получив, требуемые углы, определим момент, требуемый от двигателя, используя выражение (74):

$$M_{тр} = F * \frac{d_2}{2} * \tan(\psi + \varphi') = 100 * \frac{9,026}{2} * \tan(9,017 + 11,8) = 171 \text{ Н * мм}.$$

С учетом момента сил трения в наконечнике, берут $M = 1,5 * M_{тр}$, тогда, переводя в СИ:

$$M = 0,257 \text{ Н} * \text{м}.$$

Для требуемого вращающего момента выбираем шаговый двигатель. Выбор производился из линейки биполярных шаговых двигателей с одним валом фирмы Purelogic. В таблице 16 представлена линейка двигателей данной компании.

Таблица 16 - Часть линейки ШД фирмы Purelogic

Модель	Размер, мм	Момент кгс*см	Потребляемый ток, А	Шаг, град
PL20H28-D4	20x28	0,18	0,6	1,8
PL20H42-D4	20x42	0,3	0,8	1,8
PL20H28-D5	28x28	0,45	0,8	1,8
PL20H51-D5	28x51	0,9	1,0	1,8
PL35H20-M5	35x20	0,35	0,6	1,8
PL35H28-D5	35x28	1,25	1,0	1,8
PL35H45-M5	35x45	2,5	0,8	1,8
PL42H48-D5	20x28	5,5	2,4	1,8
PL42H58-D5	42x58	8,0	2,1	1,8
PL57HM56-D6	57x56	12,6	2,6	0,9
PL57HM76-D8	57x76	18,6	2,6	0,9
PL57H110-D8	57x110	28	4,0	1,8
PL130H280-D19	130x280	450,0	7,0	1,8

Для выбора двигателя необходимо перевести размерность [Н] * [м] в [кг] * [см]:

$$M_{\text{кг*см}} = M * 10,204 = 2,618 \text{ кгс} * \text{см}.$$

Отсюда следует, что подходящий двигатель из списка – PL42H48-D5. Расчет остальных передач и выбор двигателя представлен в приложении Г.

2.9 Разработанные алгоритмы

2.9.1 Алгоритм работы сборочного комплекса

Разработанный алгоритм состоит из главной функции [9], выполняемой логическим устройством верхнего уровня, и процедур, осуществляемых системами управления нижнего уровня каждого из самостоятельных модулей сборочного комплекса, к которым, как было описано в разделе «Описание объекта проектирования», относятся: роликовые конвейеры, ленточные конвейеры с устройствами толкания, трехосевые устройства сколачивания с РО, трехосевой толкатель и устройства полозьев.

Блок-схема главной функции представлена в приложении А. Работа алгоритма начинается с определения необходимых переменных и входа в цикл, осуществляющего повторение определенных действий трехкратно.

Как видно из блок-схемы, к этим действиям относятся процедура выдачи доски с определенного конвейера, процедура выдачи, транспортирования и опускания шашек, процедура транспортирования досок на этап сколачивания 1 после проверки наличия доски на полозьях, процедура сколачивания досок рабочим органом трехосевого устройства сколачивания 1, процедура переворота заготовки и транспортирования ее на этап сколачивания и, наконец, процедура позиционирования заготовки трехосевым толкателем.

После выхода алгоритма из первого цикла происходит опускание позиционированных заготовок с помощью узких подвижных платформ полозьев на этапе сколачивания 2 и вход во второй трехкратный цикл, осуществляющий позиционирование продольных досок на широких подвижных платформах этапа сколачивания 2. Данный цикл состоит из двух процедур: выдачи поперечных досок с УПЛЗ и позиционирование их с помощью трехосевого толкателя.

Закончив выполнение процедур второго трехкратного цикла, выполняется процедура опускания широких платформ этапа сколачивания 2 с поперечными досками до уровня полозьев, что обеспечивает

беспрепятственное перемещение досок настила. Затем происходит вход в последний цикл основной функции, который предназначен для позиционирования досок настила на своих местах. Данный цикл также содержит две процедуры: транспортирование досок настила на этап сколачивания и позиционирование каждой доски с помощью трехосевого толкателя. После позиционирования пяти досок настила происходит выход из цикла.

Выполняется процедура подъема узких подвижных платформ на этапе сколачивания 2, что приводит к уплотнению всех слоев собираемого поддона под весом досок настила. Подняв упомянутые выше платформы, происходит вызов процедуры сколачивания досок устройством сколачивания 2.

Далее будет рассмотрен алгоритм каждой из процедур отдельно.

2.9.2 Процедуры

Процедура выдачи доски основания и доски настила

Так как для выдачи досок основания используются два конвейера, то необходимо производить выбор устройства подачи в зависимости от номера итерации цикла. В случае, если цикл находится на первой или третьей итерации, переменной N присваивается значение 1, что означает задействование УПР1, иначе N присваивается 2 и задействовано УПР2.

Далее происходит опрашивание датчика присутствия, расположенного на линии выдачи доски. Если датчик не установил присутствие препятствия, то происходит заикленное прокручивание роликов конвейера до того момента, пока датчик не установит присутствие, иначе происходит вход в цикл, вращающий ролики до момента пока препятствие не исчезнет. Вход в этот цикл происходит также после выхода из предыдущего.

После выхода из последнего цикла происходит остановка вращения роликов конвейера и отправка информации о завершении на ПЛК верхнего уровня.

Блок-схема алгоритма процедуры выдачи доски основания представлен в приложении А.

Процедура выдачи, транспортировки и опускания шашек

Аналогично процедуре выдачи доски основания, сперва необходимо сделать выбор какое из УПЛ использовать. Если номер итерации 1 или 3, то $N = 1$ (УПР1), иначе $N = 2$ (УПР2).

После выбора рабочего конвейера происходит вхождение в трехитерационный цикл, который проверяет с помощью датчика, подъехала ли шашка к первому толкателю. В случае, если шашка не подъехала, происходит вращение приводного барабана УПЛ до ее установления перед первым толкателем. После помещения шашки в нужное положение происходит вращение винта толкателя 1 УПЛ N на $P1$ оборотов. Затем винт толкателя 2 того же УПЛ совершает $P0 + P2 * i$ оборотов винта. $P0$ – количество оборотов винта от исходного положения винта до платформы сколачивания 1; $P2$ – количество оборотов винта между шашками; $P1$ – количество оборотов винта между конвейером и платформой сколачивания 1.

Все величины, отвечающие за количество оборотов, зависят от конкретной конструкции комплекса. Так как частью проекта было разработать только структуру комплекса, то данные величины определяются при сборке и отладки всей линии.

После совершения позиционирования происходит возвращение винтов толкателей 1 и 2 в исходные положения. Таким образом шашки устанавливаются на свои места.

Завершив цикл, начинается вращение винта платформы с шашками. Тем самым происходит опускание шашек ниже уровня полозьев для дальнейшего помещения над ними досок основания.

Опустив платформу с шашками, контроллер отправляет информацию о завершении процедуры на ПЛК верхнего уровня.

Блок-схема алгоритма процедуры выдачи, транспортировки и опускания платформы с шашками представлен в приложении А.

Процедура транспортировки досок на этап сколачивания 1

Первый шагом является определение номера итерации цикла, для выбора правильного числа оборотов быстроходного вала шестерни цепной передачи. Установив значение, происходит вращение вала. Тем самым происходит перемещение доски до нужной из платформ.

После установки доски в нужном положении цепной толкатель останавливается, производится отправка информации о завершении действия на ПЛК верхнего уровня.

Блок-схема алгоритма процедуры представлена в приложении А.

Процедура сколачивания заготовок

Процедура начинается с определения, в зависимости от номера итерации, какую из заготовок необходимо сколачивать.

После определения заготовки происходит вращения винта В1, осуществляющего перемещение РО вдоль ползьев, на $X1 \cdot N$ оборотов, что обеспечивает позиционирование РО над местом сколачивания.

Далее происходит вращение винта В2, перемещающего РО вдоль заготовок, на $Y0$ оборотов. $Y0$ – количество оборотов до первого участка сколачивания.

Затем происходит вхождение в трехкратный цикл, в котором последовательно происходит вращение винта В3, который вертикально перемещает РО к заготовке, на количество оборотов Z – до положения выстрела. Выстрелив, происходит инверсное вращение винта В3 на Z оборотов. Если проверка на конечную итерацию имеет положительный результат, то происходит возврат винтов В1 и В2 с исходное положение, иначе осуществляется вращение винта В2 на $Y1$ оборотов (оборотов между областями сколачивания вдоль заготовок).

После выхода из цикла, отправляется информация о завершении сколачивания ПЛК верхнего уровня.

Блок-схема алгоритма процедуры представлена в приложении А.

Процедура транспортирования и переворота заготовок

Сперва происходит определение, используя входную переменную номера итерации цикла, с какой из платформ необходимо транспортировать заготовку и вращение быстроходного вала шестерни цепного толкателя, что перемещает заготовку до этапа переворота.

Затем начинается выполнение тела цикла до тех пор, пока угол поворота вала устройства переворота не достигнет установленного при отладке значения. Тело цикла состоит из опроса датчика положения на валу и вращение вала устройства на единицу поворота.

Достигнув необходимого значения угла поворота вала, происходит возвращение цепного толкателя и устройства переворота заготовки в начальное положение.

Происходит отправка информации о завершении процедуры переворота к ПЛК.

Блок-схема алгоритма процедуры транспортировки и переворота представлена в приложении А.

Процедура позиционирования заготовки

Позиционирование заготовок происходит последовательным вращением винта В1, перемещающий толкатель вертикально за заготовку, и вращением винта В2, перемещающим толкатель вдоль полозьев, на величину оборотов $(4 - i) * X$. X – количество оборотов до ближней узкой подъемной платформы.

После данных операций заготовка находится в нужном положении. Начинается инверсное вращение винтов В2 и В1, что обеспечивает возвращение толкателя в начальное положение.

Блок-схема алгоритма процедуры представлена в приложении А.

Процедуры опускания элементов

Опускание заготовок аналогично процессу опускания шашек, за исключением того, что опускаются сразу три узкие платформы.

Процедура опускания поперечных досок похожа на остальные процедуры опускания элементов. Различие является только количество оборотов винта широких платформ, которое определяется линейным расстоянием, необходимым для перемещения поперечных досок на уровень с полозьями.

Процедура выдачи поперечной доски

Процедура выдачи поперечной доски аналогична процедуре выдачи досок основания и досок настила.

Процедура позиционирования поперечной доски

Процедура позиционирования поперечной доски аналогична процедуре позиционирования заготовок, за исключением того, что вместо винта В2 вращается винт В3, который отвечает за перемещение толкателя вдоль заготовок.

Процедура транспортирования досок на этап сколачивания 2

Процедура выдачи доски настила идентична остальным процедурам выдачи. Отличительным признаком является отсутствие необходимости транспортировки до этапа сколачивания 1. Транспортировка происходит до устройства переворота, после чего доска скатывается сразу на этап сколачивания 2.

Процедура подъема заготовок

Подъем заготовок происходит инверсным вращение винтов узких платформ на этапе сколачивания 2, описанным в процедуре опускания заготовок.

Процедура сколачивания поддона

Процедура сколачивания поддона содержит два цикла, один из которых вложен в другой. Тем самым добивается сколачивание заготовок во всех 15 позициях.

Первым этапом, вращением винтов В1 и В2 происходит позиционирование РО в верхний правый угол поддона.

Затем, после входа в цикл J, состоящий из 5 итераций, осуществляется вращение винта В1 в зависимости от номера итерации J. Этим добивается позиционирование РО в точках сколачивания по координате X.

Вложенным циклом Т, аналогичным циклу процедуре сколачивания заготовок, происходит последовательное сколачивание поддона в трех точка по координате Y.

Таким образом, проходя по всем точкам скрепляются гвоздями скрепляются элементы поддона.

Завершив сколачивание происходит возвращение всех возможных винтов в исходное положение и отправка информации о результате операции к ЛК.

2.10 Итоговый выбор компонентов

Выше уже были выбраны такие компоненты как:

- Асинхронный двигатель АИР80В8 для УПР1;
- мотор-редуктор 5RK60GU для УПЛ1, УПЛ2 и УПР2;
- шаговый двигатель PL42H48-D5 для передачи винт-гайка РО.

Помимо вышперечисленных исполнительных устройств, необходимо произвести выбор пневматического гвоздезабивающего пистолета, датчиков, используемых для реализации алгоритма и логических контроллеров.

2.10.1 Выбор пневматического пистолета

В качестве скрепляемых гвоздей используются гвозди винтовые четырехходовые [7] (рисунок 26).

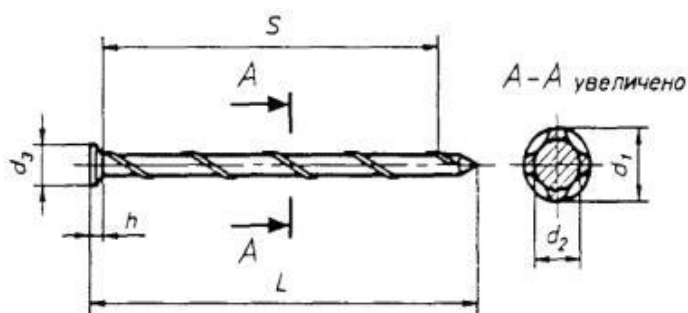


Рисунок 26 – Гвозди винтовые четырехходовые

Требуемые размеры гвоздей представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Требуемые размеры гвоздей

d_1	d_2	d_3	L	S	h
$4,5 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,3$	8 ± 1	90 ± 4	90 ± 10	$1,7 \pm 0,3$
$3,5 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,3$	7 ± 1	60 ± 3	60 ± 10	$1,2 \pm 0,3$

В соответствии с требованиями ГОСТ к гвоздям, произведем выбор пневматического гвоздезабивающего пистолета.

К основным параметрам гвоздезабивного пневмопистолета относят:

- Емкость магазина, шт.;
- диаметр гвоздя, мм;
- диаметр шляпки гвоздя, мм;
- длина гвоздя, мм;
- масса, кг;
- цена, руб.

Выбранным пневмопистолетом, в соответствии строки 1 таблицы, является гвоздезабивной пистолет CN-300, представленный на рисунке 27.

Технические характеристики CN-300 представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Технические характеристики пневмопистолета CN-300.

Длина гвоздя, мм	75-130
Диаметр гвоздя, мм	3,1-3,8
Диаметр шляпки гвоздя, мм	7-8,5
Расход воздуха, л/выстрел	до 3,4
Рабочее давление, атм	5,6-8,2
Емкость магазина, шт	225-300
Масса, кг	6,5



Рисунок 27 – Пневмопистолет гвоздезабивочный CN-300

2.10.2 Выбор датчиков присутствия

Алгоритмы процедур выдачи деревянных компонентов включают в себя наличие данных с датчиков присутствия препятствия. В зависимости от сигнала, полученного с датчика будет производиться решение о вращении двигателей или их остановки.

Для определения присутствия препятствия используют три вида датчиков [10]:

- ИК-датчики препятствия;
- ультразвуковые дальномеры;
- инфракрасные дальномеры.

Таблица 18 содержит сравнения представленных датчиков.

