

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2021 г.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА ДЦ 12×3

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности

доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2021 г.

Руководитель работы

доцент

_____ В.М. Сандалов
_____ 2021 г.

Экономическая часть

доцент

_____ В.М. Сандалов
_____ 2021 г.

Автор работы

студент группы ФТТ-533

_____ М.В. Чугунов
_____ 2021 г.

Нормоконтролер

ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев
_____ 2021 г.

Златоуст 2021

АННОТАЦИЯ

Чугунов М.В. Разработка электрооборудования
 деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3. -
 Златоуст: Филиал ЮУрГУ в г. Златоусте, кафедра
 ЭАПП, 63 с. 19 илл. Библ. список 17 наим., 8 л. черт.
 ф.А1.

В настоящем выпускной квалификационной работе произведена разработка электрооборудования для деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.

Разработана структурная и функциональная схема системы ЧПУ ДЦ 12×3. Выбрано электрооборудование для работы системы ЧПУ деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.

Построен сетевой график монтажа деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3, и рассчитана длительность цикла подготовки производства монтажа ДЦ 12×3.

В разделе безопасность жизнедеятельности разработаны мероприятия по обеспечению безопасного выполнения работ на деревообрабатывающем центре ДЦ 12×3, организовано рабочее место оператора деревообрабатывающего центра.

Рассмотрены вопросы экологической безопасности в деревообрабатывающей промышленности и мероприятия направленные на обеспечение безопасности персонала при угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций.

Материалы работы планируются к внедрению в фирме ООО «Стройкомплект ПМК».

					13.03.02.2021.352.00.00 ПЗ ВКР			
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Разработка электрооборудования деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3. Пояснительная записка.	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Чугунов М.В.				Д	4	63
Провер.		Сандалов В.М.						
Т. Контр.		Сергеев Ю.С.				Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте		
Н. Контр.		Терентьев О.В.				Кафедра ЭАПП		
Утвержд.		Сергеев Ю.С.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
1.1 Портальный деревообрабатывающий центр	8
1.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных ДЦ	10
2 КОМПЛЕКТАЦИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА ДЦ 12×3	14
2.1 Электрооборудование деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.....	14
2.2 Комплектация деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3	15
3 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА РАЗРАБОТКИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕТРА ДЦ 12×3.....	18
3.1 Структурная схема деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3	18
3.2 Исполнительные элементы и датчики ДЦ 12×3.....	21
4 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ	25
4.1 Расчет режимов резания	25
4.2 Выбор оборудования для ДЦ 12×3	29
5 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В ПРОГРАММЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	36
6 ПЛАНИРОВАНИЕ МОНТАЖНЫХ РАБОТ	42
6.1 Сетевой график.....	42
6.2 Определение затрат на разработку деревообрабатывающего центра...	45
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	49
7.1 Краткое описание рабочего места оператора деревообрабатывающего центра	49
7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов	49
7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды.....	51
7.4 Охрана труда	53
7.5 Правила работы на ДЦ 12×3.....	56
7.6 Эргономика и производственная эстетика.....	57
7.7 Противопожарная и взрывобезопасность	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	63

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

Деревообрабатывающую отрасль нашей страны представляют различные комбинаты, которые занимаются обработкой древесины, а также ее механической или химической переработкой. Древесина является исходным сырьем для выпуска разнообразных изделий составляющих более двадцати тысяч наименований.

Современное деревообрабатывающее производство - это скорость выполнения заказов при сохранении высокого качества обработки. Поэтому многие современные компании делают выбор в пользу пусть и очень дорогих, но многофункциональных обрабатывающих центров с ЧПУ.

Фирма ООО «Стройкомплект ПКК», занимающаяся изготовлением клееных деревянных конструкций, собирается расширить свое производство для этого ей нужно разработать и запустить порталный станок с ЧПУ с рабочим полем 3×12 метров, толщиной обрабатываемых заготовок до 200 мм.

Деревообрабатывающие центры представляет собой специализированную рабочую машину, которая органично взаимосвязана с вычислительным устройством, работающим в реальном времени.

Преимущества деревообрабатывающих центров они дают возможность выполнения сложных движений за счет управления перемещением по нескольким координатам и абстрактный и однозначный характер информации, позволяющий автоматизировать процесс программирования с применением вычислительного устройства, а также автоматизировать в комплексе цепь: проектирование-программирование-производство.

Деревообрабатывающие центры относятся к оборудованию непрерывного цикла и достаточно быстро совершенствуются, они способны выполнять всю гамму традиционных производственных операций: прямолинейный и криволинейный раскрой, сверление, пазование под различными углами, объемно-фасонное, конечное, прямолинейное и контурное фрезерование, точение, растачивание, шлифование, колировка и др.

Благодаря применению деревообрабатывающих центров можно обеспечить гибкость технологии деревообработки и сократить машинное время. Деревообрабатывающие центры позволяют выпускать изделия широкой номенклатуры, с помощью них можно достаточно быстро перенастроить оборудование на обработку другого изделия, для чего используются устройства быстрого позиционирования инструмента, применяется блочный инструмент постоянного диаметра и другие технические решения. Используя деревообрабатывающий центр получаешь экономию затрат времени в сравнении с общепринятыми станками, которая составляет свыше 20% при обработке мелких деталей и более 30% при обработке крупных деталей.

Деревообрабатывающие центры в основном применяются в серийном производстве. Оборудованию в таком производстве должно соответствовать следующим требованиям: скорость, точность, а главное – жесткость. Модели со стальной конструкцией наиболее применимы на сегодняшний день.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Целью выпускной квалификационной работы является повысить производительность деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать комплектацию деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3;
- разработать функциональную схему деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3;
- рассчитать режимы резания и выбрать электропривода;
- разработать математическую модель в программе динамического моделирования;
- составить график планирования монтажных работ, рассчитать себестоимость деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3;
- рассмотреть вопросы безопасности жизнедеятельности.

Объект: деревообрабатывающий центр ДЦ 12×3.

Предмет: электрооборудование деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.