Таблица 18 – Сравнение датчиков препятствий

Характеристика	ИК-препятствия	УЗ дальномер	ИК дальномер
Информационный интерфейс	Дискретный вывод	RS232	Аналоговый вывод
Диапазон расстояния	3-80 см	4-300 см	10-80 см
Подключение	Трехпроводное	Девятипроводное	Трехпроводное
Напряжение питания	5В	5В	4,5-5,5В
Потребляемый ток	100 мА	до 20 мА	30-40 мА

В данном случае нет необходимости точного определения расстояния до препятствия, а основным критерием является простота принимаемых данных. Для ИК-датчиков препятствия требуется 1 дискретный вывод на микроконтроллере и простейший алгоритм работы, в отличие от ультразвукового дальномера, для которого требуется разработка сложного протокола общения. Диапазоны измеряемых расстояний устраивают как у ИК-датчика препятствия, так и у ультразвукового дальномера.

Проанализировав основные характеристики каждого из датчиков, выбор пал на дискретный ИК датчик присутствия препятствия, представленный на рисунке.

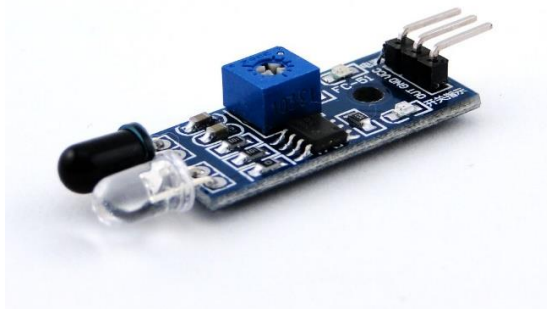


Рисунок 28 – ИК-датчик

На информационном выводе датчика считывается бинарный код. При отсутствии препятствия сенсор выдает логическую единицу, при наличии препятствия – логический ноль.

Расстояние срабатывания настраивается с помощью подстроечного резистора на печатной плате датчика.

2.10.3 Выбор датчиков положения вала двигателя

Для повышения точности перемещений в трехосевых устройствах сколачивания, подъемных платформах и толкателях в связку ШГ + передача винт-гайка было решено добавить датчики угла поворота вала двигателя [10].

Датчик угла поворота (энкодер) – преобразователь углового перемещения в электрические импульсы. Различают два вида энкодеров:

- Инкрементальные – возвращающий импульсы, означающие изменение положения;
- абсолютные – возвращающий абсолютное значение.

Основным преимуществом абсолютного энкодера является то, что он не теряет своего значения при потере питания и не требует возвращения в начальную позицию, что значительно упрощает алгоритм работы системы.

Так же он не подвержен помехам и для него не требуется точная установка вала.

К преимуществам инкрементального энкодера можно отнести возможность, дифференцировав сигнал, определить скорость вращения вала и, при использовании двух каналов, в которых последовательность импульсов сдвинута на 90° , возможность определения направления вращения.

Для разрабатываемой системы более принципиальна возможность хранения значения угла поворота вне зависимости от наличия питания и высокая помехозащищенность, чем простота определения скорости вращения вала двигателя и его направление. Поэтому было решено использовать абсолютные датчики угла поворота.

К основным характеристикам датчиков поворота относятся

- Количество импульсов на оборот;
- питание;
- тип выхода;
- габариты;
- принцип действия.

Для использования в разрабатываемом комплексе был выбран типовой абсолютный магнитный датчик угла поворота с аналоговым выходом на основе эффекта Холла МАВ28А.

Характеристики выбранного датчика представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Характеристика абсолютного энкодера МАВ28А

Количество импульсов на оборот	4096
Питание	5 В; 24 В
Тип выхода	аналоговый: 0-5 В; 0-10 В; 4-20 мА
Диаметр корпуса	28 мм
Диаметр вала	6 мм
Принцип действия	магнитный

2.10.4 Выбор контроллеров

В настоящее время существует два основных типа логических контроллеров, используемых в сферах автоматике [11]:

- Микроконтроллеры;
- ПЛК.

Микроконтроллер – специализированное микроэлектронное программируемое устройство, используемое для управления всевозможными техническими изделиями, системами передачи данных и системами управления технологическими процессами.

Микроконтроллер содержит все необходимые элементы для построения системы управления среднего уровня сложности. В них присутствует память данных, память программ, генератор тактовых импульсов, таймеры, счетчики, параллельные и последовательные порты, АЦП, ЦАП. Программы для микроконтроллеров создаются в специальных IDE языками Ассемблер или С.

ПЛК – специализированное управляющее устройство, приспособленное непосредственно в производственных условиях и программируемое на упрощенных языках, доступных непрофессиональным пользователям.

Основное отличие ПЛК от микроконтроллера является аппаратная унификация, использование интуитивных «общеинженерных» стандартизированных языков программирования, приспособленность к работе в тяжелых условиях производства и продуманные среды для разработки с возможностью симуляции.

Основной характеристикой при выборе контроллера является количество необходимых выводов входа/выхода.

Для программируемого контроллера верхнего уровня требуется 18 дискретных выводов, по 2 вывода на каждое из 9 звеньев.

Для реализации алгоритма управления трехосевым устройством необходимо 12 дискретных выводов для возбуждения обмоток 3 четырехобмоточных ШД и 3 АЦП для трех аналоговых абсолютных

энкодеров. Также необходимо 2 дискретных вывода для обмена информацией. Итого 14 дискретных выводов и 3 АЦП.

Для управления роликовыми конвейерами, необходимо 4 дискретных выхода (два на пускатели и два на датчики присутствия препятствия). Для управления ленточными конвейерами требуется 10 дискретных выходов (8 для возбуждения обмоток ШД толкателей, 2 для датчиков присутствия препятствий) и 2 АЦП для датчиков положения угла ШД. Кроме этого необходимо 6 дискретных выводов для обмена информацией с программируемым контроллером верхнего уровня. Итого 16 дискретных выводов и 2 АЦП.

Для управления подъемными платформами необходимо 16 дискретных выводов для возбуждения обмоток ШД и 4 АЦП для энкодеров. Также данный контроллер будет отвечать за управлением цепного толкателя, которому необходим 1 дискретный вывод на пускатель АД и 1 АЦП к датчику положения угла. Итого 19 дискретных выводов и 1 АЦП.

Таким образом необходимо 6 логических контроллеров. Максимальное количество выводов составило – 19 дискретных выводов и 4 АЦП.

Так как для работы сборочного комплекса был разработан достаточно простой процедурный алгоритм, который не требует высокопроизводительного оборудования с возможностью унификации компонентов и связи их по сложным протоколам обмена, то было решено использовать микроконтроллеры. Также данный шаг позволит сэкономить бюджет на производство.

На рынке преобладают два вида микроконтроллеров:

- AVR фирмы Atmel;
- STM32 фирмы STMicroelectronics.

Компании производят похожую по характеристикам продукцию. Различия присутствуют в используемом для программирования IDE, что и является важным фактором в выборе линейки. Так как в ходе изучения курса «Микропроцессорная техника» был получен опыт работы с

микроконтроллерами фирмы Atmel, то в данном случае выбор делается из линейки этой компании.

Ближайшей, удовлетворяющей требованиям по входам/выходам и АЦП, моделью является 8-разрядный микроконтроллер с 16 Кбайт программируемой Flash памяти ATmega 16A, представленная на рисунке 29.

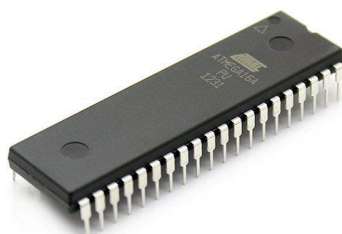


Рисунок 29 – Микроконтроллер ATmega 16A

Характеристики микроконтроллера представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Характеристики микроконтроллера ATmega 16A

Ядро	AVR
Частота, МГц	от 0 до 16
Память Flash, КБайт	16
Память RAM, КБайт	1
Память EEPROM, КБайт	0,5
Входы I/O, шт.	32
Таймеры, шт.	8-бит: 2 16-бит: 1
ШИМ, шт.	4
Интерфейсы, шт.	UART – 1; SPI – 1; I2C – 1
Аналоговые входы, каналов, шт.	8
Аналоговые входы, разрядов, бит	10
Аналоговый компаратор, шт.	2
Напряжение питания V_{CC} , В	От 2,7 до 5,5
Ток питания, I_{CC} , мА	7

2.11 Система управления шаговым двигателем

Так как позиционирование всех подъемных платформ, трехосевых устройств сколачивания и толкателей происходит посредством вращения вала шагового двигателя, то было решено разработать систему управления для него.

Для этого будут проанализированы возможные режимы управления ШД, драйверы, будет разработан и реализован на языке С алгоритм управления для выбранного логического микроконтроллера, составлена схема электрическая принципиальная.

2.11.1 Выбор режима управления шаговым двигателем

Существует четыре распространенных способа управления шаговым двигателем [8]:

- Полношаговый режим управление одной обмоткой;
- полношаговый режим управления;
- полушаговый режим управления;
- режим микрошага.

Рассмотрим каждый из режимов отдельно.

Полношаговое управление одной обмоткой

Данный способ также имеет название – волновое управление одной обмоткой и используется довольно редко, когда необходимо понизить энергопотребления. Вращающий момент, при использовании режима, уменьшается вдвое от возможного. Направление вращения вала определяется порядков возбуждения обмоток ШД.

На рисунке 30 представлены этапы возбуждения обмоток для поворота ротора по часовой стрелке.

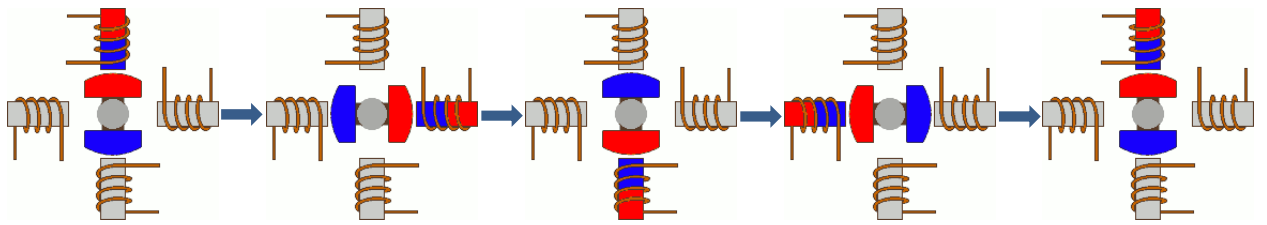


Рисунок 30 – Этапы возбуждения обмоток ШД в режиме полношагового управления одной обмоткой

Полношаговый режим управления

Является наиболее часто используемым. Для реализации этого способа, напряжение на обмотки подается попарно, что позволяет получить 100% номинального вращающего момента. В зависимости от подключения обмоток (последовательно или параллельно), мотору потребуется двойное напряжение или двойной ток для работы по отношению к необходимым при возбуждении одной обмотки.

На рисунке 31 представлены этапы возбуждения обмоток в данном режиме.

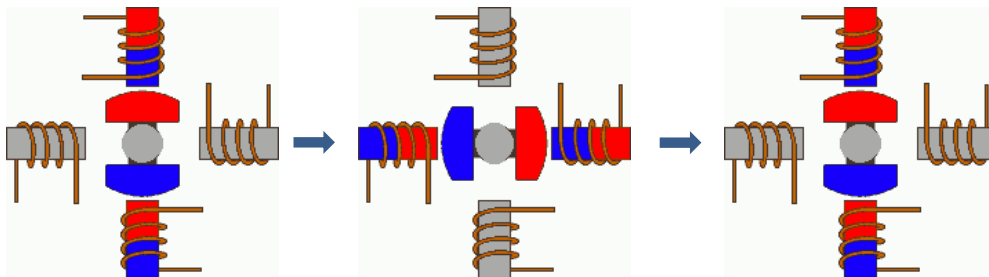


Рисунок 31 – Этапы возбуждения обмоток в полношаговом режиме

Полушаговый режим управления

Не изменяя схему подключения, используя данный режим, можно удвоить точность системы. Для реализации данного метода, все пары обмоток могут запитываться одновременно, в результате чего ротор повернется на половину одной или двух обмоток.

На рисунке 32 представлена работа в этом режиме.

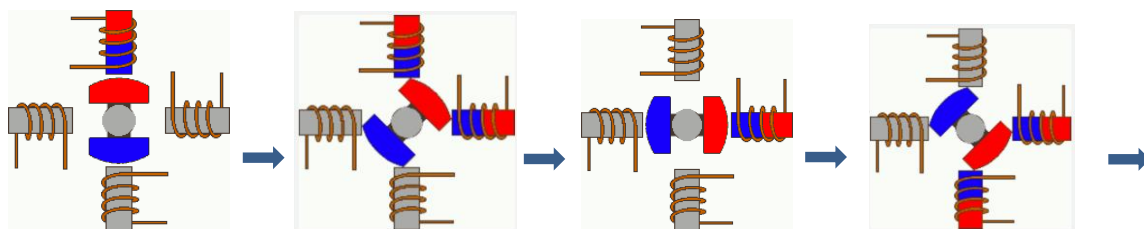


Рисунок 32 – Этапы возбуждения обмоток в полушаговом режиме

Режим микрошага

Подаваемое напряжение на обмотки мотора имеет не импульсный вид, а вид сигнала, по форме, напоминающего синусоиду. Данное решение позволяет получить более гладкое перемещение, делая шаговые моторы широко используемыми в таких приложениях как системы позиционирования в станках с ЧПУ. Кроме того, значительно снижаются как рывки деталей, подключенных к мотору, так и толчки самого мотора. В режиме микрошага, шаговый мотор может вращаться также плавно, как и обычные двигатели постоянного тока.

Как было сказано выше, форма тока через обмотку похожа на синусоиду. Также могут быть использованы формы цифровых сигналов. Некоторые примеры протекающих токов представлены на рисунке 33.

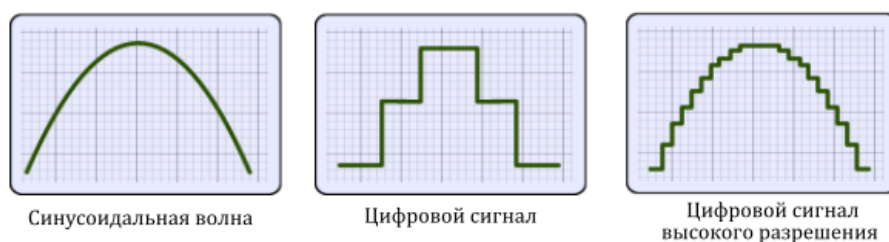


Рисунок 33 – Виды подаваемых сигналов на обмотки в режиме микрошага

Метод микрошага является в действительности способом питания мотора, а не методом управления обмотками. Следовательно, его можно использовать в комбинации с описанными режимами управления.

На рисунке 34 продемонстрирована работа этого метода.

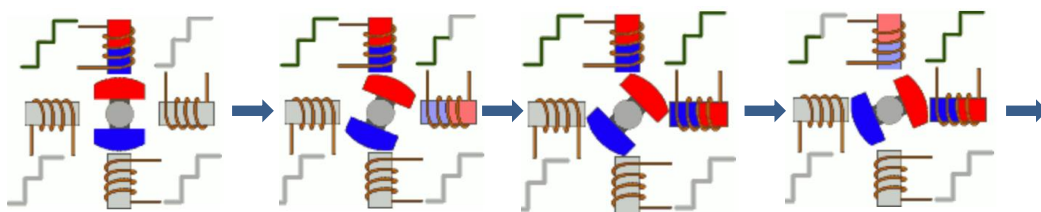


Рисунок 34 – Этапы возбуждения обмоток в режиме микрошага

Для реализации управления шаговым двигателем был выбран режим полношагового управления, с помощью которого был достигнут максимальный момент на валу.

Последовательность возбуждения обмоток шагового двигателя может быть задана выбранным контроллером управления через драйверы или усилительные мосты. Рассмотрим используемые драйверы для управления ШД.

2.11.2 Выбор драйвера для управления ШД

Существует три наиболее распространенных драйверов для управления ШД. Рассмотрим следующие виды схем подключения драйверов:

- Схема подключения с драйвером ULN2003;
- схема подключения с драйвером на биполярных транзисторах;
- схема подключения с драйвером L293D.

Драйвер ULN2003

Драйвер ULN2003 является транзисторной сборкой Дарлингтона. В данную сборку, кроме транзисторов, также включены защитные диоды, необходимые для защиты от пробоя. Выход схемы расположен напротив входа, что очень удобно при монтаже. При параллельном подключении драйвер способен коммутировать ток до 3,5А, а через один вход – 0,5А. Схема устройства сборки Дарлингтона представлена на рисунке 35.

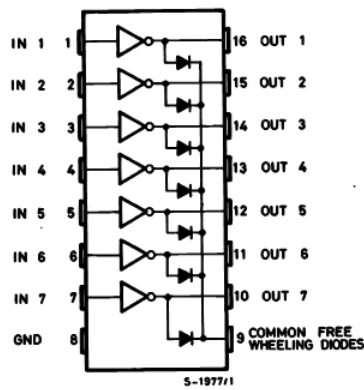


Рисунок 35 – Схема сборки Дарлингтона

Драйвер на биполярных транзисторах

Используя силовой модуль, представленный на рисунке 36, так же можно возбуждать обмотки шагового двигателя необходимым током. При открывании какого-нибудь из транзисторов, ток будет протекать через соответствующую обмотку шагового двигателя. Для управления транзисторами используются свободные выходы PC0, PC1, PC6 и PC7 микроконтроллера. Тип транзисторов зависит от мощности подключаемого двигателя, напряжения его питания и нагрузочной способности портов микроконтроллера.

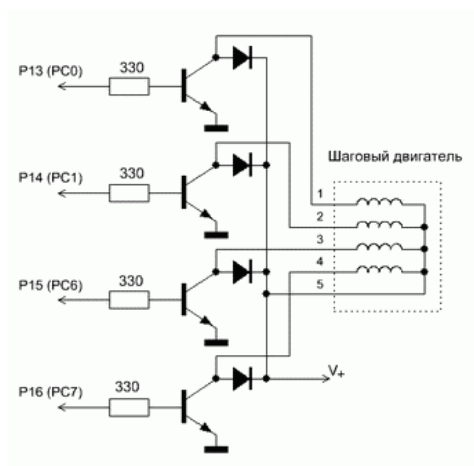


Рисунок 36 – Схема подключения контроллера на биполярных транзисторах

Так как нагрузка индуктивная, то необходимо поставить защитные диоды.

Драйвер L293D

Микросхема L293D является одной из самых распространенных микросхем, предназначенных для управления двигателем. L293D содержит сразу два драйвера для управления электродвигателями небольшой мощности (четыре независимых канала, объединенных в две пары). Имеет две пары входов для управляющих сигналов и две пары выходов для подключения электромоторов. Кроме того, у L293D есть два входа для включения каждого из драйверов. Схема подключения каждого из драйверов, входящих в состав микросхемы, идентичен, поэтому рассмотрим подключение одного из них на рисунке 37.

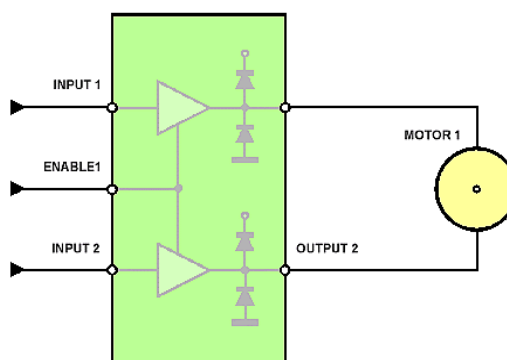


Рисунок 37 – Схема подключения драйвера L293D

Драйвер ULN2003, состоящий из сборки Дарлингтона, имеет по 7 входов и 7 выходов. В случае подключения используемых моторов требуется 4 выхода для подключения одного ШД или 8 для подключения двух. Поэтому использование данного драйвера является неудобным. В случае с драйвером на биполярных транзисторах также присутствуют неудобства в виде необходимости самостоятельного разводки плат, расположения электрических элементов на ней, пайки. Помимо этого, размер собранного драйвера будет в разы больше микросхемы L293D.

Поэтому было решено в качестве драйвера для усиления тока возбуждения обмоток выбрать четырехканальный полумостовой коммутатор с ограничительными диодами, интегрированный в одном корпусе PDIP-16

производства STMicroelectronics (L293D). Характеристики микросхемы представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Характеристики L293D

Колчество каналов управления	4
Напряжение питания логики V_{ss}	4,5..36 В
Коммутируемое напряжение V_s	V_{ss} ..36 В
Максимальный коммутируемый ток	600 мА
Пиковый максимальный ток	100 мкс: 1,2 А
Напряжение логического нуля	-0,3..1,5 В
Напряжение логической единицы	2,3В.. V_{ss} (7, если $V_{ss} > 7В$)

2.11.3 Разработка и реализация алгоритма управления

В главной функции [9] для контроллера нижнего уровня происходит инициализация всех необходимых переменных и заиклненный вызов функции `set_angle(int)`, которая разработана для проворачивания ротора двигателя на необходимый угол, заданный в качестве аргумента. Блок схема главной функции представлена на рисунке 38.



Рисунок 38 – Блок-схема алгоритма главной функции логического контроллера нижнего уровня

Функция управления ШД `set_angle(int)` принимает целочисленное значение угла, до которого должен прокрутить ротор шагового двигателя. Достигнув заданного угла, происходит запоминание последней возбужденной обмотки двигателя, что позволяет без проскоков продолжить вращение ротора на меньший или больший угол последующим вызовом функции.

Блок-схема алгоритма функции управления ШД представлена на рисунках 39 и 40.

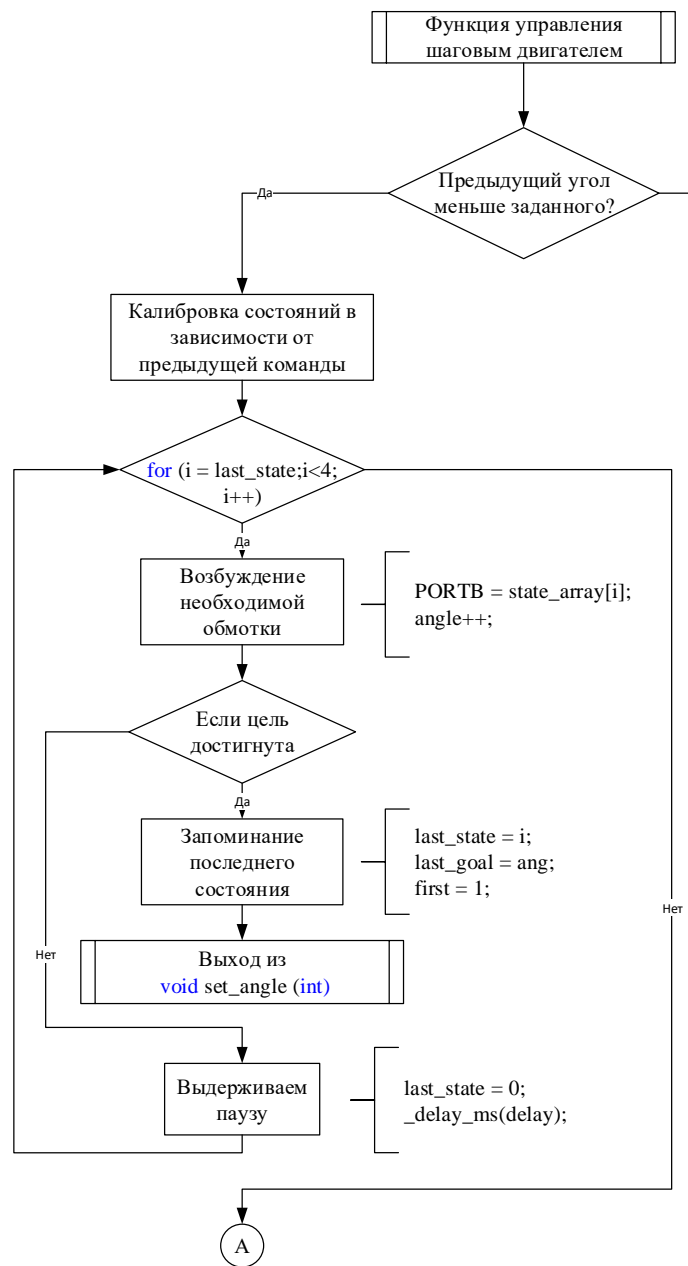


Рисунок 39 – Блок-схема алгоритма функции управления ШД

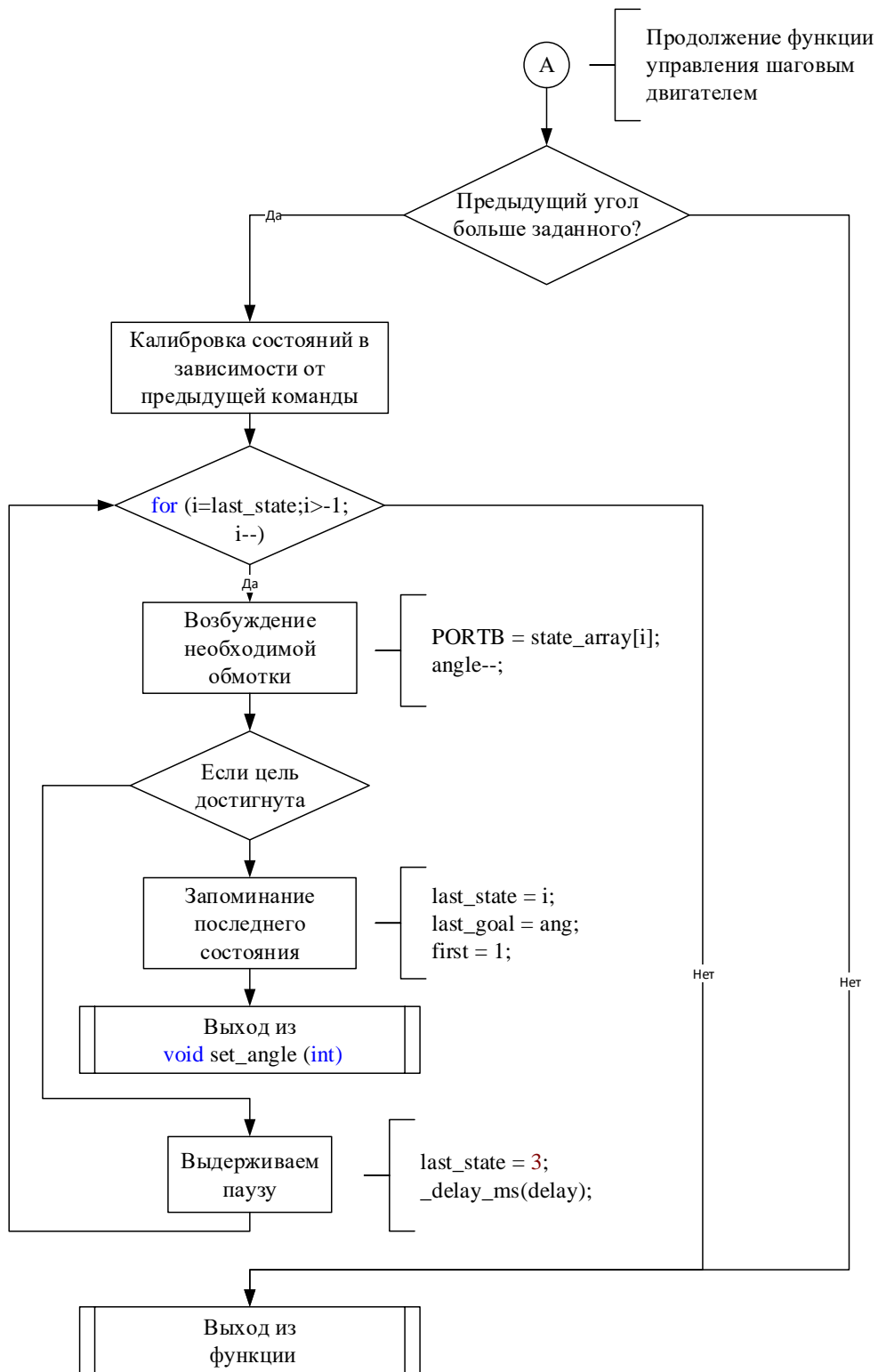


Рисунок 40 – Продолжение блок-схемы алгоритма функции управления ШД
 Реализованный на языке программирования С алгоритм управления ШД
 представлен в приложении В.

2.12 Схема электрическая принципиальная

Схема электрическая принципиальная содержится в приложении Б. На ней изображено подключение всех звеньев к контроллеру верхнего уровня (IC1), выбранного ранее. IC1 подключен ко всем контроллерам нижнего уровня, отвечающим за работу исполнительных устройств и датчиков на всех этапах сборки, а именно: IC2 (отвечает за подъемные платформы на этапах 1,2), IC3 (отвечает за управление всеми конвейерами), IC4 (отвечает за управление трехосевым двухзвенным толкателем), IC5, IC6 (отвечают за сколачивание).

Помимо контроллеров, схема также содержит 17 шаговых двигателей, драйверы DD1...DD17 и энкодеры 1...17 к ним, 2 асинхронных двигателя AC1, AC2 и 4 МР1...МР4 мотор-редуктора. Коммутация обмоток двигателей происходит за счет электромагнитных пускателей. Для определения препятствий в устройствах подачи используются ИК-датчики присутствия препятствия IC7...IC11.

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Е31	Григоришин Илья Сергеевич

Институт	Институт кибернетики	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Стипендия студента – 2206 руб. в месяц; - Оклад руководителя проекта – 13,824 руб. в месяц.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- Тариф на электроэнергию – 5,26 руб./кВт·ч.;
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка – 27,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- Методы коммерциализации результатов инженерных решений; - Морфологический анализ проекта.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- Определение трудоемкости выполнения работ; - Расчет материальных затрат НИИ; - Основная и дополнительная зарплата исполнителей темы; - Отчисления во внебюджетные фонды; - Накладные расходы; - Проведение анализа безубыточности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Морфологический анализ проекта
2. Расчёт бюджета ОКР
3. Оценочная карта конкуренции

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Тухватулина Л.Р.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е31	Григоришин Илья Сергеевич		

3 Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Чтобы правильно определить потенциальных потребителей необходимо выделить целевой рынок и произвести его сегментирование.

Целевой рынок для разрабатываемого проекта – рынок устройств по сборке изделий из древесины. Ниже представлены основные представители данного рынка.