1.1 Портальный деревообрабатывающий центр

Промышленный деревообрабатывающий центр рисунок 1 – это универсальный многофункциональный автоматический станок, который в состоянии за один цикл последовательно выполнять разнообразные операции, связанные с обработкой древесины, включая замену инструментов, материалов и многое другое. Все промежуточные перенастройки включены в управляющую программу и не требуют вмешательства оператора и остановки рабочего процесса. Подобные механизированные комплексы объединяют в себе фрезерное, сверлильное, токарное, распиловочное и прочее оборудование, используемое в производстве (далее ДЦ) [4].

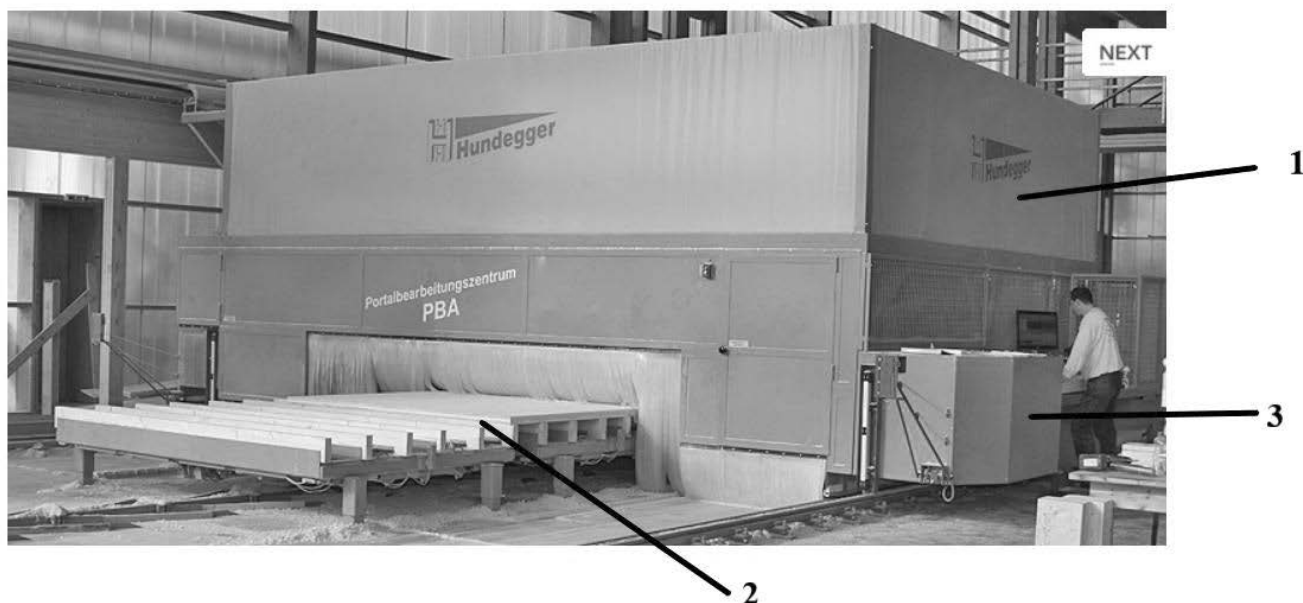


Рисунок 1 – Деревообрабатывающий центр Hundegger PBA:
1 - портал; 2- рабочий стол; 3- пульт оператора.

В отличие от станков, которые за одну программу выполняют максимум 3-5 технологических операций, деревообрабатывающие центры могут изготавливать полностью готовые к сборке заготовки. Элементы выпиливаются, фрезеруются, оснащаются необходимыми пазами и отверстиями.

Деревообрабатывающие центры промышленного типа могут работать по 5-7 осям, имеют инструментальные магазины с различным числом инструментов, мощные шпиндели с высокоточными подшипниками и манипуляторы для перемещения листового материала, бруса и заготовок. Станина таких комплексов сварена из толстостенных труб прямоугольного сечения для гарантии жесткости,

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

демпфирования вибраций и устойчивости к физическим нагрузкам, сохранение прецизионных параметров обработки на любых скоростных режимах [4].

Рабочие столы деревообрабатывающих центров, оснащённые системой упоров для установки и крепления заготовки, располагаются на станине. Деталь для обработки крепится как вакуумным (пневматическим), так и механическим способом. Консоль перемещается по оси X над столом по системе направляющих, она бывает Г- и П-образная. На консоли устанавливается суппорт. Он движется по оси Y. В зависимости от задачи суппорт оснащается электрошпинделями либо сверлильной группой с узлом для пазования, пиления. Движение этих агрегатов происходит по оси Z поперечно. У некоторых моделей по осям Y и Z перемещается сам рабочий стол. Смена рабочего инструмента во время работы происходит автоматически практически молниеносно при помощи специальных магазинов. На компьютере задают нужную программу для обработки детали. Компьютер устанавливается на сам центр или на отдельную выносную стойку в зависимости от модели центра.