Наиболее известной конструкцией, использующейся при сборке изделий из древесины, а именно деревянных поддонов, является монтажный стол, представленный на рисунке 41. К основным преимуществам данного типа конструкции является ее цена, высокая жесткость и относительно малый вес, что делает ее наиболее востребованной среди малых организаций. К недостаткам конструкции относят необходимость постоянного участия человека в процессе сборки, требования высокой внимательности, манипулированием большими весами (переворот заготовок поддона) и опасной техникой (пневматические пистолеты).



Рисунок 41 – Монтажный стол

Более современным и технологичным аналогом в плане сборки деревянных поддонов является итальянская линия по производству комплексных паллет компании DELTA, представленная на рисунке 42.



Рисунок 42 – Линия по производству паллетов компании DELTA

Линия является автоматизированной. Человек принимает участие в производственном процессе только в момент укладывания заготовок. Производительность линии составляет 1,5 поддона в минуту и имеет возможность сборки поддонов разного типа. Конструкция включает в себя гидравлическую пневмозабивочную машину, фрезеровочную машину для снятия фасок, машину для срезки углов и маркировочную машину.

Помимо этого, возможна сборка деревянных поддонов ручным способом, используя обычный молоток и гвозди. Данный вид сборки распространен там, где нет необходимости в высокой производительности и точности, а также доступна дешевая рабочая сила.

В качестве выпускной квалификационной работы было предложено разработать отечественный автоматизированный комплекс по сборке деревянных поддонов способный минимизировать участие человека в технологическом процессе. На рисунке 43 представлена структура разрабатываемого комплекса, содержащая 2 этапа сколачивания, 5 подающих устройств и ряд толкателей.

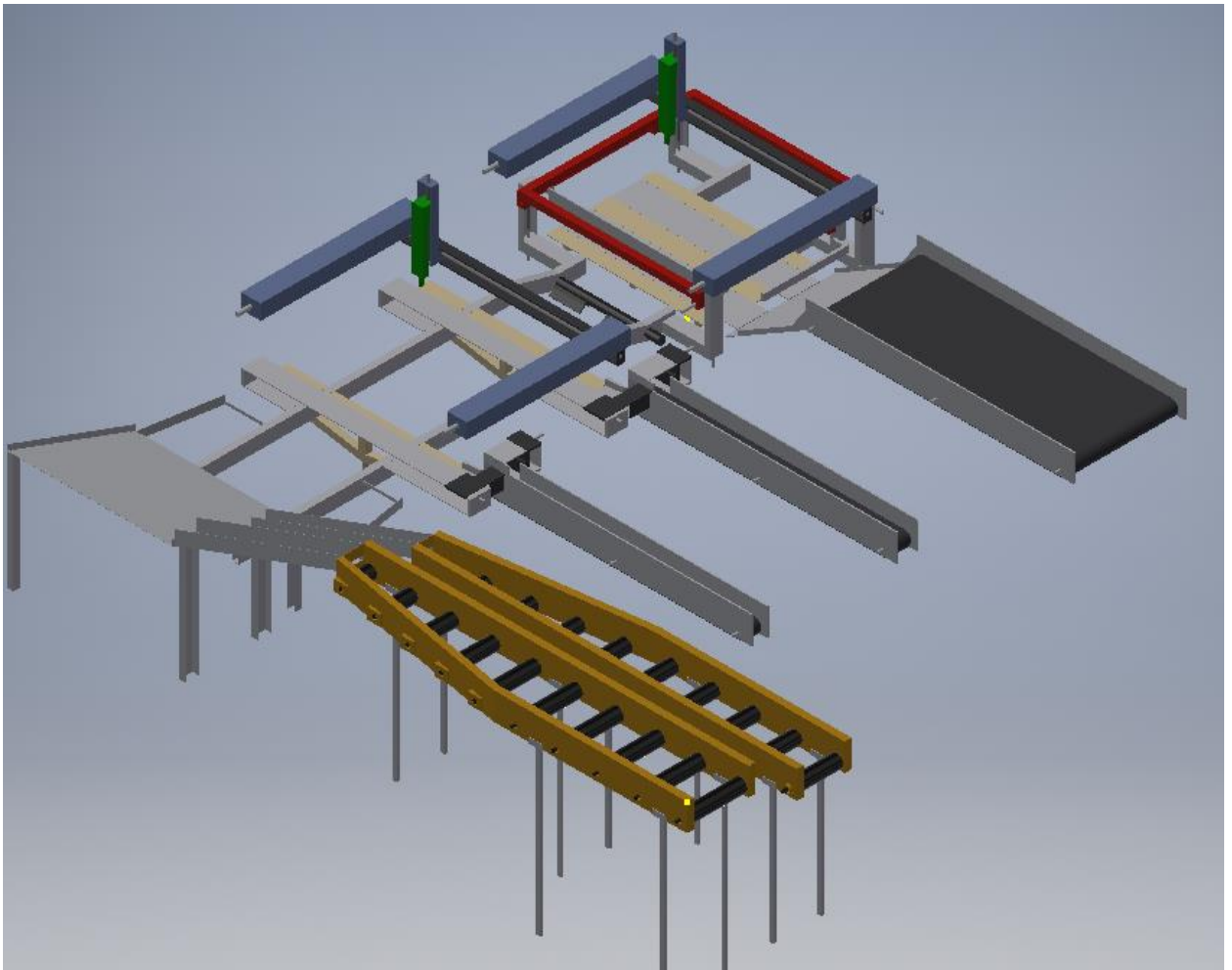


Рисунок 43– Структура автоматизированного комплекса по сборке
деревянных поддонов

Таблица 22– Карта сегментирования рынка

		Уровень участия человека		
		Ручной труд	Автоматизация	Автономность
Масштаб	Домашнее использование	Гвозди + молоток	Монтажный стол	Целевой рынок
	Промышленное применение	-	-	Линия DELTA

3.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

В оценочной карте сравнивается разрабатываемая сборочная линия, с разработкой фирмы «DELTA» (конкурент 1) и с монтажным столом (конкурент 2).

Таблица 23 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Относительное значение			Средневзвешенное значение		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэкономности							
1. Энергоэффективность	0,1	4	5	3	0,5	0,5	0,3
2. Помехоустойчивость	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
3. Надежность	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
4. Унифицированность	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
5. Уровень материалоемкости	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
6. Уровень шума	0,07	4	4	5	0,21	0,28	0,35
7. Безопасность	0,2	5	5	3	1,0	1,0	0,6
8. Функциональная мощность	0,01	4	5	3	0,04	0,05	0,03
9. Простота эксплуатации	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
10. Ремонтопригодность	0,08	4	4	5	0,24	0,24	0,4

Продолжение таблицы 23 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Относительное значение			Средневзвешенное значение		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Экономические критерии оценки эффективности							
11. Конкурентоспособность	0,06	4	5	3	0,24	0,3	0,18
12. Уровень проникновения на рынок	0,03	4	4	5	0,12	0,12	0,15
13. Послепродажное обслуживание	0,07	5	2	3	0,35	0,14	0,21
14. Цена	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,3
15. Финансирование разработки	0,03	5	5	3	0,15	0,12	0,09
Итого	1	67	66	60	4,04	4,16	3,85

Проанализировав оценочную карту, можно сделать вывод, что проектируемая сборочная линия имеет шансы конкурировать с аналогами на рынке. Для большей конкурентной способности стоит увеличить показатели инфицированности (предлагая пользователям возможность сборки разных типов поддонов) и функциональной мощности (добавив возможность обрезания углов поддона в соответствии с ГОСТ).

3.3 Морфологический анализ

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы.

1. Точная формулировка проблемы.

На данный момент российский рынок переполнен сборочными станками типа монтажный стол, который имеет только ручной и автоматизированный режим работы, то есть не исключает в процессе сборки человека.

Следовательно, проблемой является отсутствие на рынке в условиях импортозамещения отечественной разработки автономной линии по сборке деревянных поддонов, имеющей невысокую стоимость.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта.

В устройстве используются: устройства транспортировки, устройства позиционирования рабочего органа, устройства забивки, различные типы передач и приводов, устройства управления.

3. Составим таблицу, в которой раскроем все возможные варианты по каждой характеристике.

Таблица 24– Таблица характеристик

	1	2	3
А. Устройства транспортировки	Конвейер	Лебедка	Толкатель
Б. Устройства позиционирования РО	Трехосевое устройство	Манипулятор	Одноосевая платформа
В. Устройства забивки	Платформа пробивающая клиньями	Пневматический пистолет	Массив пневматических пистолетов
Г. Устройства управления	МК	РС	ПЛК
Д. Типы приводов	Электрически приводы	Гидравлические приводы	Пневматически е приводы

4. Произведя анализ таблицы, можно сделать вывод, что наиболее сбалансированное, решающее поставленную задачу устройство имеет вид: А1В1В2Г3Д1.

3.4 Планирование в рамках ОКР

3.4.1 Структура работ в рамках проектной работы

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент (С). Следует разделить выполнение проекторной работы на этапы, представленные в таблице 25.

Таблица 25 – Этапы выполнения дипломной работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнитель
Разработка задания	1	Постановка задачи	Р
Выбор направления исследования	2	Обзор научно-технической литературы	С
	3	Разработка и утверждение ТЗ	Р, С
	4	Календарное планирование работ	Р, С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка модели объекта в САПР	С
	6	Проектирование и расчет роликовых конвейеров	С
	7	Проектирование и расчет ленточных конвейеров	С
	8	Проектирование и расчет конической передачи	С

Продолжение таблицы 25 – Этапы выполнения дипломной работы

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	9	Проектирование и расчет передачи винт-гайка	С
	10	Выбор необходимых компонентов	С
	11	Проектирование алгоритма работы линии	С
Оформление отчета по НИР	12	Составление пояснительной записки	С

3.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$T_{ожі} = \frac{3T_{\min} + 2T_{\max}}{5},$$

где $T_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; T_{\min} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; T_{\max} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{T_{ожi}}{Ч_i},$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.; $T_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi}k_{кал},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

где: $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

В таблице 26 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

Таблица 26– Расчет трудоемкости выполняемых работ

Номер работы	Трудоемкость работ						Исполнители	Длительность в рабочих днях		Длительность в календарных днях	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни			T_{pi}		T_{ki}	
	Р	С	Р	С	Р	С		Р	С	Р	С
1	1	-	3	-	1,8	-	Р	1,8	-	3	-
2	-	30	-	50	-	38	С	-	38	-	56
3	1	5	2	10	1,4	7	Р, С	0,7	3,5	1	5
4	1	2	2	3	1,4	2,4	Р, С	0,7	1,2	1	5
5	-	20	-	40	-	28	С	-	28	-	41
6	-	7	-	10	-	8,2	С	-	8,2	-	12
7	-	7	-	10	-	8,2	С	-	8,2	-	12
8	-	10	-	12	-	10,8	С	-	10,8	-	16
9	-	10	-	12	-	10,8	С	-	10,8	-	16
10	-	2	-	4	-	2,8	С	-	2,8	-	4
11	-	15	-	20	-	17	С	-	17	-	25
12	-	40	-	60	-	48	С	-	48	-	71
Итого:										4	263

3.5 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета разработки используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты разработки;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы.

3.5.1 Расчет материальных затрат

Данный пункт включает в себя стоимость всех ресурсов, используемых при разработке проекта.

Данная статья включает стоимость всех необходимых устройств, без которых невозможна реализация проекта. В нашем случае мы будем учитывать затраты на оборудование. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i},$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 27 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измерения	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Затраты, руб.
Квадратные трубы 50x80x3	метр	100	184	18400
Уголок	метр	40	170	6800
Двигатели асинхронные	штук	3	6415	19245
Мотор-редуктор	штук	11	2500	27500
Шаговый двигатель	штук	15	1400	21000
Пневматический пистолет	штук	2	26000	52000
Датчики присутствия препятствий	штук	5	590	2950
Датчик угла поворота	штук	15	1000	1500
Микроконтроллер	штук	6	110	660
Цепь	штук	1	250	250
Листовой металл	м ²	3	1500	4500
Шпилька	метр	15	153	2295
Пускатели	штук	4	524	2096
Итого				159196

Таблица 28 – Расчет затрат на основные средства.

Наименование	Ед.	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты Z_m , руб.	
		Р	С	Р	С	Р	С
Болгарка	Шт.	1		4599		4599	
Круги для болгарки	Шт.	8		100		800	
Сварочный аппарат	Шт.	1		6400		6400	
Электроды	5 кг	1		1200		1200	
Итого:						12999	

В случае разработки проекта автоматической линии по сборке деревянных поддонов учитываются также затраты на электроэнергию, потраченную на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot C_э,$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $C_э$ – тариф на 1 кВт·час; $t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $C_э = 5,257$ руб./квт·час (с НДС). Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера (ТРД) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} \cdot K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования. Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_c,$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт; $K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_c = 1$.

Таблица 29 – Затраты на электроэнергию

Наименование	Мощность, Вт	Время работы, час	Цена за кВт	Стоимость, руб
Болгарка	1200	300	5,26	2016
Сварочный аппарат	2500	150	5,26	1972,5
ПК	650	200	5,26	683,8
Итого:				4672,3

3.5.2 Основная заработная плата исполнителей

Основная заработная плата студента и руководителя за выполнение проекта, рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p.$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}.$$

Таблица 30 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент	Сварщик	Электрик	Токарь
Календарное число дней	365	365	365	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	119	119	119	119	119
Потери рабочего времени в днях	48	72	72	72	72

Продолжение таблицы 30 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент	Сварщик	Электрик	Токарь
М, количество месяцев работы без отпуска в течение года	10,4	9,6	9,6	9,6	9,6
F_d , действительный годовой фонд рабочего времени	198	174	174	174	174

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot k_p,$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; k_p – районный коэффициент, равный 1,3. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице.