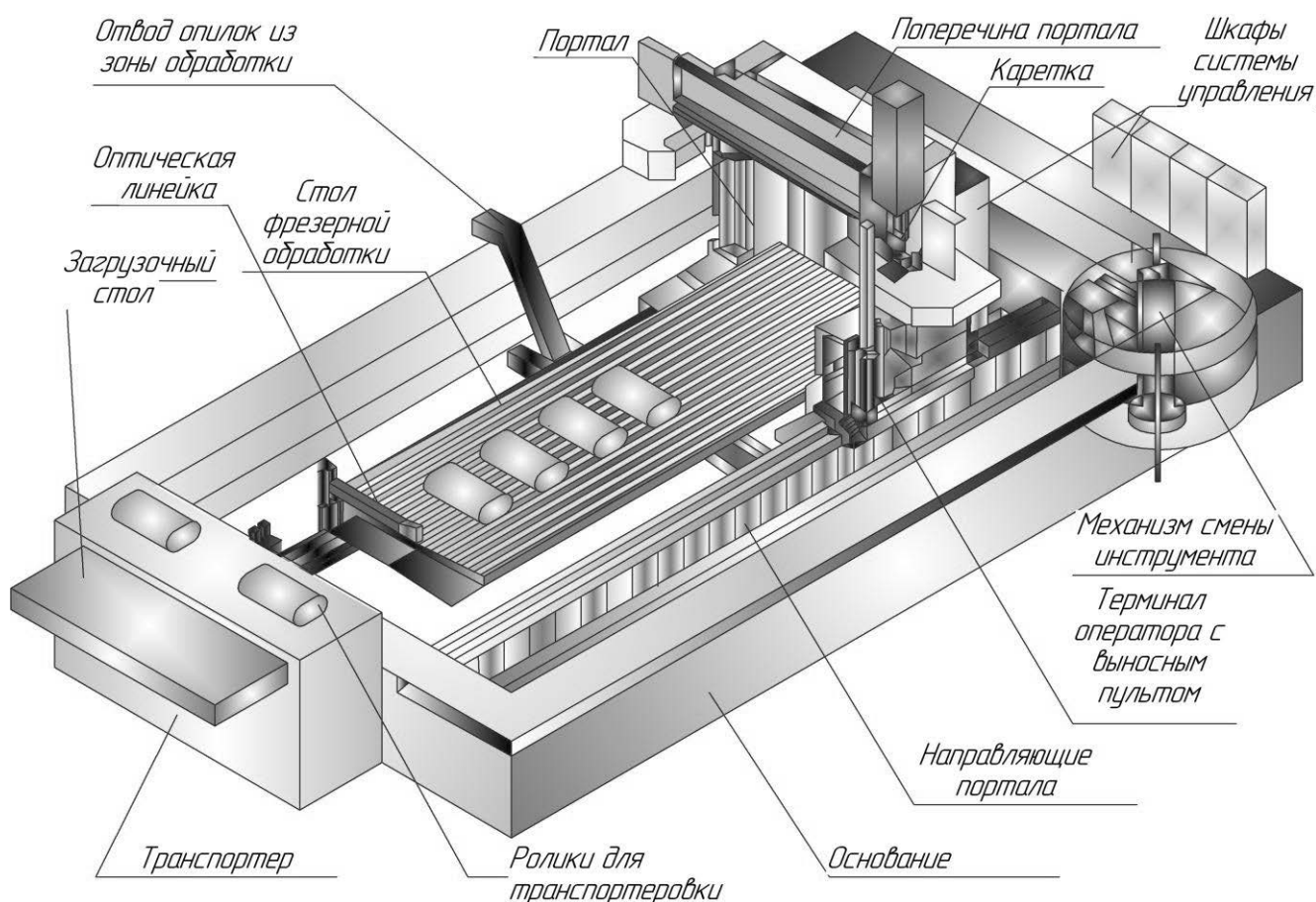


Рисунок 2 – Конструктивно-компоновочная схема ДЦ

Портальные ДЦ состоят из корпусных элементов:

- станины;
- стойки;

- специальной бабки;
- стола.

Современные деревообрабатывающие центры способны выполнять всю гамму традиционных производственных операций: прямолинейный и криволинейный раскрой, сверление, пазование под различными углами, объемно-фасонное, конечное, прямолинейное и контурное фрезерование, точение, растачивание, шлифование, полировка и др.

Деревообрабатывающие центры с ЧПУ используются для выпуска широкого ассортимента изделий как из натурального массива, так и других материалов: МДФ, плит OSV, ДСП и пр.

ДЦ предназначены для обработки крупногабаритных деталей в различных отраслях промышленности.

Для изготовления основных деталей деревообрабатывающего центра в основном используют прочный чугун, характеризующийся высокой степенью жесткости и виброустойчивости.

Деревообрабатывающие центры с ЧПУ делятся по различным техническим характеристикам и признакам:

1. По конструктивным признакам:

- количество одновременно обрабатываемых деталей;
- количество одновременно обрабатываемых сторон заготовки;
- количество позиций обработки и пр.

2. Конструктивная зрелость ДЦ с ЧПУ:

- возможность установки двух и более агрегатов: обработка, облицовка и тому подобное;
- разнотипность столов: консольный, сплошной, монтажный;
- точность позиционирования и обработки;
- частота вращения шпинделя;
- мощность вакуумной установки;
- объем рабочего пространства;
- универсальность и мобильность.

3. Система ЧПУ:

- позиционная, контурная, комбинированная;
- автономные системы CNC (Computer Numerical Control) для управления одним центром и систему DNC (Direct Numerical Control) для коллективного управления ДЦ.

Рынок деревообрабатывающего оборудования с ЧПУ быстро расширяется. Однако ведущих производителей, качество техники которых держится на стабильно высоком уровне, чуть больше десятка.

1.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных ДЦ

Проектированием и изготовлением обрабатывающих центров заняты ряд фирм:

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

- Германия - Reichebacher, Homag, Макао, Eima, SCHEER, Weeke и другие;
- Италия - Busellato, SCM, CMS, VALERI ELIO и другие;
- Япония Shoda и другие;
- США - Thermwood и другие;
- Англия Wadkin и другие.

Reichebacher занимается выпуском узкопрофильных обрабатывающих центров, ДЦ оснащаются компонентами только для решения определенных задач. Модели комплектуются модулями для фрезерования, сверления, пиления, шлифования. Центры способны работать по девяти осям.

RANC 230 AMC, рабочие шпиндели (от 1 до 3) управляются приводом мощностью 7,5 кВт. Скорость работы инструмента до 18000 оборотов. Имеется магазин на 24 инструмента. Размер стола для крепления деталей: 3250×1500 мм. Подача изделия осуществляется со скоростью 30 м/мин. Обрабатывающий центр можно использовать для изготовления элементов отделки зданий, дверей, окон, деталей шкафов. А для придания трехмерного объема есть возможность до установить специальные рабочие головки на карданных опорах.

Аппараты фирмы Макао подходят для высокоточной фрезерной обработки при изготовлении мебели или столярных изделий. Обрабатывающие центры серии HC, ZBF и другие выполнены в консольном исполнении. Имеют как стационарную, так и перемещаемую основу. Выполняют операции фрезерования, пиления, сверления, обработку кромок различными инструментами. На модели HC 55 можно обрабатывать детали для внутридомовых лестниц и дверей. А вот установка ZBF 350 разработана для работы с массивной древесиной. Например, при производстве дверных блоков. Магазин этой модели рассчитан на 30 инструментов [5].

Портальные обрабатывающие центры немецкой фирмы Hundegger позволяют рационально и точно обрабатывать большие детали, например, стенные, потолочные и кровельные элементы, обеспечивают обработку различных материалов, таких как массивная древесина, клееный брус, клееная древесина, многослойные плиты и сэндвич-элементы.

Hundegger PBA выполняют продольную и косую распиловку или косую врубку, фрезерование отверстия любой формы и размера, просверливание глухих или сквозных отверстий. Центр можно оснащать различными инструментами, такими как концевые конические фрезы для обработки соединений типа «ласточкин хвост», фасонные, дисковые или профильные фрезы, а произвольное программирование проходов всех инструментов обеспечивает максимально разнообразные возможности обработки. Рабочая зона станка делится таким образом, чтобы оператор мог загружать заготовки с одного конца портала, а автоматическая обработка детали выполнялась на другой стороне. Благодаря специальным опорным столам и конструкции зажимать заготовку не требуется. Дополнительное преимущество для операторов заключается в том, что интегрированный в программное обеспечение интерфейс позволяет загружать данные обработки из различных программ САПР. Оператор станка может также вводить или изменять любые процес-

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

сы обработки прямо на станке. В его распоряжении имеется интуитивно понятный графический пользовательский интерфейс [17].

Итальянская компания SCM GROUP разработала новое поколение аппаратов с ЧПУ с индексом PRIZMA. Это мощные 5-координатные установки, легко управляются с массивом древесины и способны создавать сложные трехмерные образцы. 5-осевой фрезерный агрегат PRISMA способен одновременно перемещаться в трех координатах с одновременным вращением на 360 и 600 градусов в горизонтальной и вертикальной плоскости соответственно, что позволяет инструменту обрабатывать сферические поверхности. Этим аппаратом оснащаются центры Morbidelli, SCM, Routech, входящими в состав SCM GROUP.

Фирмой Weeke разработан обрабатывающий центр ВР 165 с компьютерным управлением по 8 осям, что позволяет выполнять операции с деталями сложной геометрической формы. Предусмотрено также адаптирован фрезерный шпиндель с интегрированной С-осью.

Фирмой "Evers Partner" разработан обрабатывающий центр для выполнения соединения на гвоздях и шурупах с съемочными и штабельными устройствами.

Фирмой "Rautec" применен трёхгранный призматический стол, на гранях которого крепятся детали обрабатываемых модель Protos. Съем обработанной детали, и установка новой осуществляется в позиции загрузки. При этом на других двух гранях не прерывается начатая обработка очередных деталей. Обработку не проводят только в момент поворота стола, при этом сбор и отвод пыли, стружки и кусковых отходов ведется непрерывно.

Обрабатывающий центр модели ВС 2000 фирмы С. F. Scheer выполнен с вертикальным рабочим столом, гладкая поверхность которого образует с вертикалью угол 15°, что облегчает манипуляции с громоздкими обрабатываемыми деталями, упрощается сбор отходов и уменьшается производственная площадь. При этом габариты обрабатываемых деталей могут достигать до 1000 x 2500 мм, для закрепления которых используется разнообразная вакуумная техника. Поскольку оборудование такого типа дорогое, для повышения коэффициента его использования возможна комплектация двумя рабочими столами для поочередного загрузки и снятия деталей. Это также улучшает условия работы оператора.

Российские производители деревообрабатывающих центров предлагают 5-осный порталный чпу - обрабатывающий центр ARGO GANTRY 5A MD, разработанный для работы с объектами большого размера, например, деревянные стены, деревянные балки, и покрытия из массива древесины, клеёной фанеры, ламинированного дерева и объектами, состоящими из нескольких слоев.

Широкая рабочая область позволяет выполнять различные операции (сквозные отверстия, вырезание, фрезерование, раскрой, фасонирование, отверстия в окнах и дверях и т.п.) с 5 сторон заготовок любой формы и размера, что исключает какие бы то ни было действия оператора. Рабочая область оборудована двумя вращающимися осями (оси А и С), управляемыми ЧПУ, что позволяет агрегату обработать все возможные наклонные плоскости в рабочей области. Оборудован системой жидкостного охлаждения. Магазин смены инструмента тарельчатого

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

типа с 12 позициями. Фиксированный стол разделен на две части, что позволяет оператору загружать и разгружать детали без остановки. Детали могут фиксироваться вакуумной системой, воздуходувками или специальными зажимами. Есть возможность оборудовать станок специальным устройством сбора стружки с присосками. «Открытая» структура обеспечивает простую загрузку и разгрузку больших элементов с помощью загрузочного конвейера или портального крана [5].

Сравнение станков различных фирм приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение современных деревообрабатывающих центров

Критерии	Reichebacher	Weeke BP 165	Hundegger PBA
Длина столов, мм	6200×1500	2750 × 1220	6000 × 3250
Магазин инструментов, шт	24	8	30
Скорость подачи, м/мин	30	25	7,5
Частота вращения вала, об/мин	24000	18000	13000
Скорость работы инструмента, об/мин	18000	16000	8000
Диаметр дисковой пилы, наибольшая, мм	315	135	360
Частота вращения фрезы, об/мин	18000	16000	8000
Количество двигателей, шт	3	2	5
Установленная мощность, кВт	15	9	70
Габаритные размеры, мм	6600 × 3800 × 2900	5820 × 3550 × 2150	6500 × 7500 × 3000
Масса, кг	7 000	3 100	15 500
Цена, руб	12 097 000	880 000	42 000 000

Выводы по разделу один:

1. На рынке России нет возможности найти деревообрабатывающий центр с ЧПУ который бы выполнял все необходимые задачи, поставленные заказчиком: фрезерование внешней поверхности клеенного щита, вырезание проемов, окон и обрезание в размер заготовки, фрезерование треугольных пазов на поверхности заготовки.