Таблица 31 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$Z_{тс}$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	13824	1,3	30551	1654,9	4	6619,6
Студент	2206	1,3	4875,26	268,98	263	70741,7
Сварщик	15000	1,3	33150	1826	8	14608
Токарь	20000	1,3	44200	2438,6	5	12193
Электрик	19000	1,3	41990	2316,7	5	11583,5
Итого:						115745,8

3.5.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле: $Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$, где $k_{доп}$ - коэффициент дополнительной заработной платы. Примем $k_{доп}$ равным 0,14 и рассчитаем дополнительную заработную плату.

$$Z_{\text{допР}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{оснР}} = 0,14 \cdot 6619,6 = 926,74 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{допС}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{оснС}} = 0,14 \cdot 70741,7 = 9903,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{допСв}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{оснСв}} = 0,14 \cdot 14608 = 2045,12 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{допТ}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{оснТ}} = 0,14 \cdot 12193 = 1707 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{допЭ}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{оснЭ}} = 0,14 \cdot 11583,5 = 1621,7 \text{ руб}$$

$$\text{Итого: } Z_{\text{доп}} = 16204,4 \text{ руб.}$$

3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений определяется по формуле: $Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{оснС}} + Z_{\text{доп}})$, где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Таблица 32– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Руководитель	Студент	Сварщик	Токарь	Электрик
Основная заработная плата, руб.	6619,6	70741,7	14608	12193	11583,5
Дополнительная заработная плата, руб.	926,74	9903,8	2045,12	1707	1621,7
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	27,1	27,1	30	30	30
Итого:	2045	21854,93	5001	4170	3961,6

3.6 Формирование бюджета затрат проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	159196
Основные средства	12999
Затраты на электроэнергию	4672,3
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	115745,8
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16204,4
Отчисления во внебюджетные фонды	37032
Бюджет затрат НТИ	345849,5

Вывод

В результате проведения исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены показатели затрат работы. Бюджет НТИ составил 345849,5 рублей. Проанализировав результат, очевидно, что основными затратами при разработке проекта являются оснащение работников оборудованием. Стоимость аналогичного оборудования на рынке автоматизированных комплексов по сборке деревянных поддонов превышает требуемые средства на разработку проекта в несколько раз.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт	Институт Кибернетики
Направление подготовки (специальность)	Мехатроника и робототехника
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Систем управления и мехатроники
Период выполнения	(осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Студенту:

Группа	ФИО
8ЕЗ1	Григоришин Илья Сергеевич

Тема работы:

Проектирование автоматической линии по сборке деревянных поддонов	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание рабочего места на предмет возникновения вредных факторов. 2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вредные производственные факторы: <ul style="list-style-type: none"> – Производственных шум; – Вибрация; – Запылённость. 2. Опасные производственные факторы; <ul style="list-style-type: none"> – Электробезопасность. 3. Экологическая безопасность <ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействий объекта на атмосферу; – Анализ воздействия объекта на литосферу; – Анализ воздействий объекта на гидросферу; – Методы защиты. 3. Безопасность в ЧС <ul style="list-style-type: none"> – Основные неблагоприятные сценарии работы механизма; – Методы защиты. 5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности <ul style="list-style-type: none"> - Специальные правовые нормы трудового законодательства.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Невский Е.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ЕЗ1	Григоришин Илья Сергеевич		

4 Социальная ответственность

Данный раздел выпускной квалификационной работы посвящен анализу и разработки мер по обеспечению благоприятных и безопасных для работы инженера условий труда. В разделе рассматриваются такие вопросы как: производственная безопасность, эргономичность, пожарная безопасность и охрана окружающей среды.

Введение

В данном разделе дипломной работы подняты вопросы, касающиеся социальной ответственности при эксплуатации автоматической линии по сборке деревянных поддонов.

Линия представляет собой ряд устройств, осуществляющих последовательную обработку заготовленного рабочими материала, в целях получения на выходе готового продукта (поддона). Данная линия имеет возможность располагаться как на больших предприятиях, так и для частных лиц. Как и любое другое производственное оборудование, линия не исключает воздействие как вредных, так и опасных факторов, влияющих на человека, при ее работе. К вредным производственным факторам относят: производственный шум; вибрации; запыленность и другие. К опасным факторам относят: электробезопасность установки. Кроме этого, раздел будет содержать правовые вопросы регулирования трудовых отношений и ответы на них.

4.1 Вредные производственные факторы

Как было сказано выше, к основным вредным производственным факторам относят: производственный шум; вибрацию и запыленность. Рассмотрим каждый из приведенных факторов подробнее.

4.1.1 Производственный шум

Производственным шумом называют совокупность различных шумов, возникающих во время производства и неблагоприятно воздействующих на организм рабочего.

Шум является одним из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды, воздействие которого на работающих сопровождается развитием у них преждевременного утомления, снижения производительности труда, ростом общей и профессиональной заболеваемости, а также травматизма. Шум является одной из ведущих профессиональных вредностей в деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности.

Источниками шума в автоматической линии являются двигатели, приводящие в движение толкающие и транспортировочные механизмы, передачи приводов, преобразующие виды движений, компрессорное оборудование для гвоздезабивающих пневматических пистолетов, сами пистолеты и системы сигнализации об ошибках. ГОСТ 12.1.003-83 регламентирует максимальный уровень звукового давления при работе, устанавливая допустимые уровни шума на рабочих местах. Кроме этого он устанавливает общие требования к защите от шума на рабочих местах, шумовые характеристики машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования. Таким образом, уровень звукового давления на работах, требующих сосредоточенности, работах с повышенными требованиями наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, составляет 75 дБА.

Используемые на производстве двигатели не превышают номинальную мощность 1,0 кВт. ГОСТ 16921-83 регламентирует уровень шума для двигателей класса 1 (двигатели постоянного и переменного тока общепромышленного производства) номинальной мощностью до 1,1 кВт и

скоростью вращения от 900 об/мин до 1320 об/мин не выше 70 дБА, что соответствует нормам.

В случае необходимости понижения уровня шума следует воспользоваться средствами индивидуальной защиты (противошумными шлемофонами, наушниками, вкладышами), снизить шум в источнике (улучшение конструкции) и использовать средства коллективной защиты (изменение направленности излучения шума, рациональную планировку, применение звукоизоляции).

4.1.2 Вибрация

Вибрация на производстве – механическое колебание машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение. Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин.

Необходимо учитывать, что колебательные процессы являются естественными для живого организма из-за того, что они протекают в нем постоянно. Однако при воздействии на человека внешних колебаний возможно возникновение резонансных явлений во внутренних органах, вызывающих травмы, разрыв артерий, летальный исход.

Воздействие производственной вибрации на человека вызывает изменения как физиологического, так и функционального состояния организма. Изменения в функциональном состоянии организма проявляются в повышенной утомляемости, увеличении времени двигательной и зрительной реакции, нарушении вестибулярных реакций и координации движений. Изменение в физиологическом состоянии организма – в развитии нервных заболеваний, нарушении функций сердечно-сосудистой системы, нарушении функций опорно-двигательного аппарата, поражения мышечных тканей и суставов. Возникает вибрационная болезнь.

Основным документом, регламентирующим уровень вибрации на рабочих местах, является СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Данный документ содержит предельно допустимые значения колебательной скорости, колебательного ускорения и их уровней для локальной и общей вибрации в зависимости источника возникновения, направления действия.

Основными источниками вибрации на проектируемой производственной линии являются привода и толкатели. Скорость вращения приводов не превышает номинальных 1500 об/мин, что составляет 25 Гц. Исходя из этого, допустимое значение производственной локальной вибрации составляет 109 дБ.

Так как человек не чувствует в непосредственной сборке, то можно заключить, что все элементы установки удовлетворяют требованиям вибрационной безопасности.

В случае необходимости уменьшения вибраций необходимо произвести снижение вибрации в источнике (улучшение конструкций машин, статической и динамической балансировки вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, резиновых и других), применение СИЗ (использование виброзащитной обуви, перчаток, поглощающих вибрацию).

4.1.3 Запылённости

Производственная пыль – взвешенные в воздухе, медленно оседающие твёрдые частицы размерами от нескольких десятков до долей мкм. Многие виды производственной пыли представляют собой аэрозоль, то есть дисперсную систему, в которой дисперсной средой является воздух, а дисперсной фазой – твердые пылевые частицы.

При работе сборочной линии неизбежно возникают мелкая и крупная деревянная пыль, находящаяся в воздухе помещения и пагубно влияющая на

дыхательные пути человека. Длинные и мягкие пылевые частицы легко осаживаются на слизистой оболочке дыхательных путей и могут стать причиной хронических трахеитов и бронхитов. Различают специфические (пневмокониозы, аллергические заболевания) и неспецифические (хронические заболевания органов дыхания, заболевания глаз и кожи). В основном пылеобразование на линии происходит в момент заколачивания гвоздей гвоздезабивающим пистолетом, транспортировки и производстве заготовок.

Предельно допустимая концентрация пыли регламентируется гигиеническим нормативом ГН 2.1.6.695-98 и не должна превышать 0,002 мг/м³. При производстве заготовочных досок для сборки происходит процесс распила древесины. Именно это приводит к превышению ПДК пыли в 1,5 раза.

Для уменьшения влияния пыли на организм человека прибегают к внедрению непрерывных технологий с закрытым циклом, автоматизацию и дистанционное управление технологическими процессами, замена порошкообразных продуктов брикетами, пастами и другими, смачивание порошкообразных продуктов при транспортировке, применение индивидуальных средств защиты.

4.2 Опасные производственные факторы

Основным производственным фактором в процессе автоматической сборки является электробезопасность. Рассмотрим его подробнее.

Электробезопасность

Электробезопасность или электрическая безопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Основным фактором поражения электрически током является использование трехфазных асинхронных двигателей в процессе транспортировки, питающихся от трехфазного источника переменного напряжения 380В с частотой 50 Гц. Помещение относится к помещениям повышенной опасности, так как присутствует высокая запыленность помещения и большое количество металлического оборудования.

Действующие в организации электроустановки должны эксплуатироваться согласно следующим основным нормативным актам: МПОТ (ПБ) ЭЭУ - Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок; ПОТРМ-016-2001; РД 153-34.0-03.150 – 00.

Факторами опасного и вредного воздействия на человека, связанными с использованием электрической энергии, являются: протекание электрического тока через организм человека; воздействие электрической дуги; воздействие биологически активного электрического поля; воздействие биологически активного магнитного поля; воздействие электростатического поля; воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ).

Потребитель обязан обеспечить:

- Содержание электроустановок в работоспособном состоянии, их эксплуатацию в соответствии с требованиями ПТЭЭП, МПОТ ЭЭУ, ПУЭ и других;
- своевременное и качественное проведение технического обслуживания, планового ремонта, испытаний, модернизации и реконструкции электроустановок и электрооборудования;
- подбор электротехнического и электротехнологического персонала.

Электроустановки должны быть укомплектованы испытанными, готовыми к использованию защитными средствами, а также средствами оказания первой медицинской помощи в соответствии с действующими нормами и правилами.

К средствам коллективной защиты от поражения электрическим током относятся:

- Защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- применение низких напряжений;
- двойная изоляция;
- оградительные устройства;
- сигнализация, блокировки, знаки безопасности, плакаты.

К средствам индивидуальной защиты относятся: каски, очки, щитки, респираторы, рукавицы, перчатки, пояса, канаты.

Так как асинхронные двигатели переменного напряжения 380В являются частью сборочной линии, то, в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81, необходимо обеспечить защитное заземление.

В соответствии регламента ГОСТ Р 50571.10-96 заземлителем для разрабатываемого проекта могут быть: металлические стержни или трубы, металлические полосы или проволока, металлические плиты, пластины или листы, фундаментные заземлители; стальная арматура железобетона.

Полагаясь на ГОСТ 12.1.038-82, предельное допустимое напряжение прикосновения не должно превышать 65 В.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Анализ воздействий объекта на атмосферу

При распиловке рабочими заготовок для сборки поддона неизбежно появление отходов в виде опилок. Как и все виды отходов, они отрицательно влияют на окружающую среду. При высоком порыве воздушных масс возможно попадание частиц в глаза и дыхательную систему рабочих. Во избежание этого, необходимо производить периодическую очистку и утилизацию опилок, либо их переработку.

4.3.2 Анализ воздействий объекта на литосферу

Немаловажным является продуманная утилизация неисправного и устаревшего оборудования или деталей установки для исключения вреда окружающей среде. Утилизация электрооборудования производится в специализированных компаниях.

Так же необходимо производить периодический осмотр оборудования для исключения вытечки смазочных материалов и газов из-за износа прокладок, клапанов и других элементов установки. Помимо заботы об окружающей среде, тем самым, можно добиться более продолжительной и безопасной работы оборудования.

4.3.3 Анализ воздействий объекта на гидросферу

Производя технический осмотр и обслуживание, приходится выполнять замену масел во всех ответственных звеньях линии. При замене, старые масла необходимо корректно утилизировать, для избегания их попадания в грунтовые воды или водохранилища. Так же, как и с электроустановками, в таком случае, предлагается воспользоваться услугами специализированных компаний по утилизации смазочных изделий.

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В случае заклинивания одной из передач сборочной линии произойдет мгновенный рост тока, что приведет к нагреву обмоток двигателя и его возгоранию. Так как сборка поддона осуществляется из древесины, то возможно распространение пламени с двигателя на заготовки. Для избегания подобной ситуации необходимо каждый двигатель оснастить датчиком тока в обмотках и расположить на корпусе тепловое реле. В случае роста токов и нагрева обмоток, тепловое реле размыкает обмоточную цепь, а датчики тока сообщают об аварии на программируемый логический контроллер. Помимо этого, необходимо обеспечить линию устройствами пожаротушения.

Если при возникновении заклиниваний или других внештатных ситуаций, невнимательный рабочий начнет производить попытки ремонта, то при отсутствии защитных устройств, предупредительных плакатов и индикации об аварии, возможно получение тяжелых травм или даже летальный исход. Для предотвращения таких ситуаций, рядом с каждым потенциально опасным звеном должна быть расположена памятка об отключении оборудования перед ремонтом, плакаты, для информирования других работников об отказе оборудования и его ремонте, и индикационная панель о состоянии оборудования. Так же необходима установка специальных устройств защитного отключения.

Так как одним из ответственных звеньев является пневматический гвоздезабивающий пистолет, то возможна ситуация, что, по каким-либо причинам, гвозди начнут выстреливаться произвольным образом. Если, в таком случае, рядом находится человек, то есть возможность получения тяжелых травм и даже летальный исход. Решением является ограждение рабочей зоны сборочной линии, установка защитных щитов и строгий запрет пересекать ее при рабочем устройстве. Каждого работника обязать носить СИЗ, если он находится в/возле рабочей зоны.

4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулирование правовых норм осуществляется исключительно специальным государственным органом. Основные требования к работнику и работодателю описаны в трудовом кодексе Российской Федерации и в СанПиН 2.2.4.548-96.

Регламентированное время продолжительности рабочего времени не должно превышать 40 часов в неделю. В течение рабочего дня работодатель обязан предоставить работнику перерыв для отдыха и питания. Предоставляемое работнику время для отдыха и питания располагается во временном промежутке от 30 минут до 2 часов, в зависимости от работодателя.

К работе на автоматической сборочной линии не допускаются лица моложе 16 лет, а также нетрудоспособные лица (инвалиды, пенсионеры). Допуск лица к сборочной линии не предоставляется до его прохождения специального обучения и всех необходимых инструктажей.

К органам, регулирующим правовые нормы сотрудников и осуществляющим контроль рабочего места, относятся:

- Федеральная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условия труда;
- Федеральная служба по труду и занятости населения;
- Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителя и благополучия человека.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы была разработана структура сборочного комплекса. Для точного позиционирования ответственных частей устройства был проведен расчет передач винт-гайка, а также выбраны двигатели, используемые с ней.

Кроме того, были рассчитаны роликовые конвейеры, выбраны для них два типа передачи, а именно: связка из трансмиссионного вала – конической передачи – АД и мотор-редуктора. Также были рассчитаны ленточные конвейеры, выбраны для них мотор-редуктора.

Был разработан алгоритм работы комплекса и по нему выбраны логические контроллеры, удовлетворяющие требованиям. Также была произведена разработка алгоритмов процедур, используемых в главном алгоритме работы комплекса.

По полученным расчетам и блок-схемам были выбраны необходимые датчики (датчики присутствия препятствия для конвейеров и датчики угла поворота для ШД) и забивочное оборудование (пневмопистолеты).

Наконец, была подробно рассмотрена система управления шаговым двигателем, составлен и реализован на языке С алгоритм управления, построена схема электрическая принципиальная подключения.