2. Деревообрабатывающие станки, представленные на сегодняшний день это продукция фирмы Hundegger которая составляет около 90% от всех деревообрабатывающих центров с ЧПУ, их цены невообразимо завышены.

2 КОМПЛЕКТАЦИЯ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА ДЦ 12×3

2.1 Электрооборудование деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3

Электрооборудование для станка выбирается на основании метода обработки, точность обработки, расположение размеров обрабатываемых поверхностей, габаритных размеров заготовки, количество инструментов в наладке станка, обеспечение заданной производительности, эффективность использования станка по времени и по мощности и др.

Необходимо разработать порталный станок с параметрами:

- максимальный размер панели 3000 х 12000 мм;
- максимальная толщина панели 200 мм;

Рабочая зона станка разделена на 2 части: оператор загружает заготовку в станок в 1-ю зону, в то время как портал автоматически обрабатывает заготовку во 2-й зоне. Прижим заготовок необязателен в силу специальных опорных столов и конструкции. Оператор может вводить данные об обработке напрямую в станок или изменять их, при помощи графической системы управления.

Деревообрабатывающий центр состоит:

- поперечного транспортера;
- вертикально фрезерного агрегата максимальный диаметр 310 мм, максимальная длина 220 мм;
- четырех осевого фрезерного агрегата цилиндрическая фреза с максимальным диаметром 350 мм × 220 мм;
- пяти осевого фрезерного агрегата с магазином для 11 инструментов;
- фрезерно-строгального агрегата выравнивает поверхность заготовок 12000 мм × 3000 мм;
- устройства позиционирования и транспортировки заготовок;
- электронной системы управления;
- стола для выгрузки.

Станок соединяется с поперечный транспортер для складирования необработанных заготовок. Заготовки после передачи с поперечного транспортера обрабатываются на станке в соответствии с заданной программой; после обработки полученные детали перемещаются на приемный накопительный стол.

Система управления позволяет осуществлять загрузку, обработку, выгрузку деталей без посторонней помощи.

Станок работает на основе инженерно-программного обеспечения, составленного на основе CAD, и импортирует рабочие проекты в разных форматах.

Поперечный транспортер оснащен пятью плоскими цепями, которые обеспечивают бережную транспортировку заготовок длиной до 12 метров на загрузочный стол станка.

Устройство автоматической загрузки состоит из захватов, перемещающихся по направляющим. Заготовки подаются параллельно друг за другом на стол станка [5].

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2.2 Комплектация деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3

Пяти осевая цепная пила оснащена двигателем мощностью от 15 кВт и может позиционироваться в 5 осях. Пильное полотно может поворачиваться на 360° и наклоняться под углом от 0° до 90° выполняет все возможные виды пропилов: продольные, наклонные и под углом, а также делать по бокам выборку пазов любой ширины. Комплектация деревообрабатывающего центра рассмотрена в таблице 2.

Вертикальные фрезерные агрегаты оснащены двигателями с мощностью привода от 7,5 кВт до 22 кВт. Укомплектован различными концевыми, профильными, зубчато-клиновыми и дисковыми фрезами (максимальный Ø 310 мм; максимальная длина - 220 мм). При помощи вертикальных обрабатывающих агрегатов, расположенных сверху, можно фрезеровать любые отверстия и профили, а также осуществлять все виды профилирования, соединения на мини-шип, пазов, шпунтов и т.д. при помощи регулировки числа оборотов двигателей (до 6000 об/мин.) можно настроить оптимальную скорость пропила для каждого инструмента.

Таблица 2 – Комплектация деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3

Оборудование	Технические характеристики	Единица измерения	Значение
Вертикальный фрезерный агрегат	Максимальная длина инструмента	мм	350
	Максимальный диаметр инструмента	мм	310
	Частота оборотов инструмента	об/мин	1500 - 6000
4-х осевой фрезерный агрегат	Количество установленных инструментов	шт	2
	Мощность	кВт	5,5
5-ти осевой фрезерный агрегат с магазином для инструмента	Максимальное кол-во инструмента в магазине	шт	11
	Мощность	кВт	38
Фрезерно-строгальный агрегат	Диаметр фрезы	мм	350
	Частота оборотов инструмента	об/мин	1500
	Мощность	кВт	22
Установленная мощность		кВт	50

Деревообрабатывающий центр ДЦ 12×3 установлен на основании, содержит:

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

- вертикальные линейные направляющие и горизонтальные линейные направляющие;
- стол для фрезерной обработки заготовок;
- портала, закрепленного на основании, установленного над столом фрезерной обработки;
- перемещающегося продольно по горизонтальным линейным направляющим суппорта;
- перемещающегося поперечно по горизонтальным линейным направляющим ползуна.

Шпиндельный узел закреплен посредством двух координатной шпиндельной головки на ползуне, взаимодействует в позиции смены инструмента с инструментальным магазином, который установлен на линейных горизонтальных направляющих и имеет возможность перемещаться под действием пневмоцилиндра.

Электрошпиндель приспособлен для быстрой смены инструмента в автоматическом режиме с пневматической фиксацией и сенсорными датчиками безопасности. Обойма электрошпинделя оснащена соединениями с зажимами для режущего инструмента. На вал электрошпинделя установлен энкодер для контроля скорости и частоты вращения.

Основание продольной формы, приспособленной для крепления к ней станций погрузки и разгрузки материала для обработки. Ортогональное перемещение обеспечивается двигателями и контролируется датчиками, постоянно определяющими позицию.

Рабочая зона состоит из специального рельсового модуля, который крепится у основания для крепления структуры к полу.

Четырех осевой фрезерный агрегат состоит из двигателя мощностью 5,5 кВт, используется для фрезерования пазов и шипов или для фрезерования/сверления боковых отверстий. При помощи двухстороннего крепления одновременно может быть установлено два инструмента: цилиндрическая фреза с максимальным Ø 230 мм × 120 мм, а также концевая фреза, фреза для формирования соединений типа ласточкин хвост или сверло. Инструмент свободно позиционируется.

Пяти осевой фрезерный агрегат с мощностью двигателя 38 кВт оснащен устройством смены инструмента (до 11 инструментов). Соответствующий инструмент автоматически выбирается из магазина в зависимости от требования к строительному материалу, который необходимо обработать. Управление и выбор инструментов осуществляется через программу обрабатывающего центра. В основных параметрах фрезерных и пильных инструментов помимо информации о типе, диаметре, длине и ячейке магазина находится также информация об оптимальном числе оборотов, которая при необходимости автоматически вызывается.

Фрезерно-строгальный агрегат мощностью двигателя 22 кВт выравнивает поверхность заготовок для получения одинаковой толщины всей панели (шлифовка).

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Электронная аппаратура для управления скоростью фрезерного узла состоит из статического преобразователя частоты с платой сигнализации и управления, узла торможения с регулируемым пределом потребления тока для ускорения и торможения [17].

Электрические и электронные компоненты ДЦ, располагаются в одной из боковых колонн, должны быть защищены специальными герметичными дверцами в соответствии с нормами IP 54.

Характеристики обрабатываемых заготовок представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Характеристики обрабатываемых заготовок

Характеристики	Единица измерения	Данные
Максимальная длина	мм	13500
Минимальная длина	мм	1500
Максимальная ширина	мм	3000
Минимальная ширина	мм	500
Максимальная высота	мм	230
Минимальная высота	мм	200

Подача заготовки для обработки осуществляется с право – налево.

Выводы по разделу два:

1. ДЦ 12×3 состоит из: стола фрезерной обработки, портала, направляющей для портала, терминала оператора, механизма смены инструмента, каретки, шкафа системы управления, измерительной стойки.

2. Фрезерные операции осуществляют:

- вертикально-фрезерный агрегат максимальный диаметр 230 мм, максимальная длина 200 мм;
- четырех осевого фрезерного агрегата цилиндрическая фреза с максимальным диаметром 350 мм × 220 мм;
- пяти осевого фрезерного агрегата с магазином для 11 инструментов;
- фрезерно-строгального агрегата, выравнивающего поверхность заготовок 12000 мм × 3000 мм.

3 ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА РАЗРАБОТКИ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕТРА ДЦ 12×3

3.1 Функциональная схема деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3

Электронная система управления деревообрабатывающего центра состоит из пыленепроницаемого цветного сенсорного монитора, компьютера в пылезащитном кожухе (с USB – выходами) и промышленной клавиатуры (панель оператора). На рисунке 3 представлена функциональная схема деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.

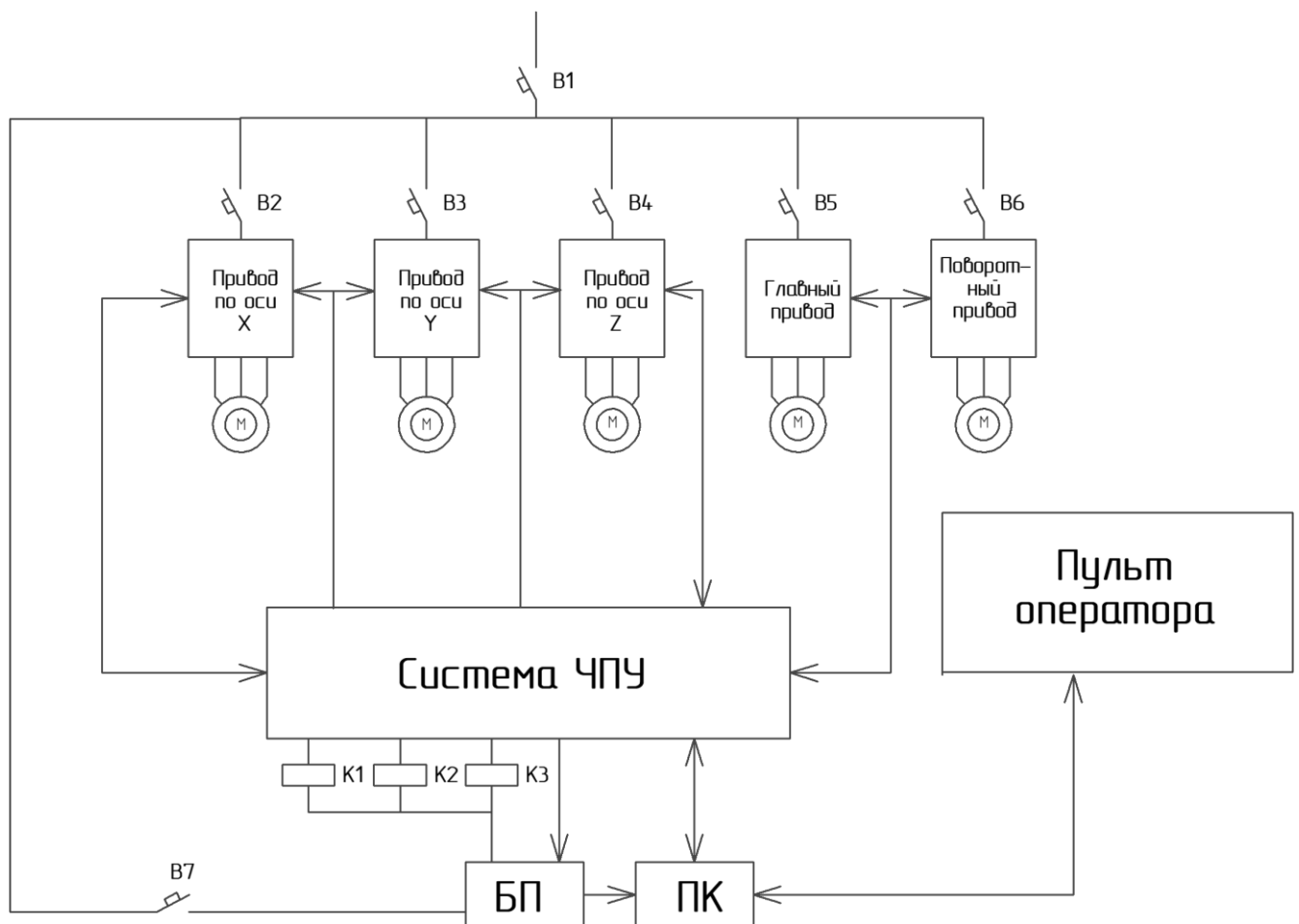


Рисунок 3 – Функциональная схема деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3

Система управления ведет процесс обработки каждой заготовки по оптимальному алгоритму очередности и автоматически вводит в действие все позиции инструмента, таким образом, достигается высокая точность (+/-0,1 мм). Многопроцессорная система управления предоставляет автоматический режим работы и позволяет делать автоматический расчет конструкций и число готовых элементов. Программа отслеживает количество выполненных деталей и детали, которые еще необходимо обработать. Программа ведет производственную статистику.