Список использованных источников

1. Проектирование ленточного конвейера. Методические указания для студентов специальности 190205 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / А.В. Тарнопольский, Н.Е. Курносков, Л.П. Корнилаева, Ю.К. Измайлов – Пенза : ПензГУ, 2009. – 60 с.
2. Иванов А.С., Муркин С.В. Конструирование современных мотор-редукторов: Электронное учебное издание. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. 147 с., табл. 9, ил. 71. библиогр. 40 назв.
3. Лукьянов А.С., Стародубцева С.А. Расчет конических зубчатых передач с прямыми и круговыми зубьями. Методическое указание. –М.: Изд-во МГТУ «МАМИ». 2001. – 29 с.
4. ПЕРЕДАЧА ВИНТ – ГАЙКА: учебное пособие / сост. В. О. Варганов, М.В. Аввакумов, М. В. Колычев, В.М. Гребенникова, В. А. Романов. СПбГТУРП. – СПб., 2015. – 57 с.
5. Расчет мощности привода роликов нового отводящего рольганга. / Б.Н. Абсадыков. –М.: Изд-во КБТУ. 2008. – 8 с.
6. Конструкции и расчет рольгангов прокатных станов: методическое пособие / сост. Петров И.Н., Вольф В.Ф. –М.: Изд-во: Уральский ордена трудового красного креста знамени политехнический институт. – Свердловск, 1967, - 36 с.
7. ГОСТ 9557-87 Поддон плоский деревянный размером 800 x 1200 мм.
8. Электродвигатели [Текст]: учеб. пособие / Бычков Е. В. [и др.]. – Ухта : УГТУ, 2010. – 84 с.: ил.
9. С/С++. Процедурное программирование. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 448 с.: ил. – (Внесерийная).
10. Совершенные датчики. Справочник. – Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.

11. Парр Э. Программируемые контроллеры: руководство для инженера / Э. Парр; пер. 3-го англ. Изд. – М: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 616 с.: ил.

12. ГОСТ 19.701-90. ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.

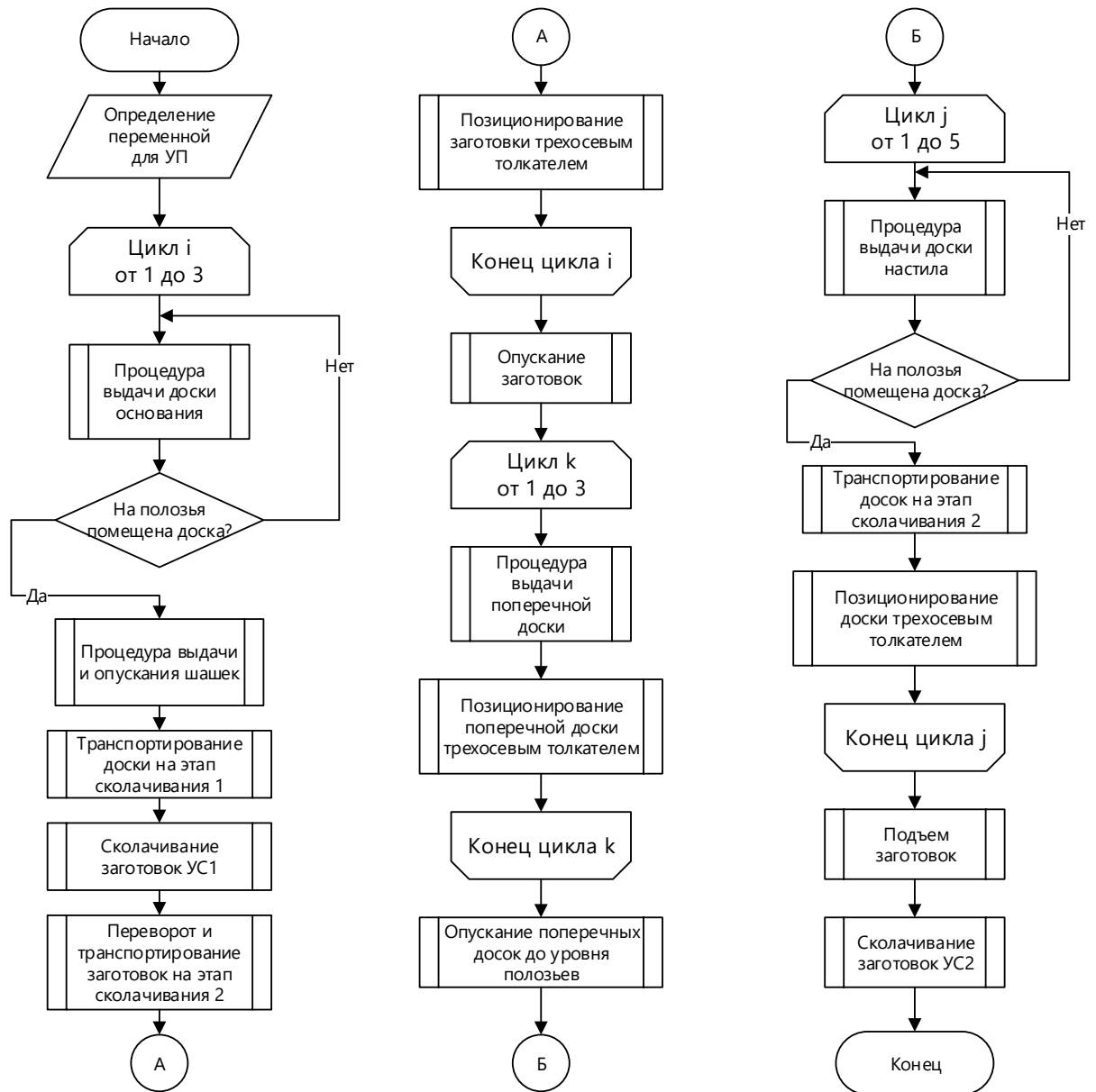
13. ГОСТ 2.109-73 ЕСКД. Основные требования к чертежам.

14. ГОСТ 10177-82. Основные нормы взаимозаменяемости.

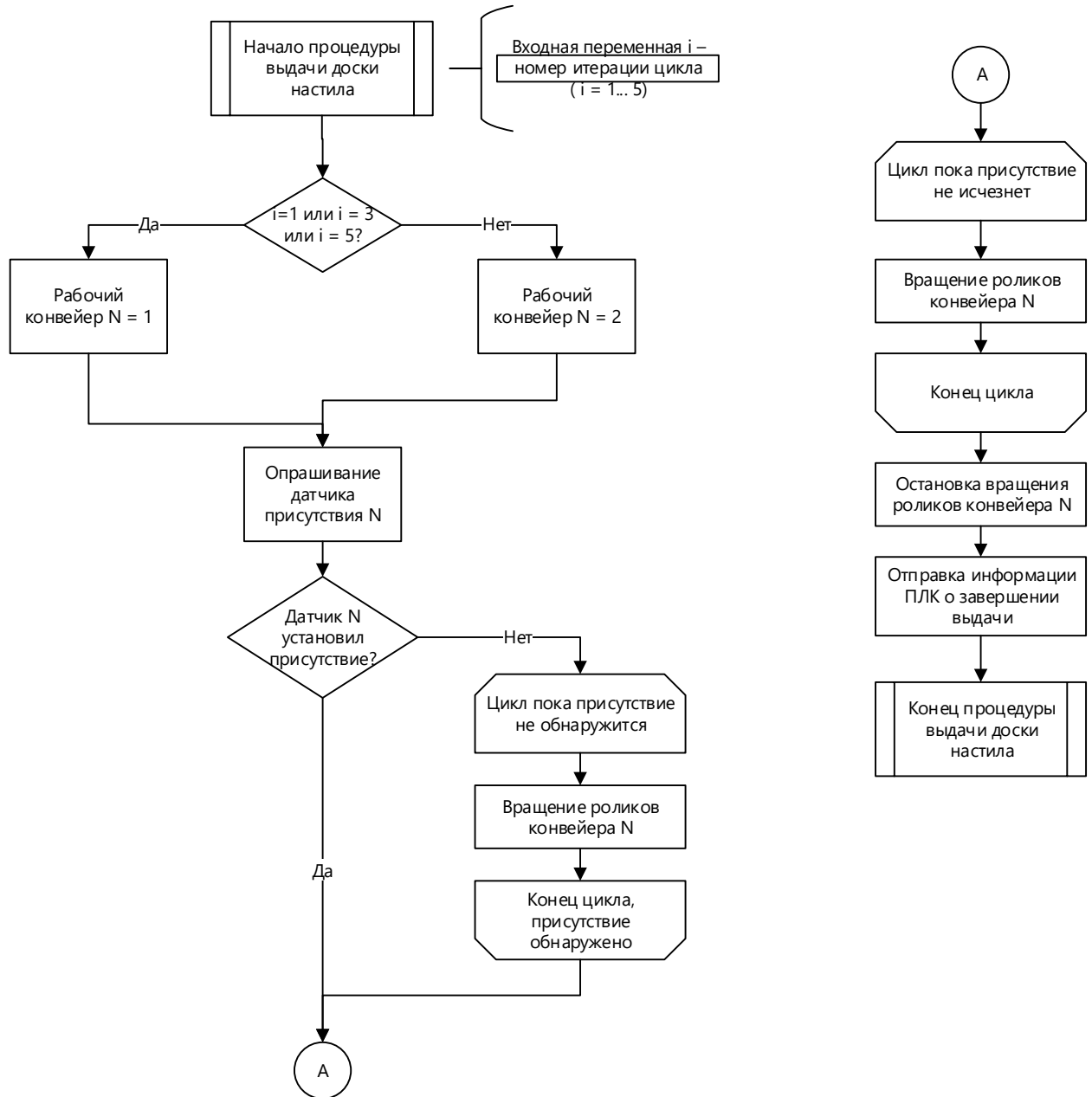
15. ГОСТ 22644-77 (СТ СЭ 1333-78). Конвейеры ленточные. Основные параметры и размеры.

Приложение А. Блок-схемы алгоритмов

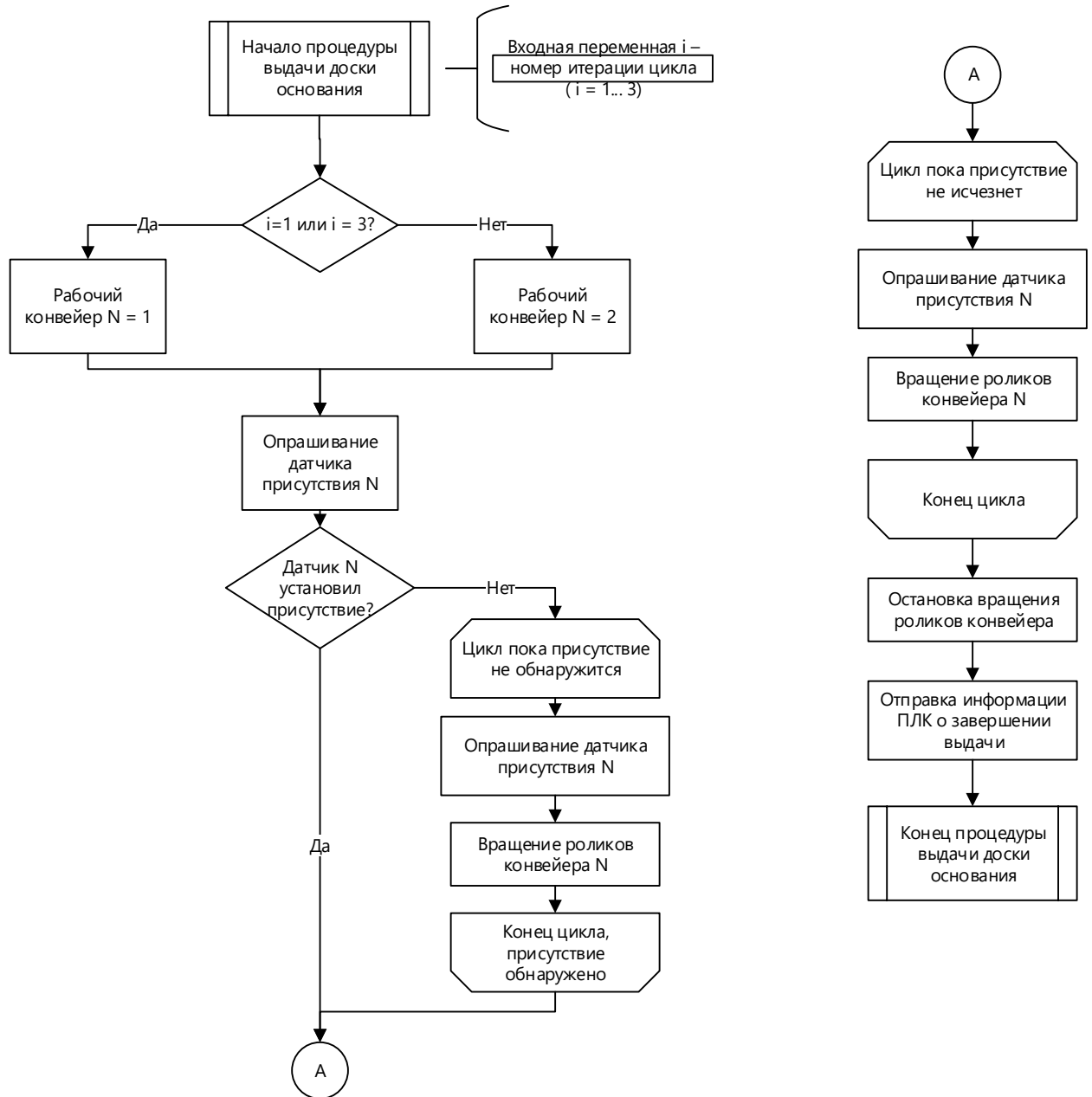
Блок схема основной функции логического контролера верхнего уровня