Общая структура функциональных блоков, выполняющего обработку цифровыми методами информации, заданной в цифровой (числовой) форме, приведена на рисунке 4.

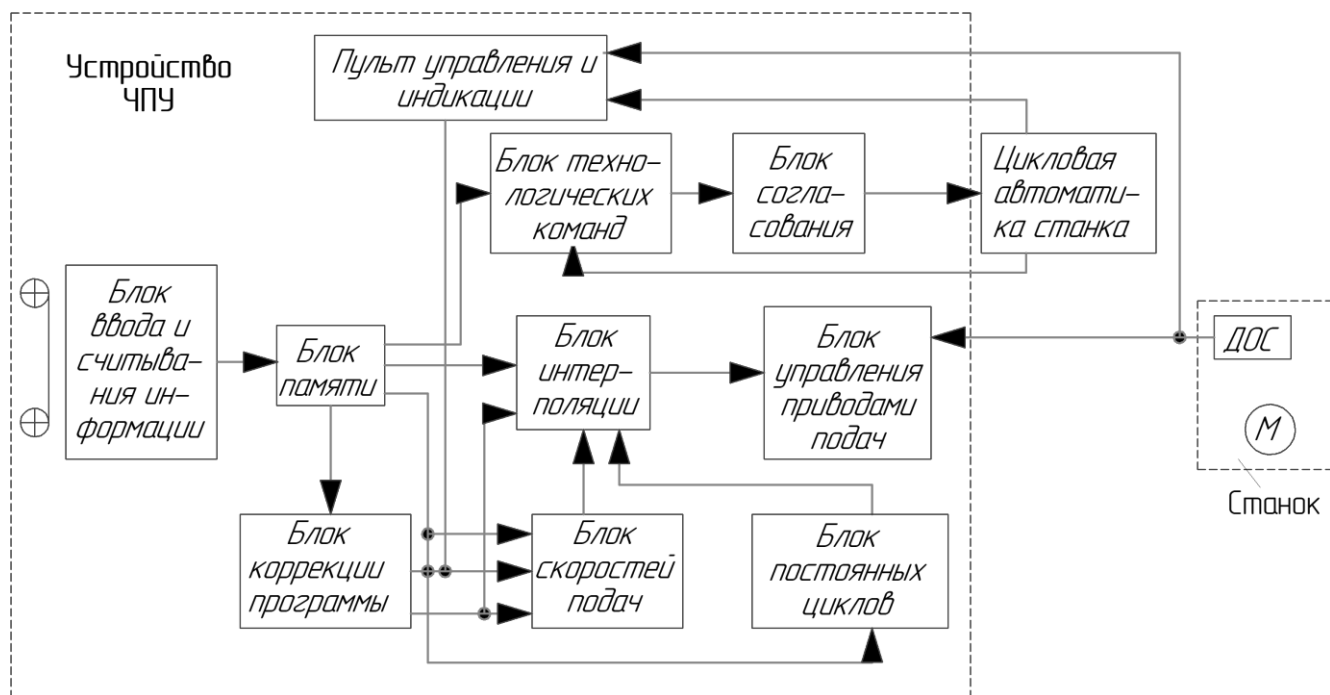


Рисунок 4 – Структурная схема деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3

Структурная схема, включает в себя следующие основные элементы: устройство ЧПУ, приводы подачи рабочих органов станка и датчики обратной связи (ДНС) установленные по каждой управляемой координате.

Устройство ЧПУ предназначено для выдачи управляющих воздействий рабочим органом станка в соответствии с программой управления, вводимой на перфоленте. Программа управления считывается последовательно в пределах одного кадра с запоминанием в блоке памяти, откуда она подается в блоки технологических команд, интерполяции и скоростей подачи. Блок интерполяции – специализированное вычислительное устройство (интерполятор) – формулирует частичную траекторию движения инструмента между двумя или более заданными в программе управления точками. Выходная информация с этого блока поступает в блок управления приводами подачи, обычно представлена в виде последовательности импульсов по каждой координате, частота которых определяет скорость подачи, а число – величину перемещения [6].

Блок ввода и считывания информации предназначен для ввода и считывания программы управления. Считывание производится последовательно строка за строкой в пределах одного кадра.

Информация считывается последовательно, используется вся сразу в пределах одного кадра, при считывании она запоминается в блоке памяти. Здесь же производится ее контроль и формирование сигнала при обнаружении ошибки в

перфоленте. Так как обработка информации идет последовательно по кадрам, а время считывания информации одного кадра равно примерно 0,1 – 0,2 с, получается разрыв в передаче информации, что недопустимо. Поэтому применяют два блока памяти. Пока обрабатывается информация одного кадра из первого блока памяти, производится считывание второго кадра и ее запоминание во втором блоке. Время же введения информации из блока памяти в блок интерполяции ничтожно мало.

Блок интерполяции - это специализированное вычислительное устройство, которое формирует частичную траекторию движения инструмента между двумя или более заданными в программе управления точками. Основой блока является интерполятор, который по заданным программой управления числовым параметрам участка контура восстанавливает функцию $f(x,y)$. В интервалах значений координат X и Y интерполятор вычисляет значения координат промежуточных точек этой функции.

На выходах интерполятора формируется строго синхронизированные во времени управляющие импульсы для перемещения рабочего органа станка по соответствующим осям координат.