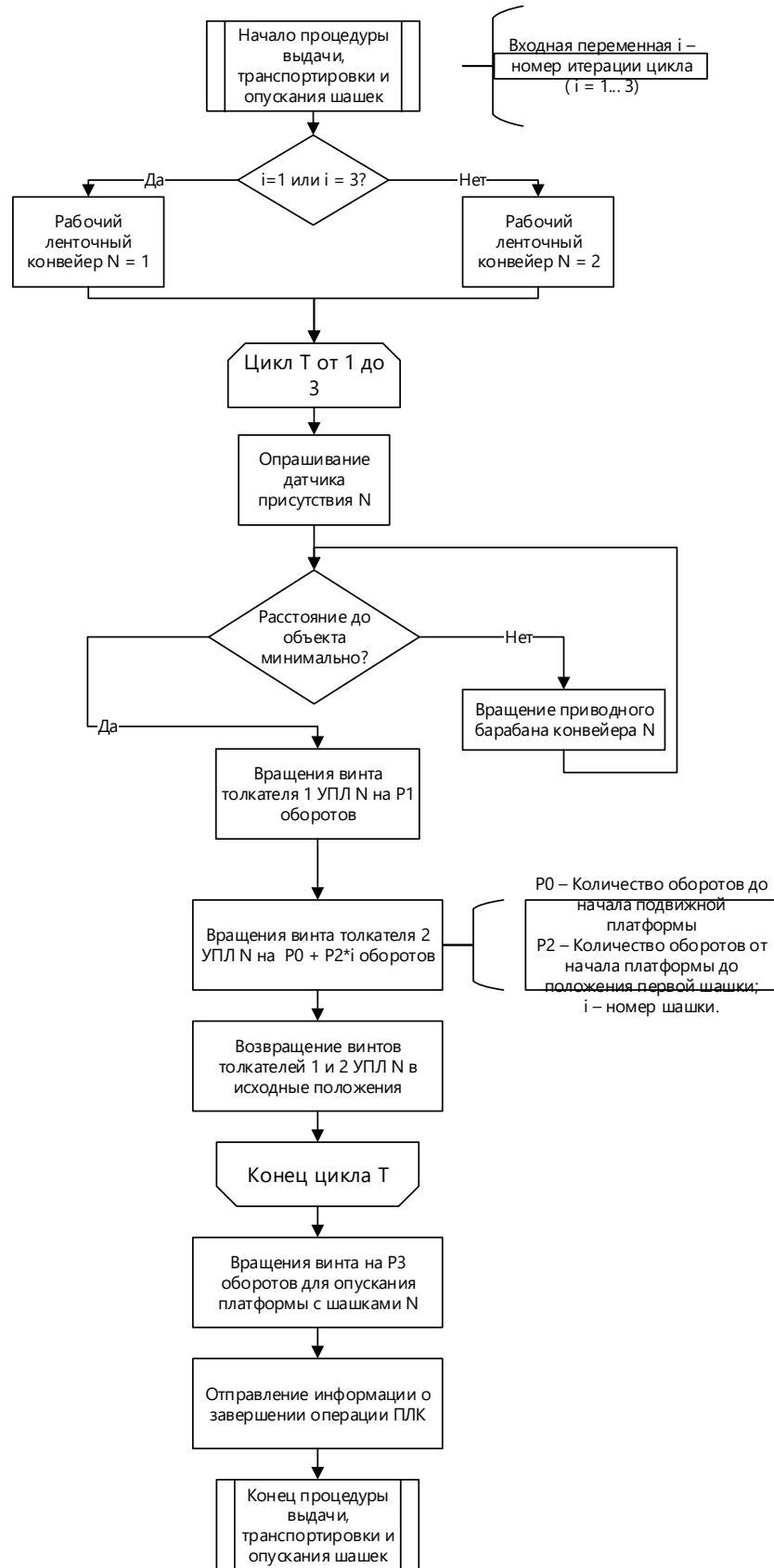
Процедура выдачи досок настила



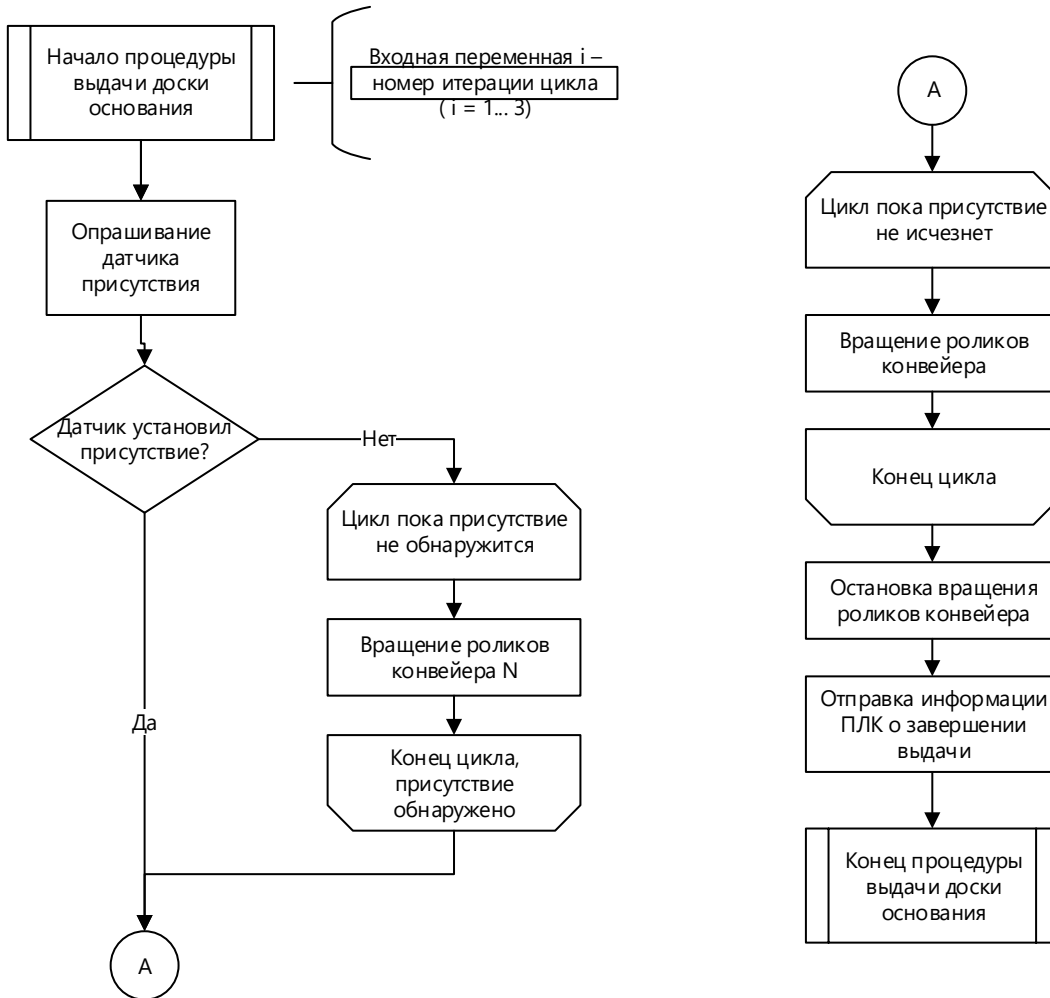
Процедура выдачи доски основания



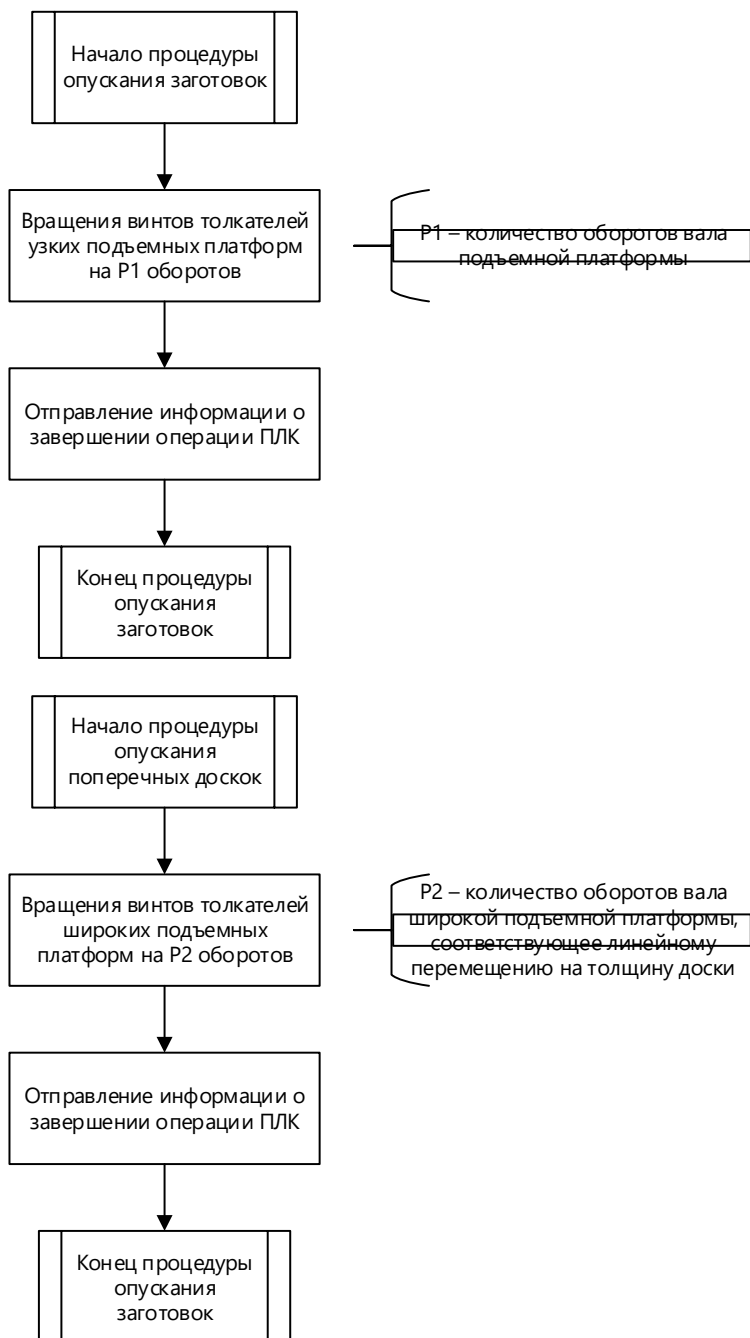
Процедура выдачи, транспортирования и опускания шашки



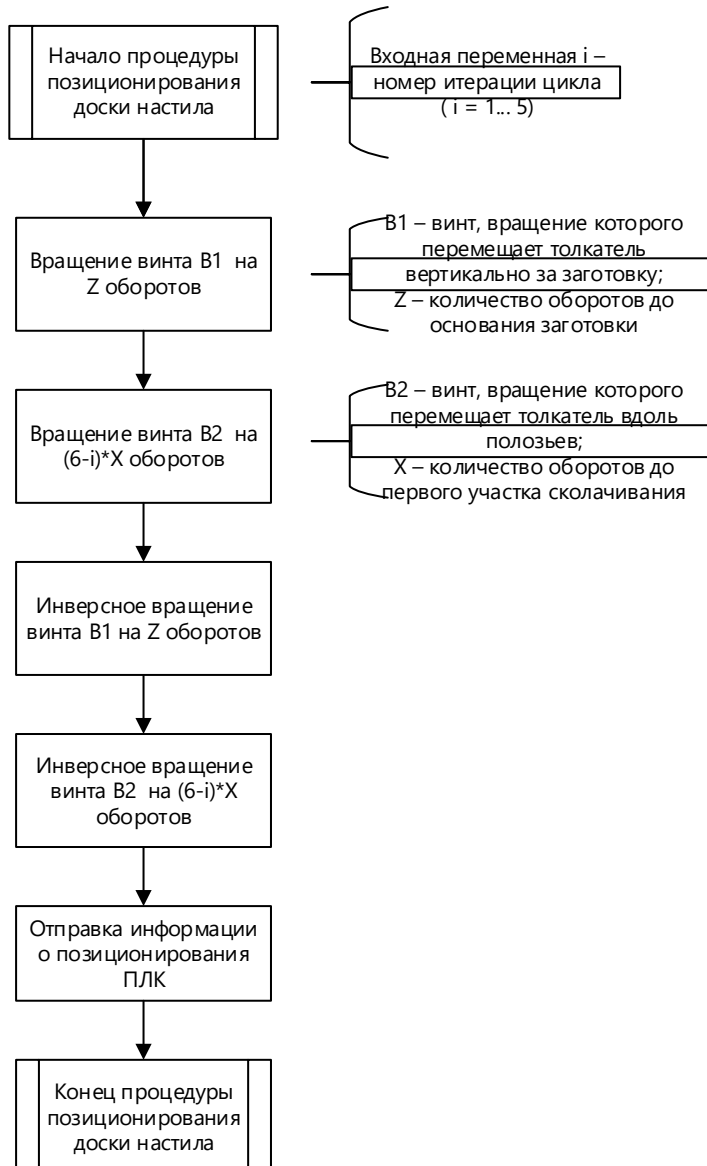
Процедура выдачи поперечной доски



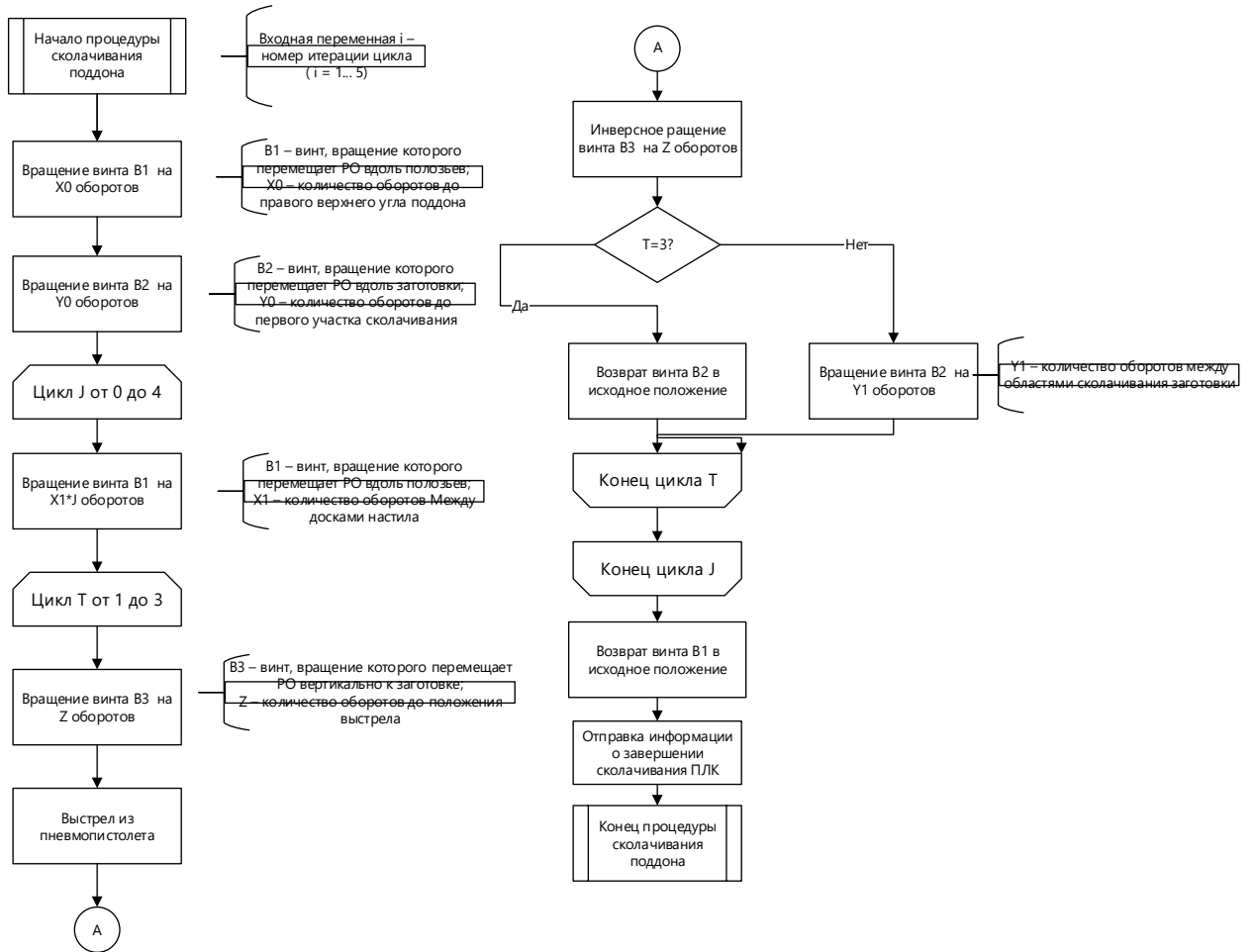
Процедуры опускания заготовок и поперечных досок



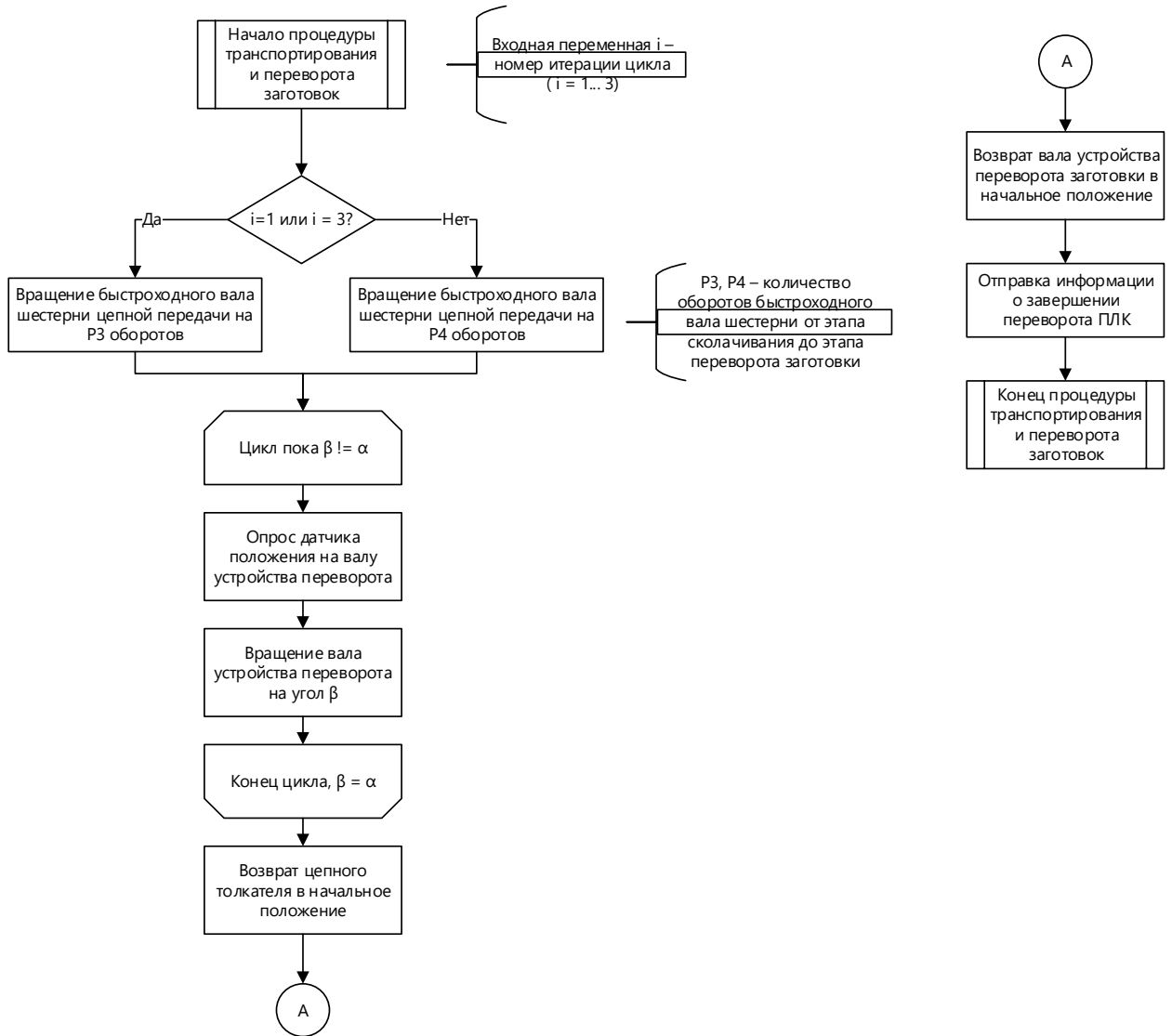
Процедура позиционирования



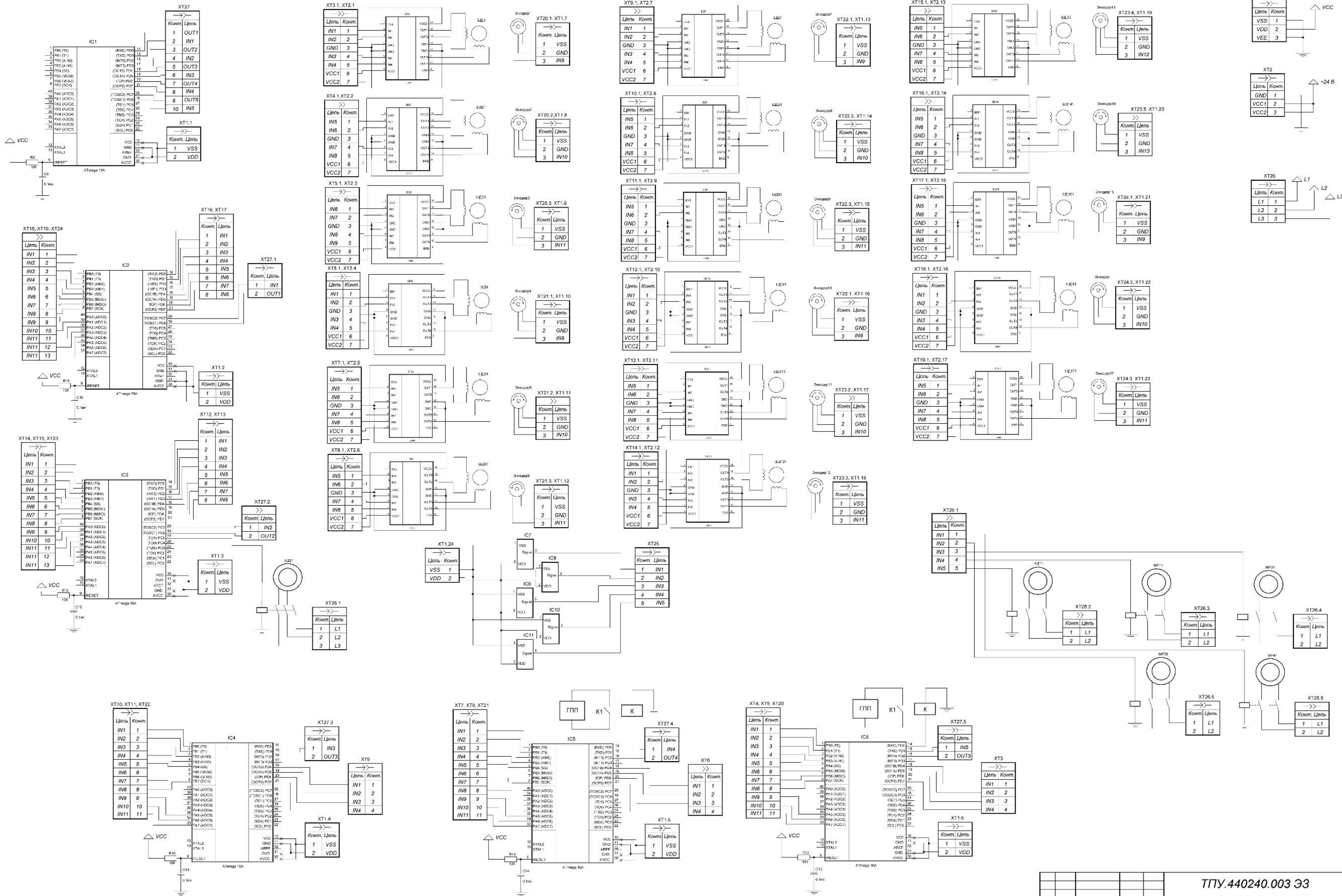
Процедура сколачивания



Процедура транспортировки



Приложение Б. Схема электрическая принципиальная комплекса



Лист 1 из 1
 Дата: 10.10.2010
 Имя файла: ТТУ.440240.003 ЭЗ
 Имя пользователя: Илья Юрьевич
 Стр. №: 1
 Лист: 1 из 1

ТТУ.440240.003 ЭЗ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
Разраб.		Григорьев И.С.				
Провер.		Лосюк С.В.				
Т. контр.						
Реценз.						
Н. контр.						
Утверд.						
Схема электрическая принципиальная автоматизированного комплекса				Лист	Листов	
				ТТУ ИК Каф. СУМ	Группа	8Е31

Приложение В. Листинг программы управления шаговым двигателем

```

1. #define F_CPU 8000000UL // рабочая частот
2. #include <avr/io.h>
3. #include <util/delay.h>
4. #include "UART.h"
5. #include "LCD.h"
6. #include <avr/interrupt.h>
7.
8. #define delay 50
9.
10. int goal_angle = 0;
11. int last_angle = -1;
12. int angle = 0;
13.
14. int state_array[4] = {0b00000011, 0b00000110, 0b00001100, 0b00001001};
15. int last_state = 0;
16. int last_goal = 0;
17. int first = 0;
18. int N;
19. goal_angle = 360*N;
20. void set_angle (int ang)
21. {
22.     if (angle < ang)
23.     {
24.         if (first == 1)
25.         {
26.             if (ang > last_goal)
27.             {
28.                 if (last_state == 3) last_state = 0;
29.                 else last_state++;
30.             }
31.             else
32.             {
33.                 if (last_state == 0) last_state = 3;
34.                 else last_state--;
35.             }
36.             first = 0;
37.         }
38.
39.         for (int i = last_state; i < 4; i++)
40.         {
41.             PORTB = state_array[i];
42.             angle++;
43.             if (angle >= ang)
44.             {
45.                 last_state = i;
46.                 last_goal = ang;
47.                 first = 1;
48.                 return;
49.             }
50.             last_state = 0;
51.             _delay_ms(delay);
52.         }
53.     }
54.
55.     if (angle > ang)
56.     {
57.         if (first == 1)
58.         {
59.             if (ang > last_goal)
60.             {
61.                 if (last_state == 3) last_state = 0;
62.                 else last_state++;
63.             }
64.             else

```

```

65.         {
66.             if (last_state == 0) last_state = 3;
67.             else last_state--;
68.         }
69.     first = 0;
70. }
71.
72.     for (int i = last_state; i >= 0; i--)
73.     {
74.
75.         PORTB = state_array[i];
76.         angle--;
77.         if (angle <= ang)
78.         {
79.             last_state = i;
80.             last_goal = ang;
81.             first = 1;
82.             return;
83.         }
84.         else last_state = 3;
85.         _delay_ms(delay);
86.     }
87. }
88. }
89.
90. int main(void)
91. {
92.     set_angle(goal_angle);
93. }

```


Приложение Г. Таблицы результатов проектирования

Таблица результатов проектирования ленточных конвейеров

Исходные данные	Толщина ленты, мм	Ширина ленты, мм	Размер роликов		Барабаны		Мощность, Вт	Момент, Н*м	Двигатель
			D, мм	L, мм	D, мм	L, мм			
Груз - шашки деревянные; насыпная плотность 0,66 т/м ³ ; коэффициент трения $k_{\pi} = 0,8$; длина конвейера $l_k = 1,8$ м; схема трассы - прамолинейная.	6	295	63	400	320; 400	395	52	0,358	Мотор-редуктор P = 60 Вт n = 1200 об/мин
Груз - доски поперечные; насыпная плотность 0,66 т/м ³ ; коэффициент трения $k_{\pi} = 0,8$; длина конвейера $l_k = 1,8$ м; схема трассы - прамолинейная.	6	975	89	950	320; 400	1075	145	1,151	Мотор-редуктор P = 180 Вт n = 1250 об/мин

Таблица результатов проектирования роликовых конвейеров

Исходные данные	Момент статический, Н*м	Момент динамич., Н*м	Момент ролика, Н*м	Мощность, Вт	n, мин ⁻³	Общий		Двигатель	
						Момент, Н*м	Мощность, Вт	АД	М-Р
Груз - доски настила, основания; насыпная плотность 0,66 т/м ³ ; коэффициент трения при буксовании $k_6 = 0,35$; длина конвейера $l_k = 2,8$ м.	1,486	0,07	1,556	46,69	286	14	420	АД Р = 550 Вт М = 7,84 n = 670 об/мин	Мотор-редуктор Р = 60 Вт n = 1200 об/мин

Таблица результатов проектирования конической передачи

Исходные данные	Внешний и средний делительный диаметр, мм		Число зубьев		Ширина зубчатого венца, мм	Конусные расстояния, мм		Средний нормальный модуль, мм	Результ. передаточное отношение
	Колеса	Шестерни	Колеса	Шестерни		Внешнее	Среднее		
Тип передачи - закрытая с круговыми зубьями; межосевой угол - 90°; передаточное число - 2,3; момент на колесе T2 = 14 Н*м.	80; 70	35; 32	32	14	13	44	37	1,756	2,286

Таблица результатов проектирования передач винт-гайка

Исходные данные	Винт				Гайка			Момент, Н*м	Шаговый двигатель
	Средний диаметр резьбы, мм	Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Шаг, мм	Высота гайки, мм	Наружный диаметр, мм	Диаметр бурта гайки, мм		
Звено подъема пневмопистолета (ЗПП), F = 100 Н.	8,093	9,026	8,16	1,25	10,831	9,2	9,4	0,257	PL35H45-M5 Момент - 2,5 кгс*см
ЗПП + звено перемещения вдоль ползьев (ЗПВП), F = 200 Н.	11,445	11,513	11,08	0,75	13,8	11,8	12	0,472	PL42H48-D5 Момент - 5,5 кгс*см
ЗПП+ЗПВП+звено перемещения вдоль заготовок, F = 300 Н	14,017	14,026	13,16	1,5	16,8	14,4	14,6	1	PL57HM26 Момент - 12,6
Звено трехосевого двухзвенного толкателя, F = 80 Н	3,619	7	5,773	1	7	6	6,5	0,134	PL35H45-M5 Момент - 2,5 кгс*см
Подъемная платформа трехосевого двухзвенного толкателя, F = 220 Н	12,004	11,675	11,387	0,5	14	12	12,2	0,653	PL42H58-D5 Момент - 8 кгс*см

Таблица результатов проектирования передач винт-гайка

Исходные данные	Винт				Гайка			Момент, Н*м	Шаговый двигатель
	Средний диаметр резьбы, мм	Наружный диаметр, мм	Внутренний диаметр, мм	Шаг, мм	Высота гайки, мм	Наружный диаметр, мм	Диаметр бурта гайки, мм		
Подъемная платформа (этап 1), F = 90 Н.	7,678	7,676	7,387	0,5	9,2	7,8	8	0,142	PL35H45-M5 Момент - 2,5 кгс*см
Узкая подъемная платформа (этап 2), F = 500 Н.	18,1	18,376	16,9	2,5	22	18,8	19	2,392	PL57H110-D8 Момент - 28
Широкая подъемная платформа (этап 2), F = 140 Н.	9,576	9,513	9,08	0,75	11,4	9,75	9,9	0,287	PL42H48-M5 Момент - 5,5 кгс*см
Толкатель шашки, F = 40 Н.	5,118	5,175	4,887	0,5	6,2	5,3	5,4	0,048	PL20H51-D5 Момент - 0,9 кгс*см