С блока интерполяции информация поступает на блок управления приводами подач, который преобразует ее в форму, пригодную для управления приводами подач. Последнее производится так, чтобы при поступлении каждого импульса рабочий орган станка перемещался на определенную величину, характеризующую дискретность. При поступлении каждого импульса управляемый объект перемещается на определенную величину, называемую ценой импульса, которая обычно равна 0,01 – 0,02 мм. В зависимости от типа привода (замкнутые или разомкнутые, фазовые или амплитудные), применяемых на станках, блоки управления существенно различаются. В замкнутых приводах фазового типа, использующих датчики обратной связи в виде вращающихся трансформаторов, работающих в режиме фазовращателей, блоки управления представляют собой преобразователи импульсов в фазу переменного тока и фазовые дискриминаторы, которые сравнивают фазу сигнала на выходе фазового преобразователя с фазой датчика обратной связи и выдают разностный сигнал ошибки на усилитель мощности привода.

Блок скоростей подач – обеспечивает заданную скорость подачи вдоль контура, а также процессы разгона и торможения в начале и в конце участков обработки по заданному закону линейному. Помимо рабочих подач (0,5 – 3000 мм/мин) этот блок обеспечивает, как правило, и холостой ход с повышенной скоростью (5000 – 20000 мм/мин).

Связь оператора с системой производится через пульт управления и индикации. С помощью этого пульта производится пуск и останов станка, переключение режима работы с автоматического на ручной и т.д., а также коррекция скорости подачи и размеров инструментов и изменения начального положения инструмента по всем или некоторым координатам. На этом пульте находятся световая сигнализация и цифровая индикация [6].

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Блок коррекции программы применяется для изменения запрограммированных параметров обработки: скорости подачи и размеров инструмента (длины и диаметра).

Блок коррекции программы применяется для изменения запрограммированных параметров обработки: скорости подачи и размеров инструмента (длины и диаметра).

Блок постоянных циклов служит для упрощения процесса программирования при обработке повторяющихся элементов детали (например, сверление и растачивание отверстий, нарезание резьбы и др.) применяют блок постоянных циклов.

Блок технологических команд обеспечивает управление циклом работы станка (его цикловой автоматики), включающего поиск и анализ режущего инструмента, переключение частоты вращения шпинделя, зажим и разжим перемещающихся рабочих органов станка, различные блокировки.

Блок питания обеспечивает питание необходимыми постоянными напряжениями и токами всех блоков ЧПУ от обычной трехфазной сети. Особенностью этого блока является наличие стабилизаторов напряжения и фильтров, защищающие электронные схемы ЧПУ от помех.

Датчики обратной связи (ДОС) - предназначены для преобразования линейных перемещений рабочего органа станка в электрические сигналы, содержащие информацию о направлении и величине перемещений.

Все многообразие ДОС можно условно разделить на угловые (круговые) и линейные. Круговые ДОС обычно преобразуют угол поворота ходового винта или перемещения рабочего органа станка через реечную передачу.

3.2 Исполнительные элементы и датчики ДЦ 12×3

По назначению, характеристикам и принципам работы, а значит и по управлению можно выделить следующие группы исполнительных устройств:

1. Формообразующие устройства – рабочие органы станка, связанные с формообразованием изделий и процессами позиционирования, т.е. передвигают заготовку (или инструмент) по программируемым координатам во время обработки или перед обработкой. Отличительным свойством данной группы является то, что траекторию и путь движения можно изменять в зависимости от вводимой программы.

2. Манипулирующие устройства – предназначены для выполнения постоянных команд, связанных с автоматическим циклом работы оборудования. Они изменяют режимы резания, направления и скорости перемещения механизмов станка, управляют охлаждением, сменяют режущий инструмент или заготовку, закрепляют их, транспортируют и складывают. Момент ввода в действие и последовательность их работы могут быть различными. Это определяется программой цикловой автоматики.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

3. Вспомогательные устройства – обслуживают процесс обработки, например, обеспечивают автоматическую сборку отходов, смазывание станка, отсос тумана и пыли, работу гидро – и пневмосистемы и др. Обычно они имеют автономную систему управления. Наиболее важными и сложными по своему управлению являются первая и частично вторая группа устройств.

Для обеспечения необходимой точности обработки деталей на станках с ЧПУ необходимо задать программой траектории движения инструмента и контролировать ее в течение всей обработки. Для этого в конструкциях станков предусмотрены устройства обратной связи, контролирующие выполнение рабочими органами заданной траектории движения.

Для получения сигнала о величине фактического перемещения или положения объекта при управлении применяются системы путевого контроля, состоящие из одного или нескольких датчиков обратной связи (ДОС), измерительной схемы и схемы формирования выходного сигнала. Датчики преобразуют механическое перемещение объекта в изменение различных физических параметров, которые в свою очередь, с помощью измерительной схемы, преобразуются в выходной электрический сигнал. По виду физических параметров датчики подразделяются на омические, емкостные, фотоэлектрические, индуктивные и т.д [5].

Индуктивный датчик обратной связи (индуктивные) – представляет собой статор, на котором с помощью фотолитографии нанесена обмотка в виде змеевика с шагом 2 мм.

На ползуне нанесены две обмотки, на которые подаются переменные напряжения, одинаковые по амплитуде и сдвинутые по фазе на 90 градусов. В зависимости от положения ползун относительно статора электромагнитное поле одной из обмоток воздействует сильнее на поле статора, и оно смещается по фазе в сторону этой обмотки. Смещение по фазе сигнала, выходящего со статора, пропорционально перемещению ползуна. Специально преобразующие устройства выдают сигнал в УЧПУ станка.

Фотоэлектрический датчик обратной связи является аналого-цифровым преобразователем, имеющим весьма высокую точность контроля перемещения и легко согласуется с системами ЧПУ. Датчики выпускаются для контроля линейных и угловых перемещений.

Датчик обратной связи, наличие которого характеризует замкнутость системы, можно устанавливать в различных местах кинематической цепи привода. Наиболее простое конструктивное решение, когда ДОС установлен на роторе двигателя привода подач и его сигналы прямопропорциональны углу поворота ротора.

На рисунке 5 представлена блок схема привода подач, состоящая из: Усилителя, двигателя, оптической линейки, датчика обратной связи и сравнивающего устройства.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

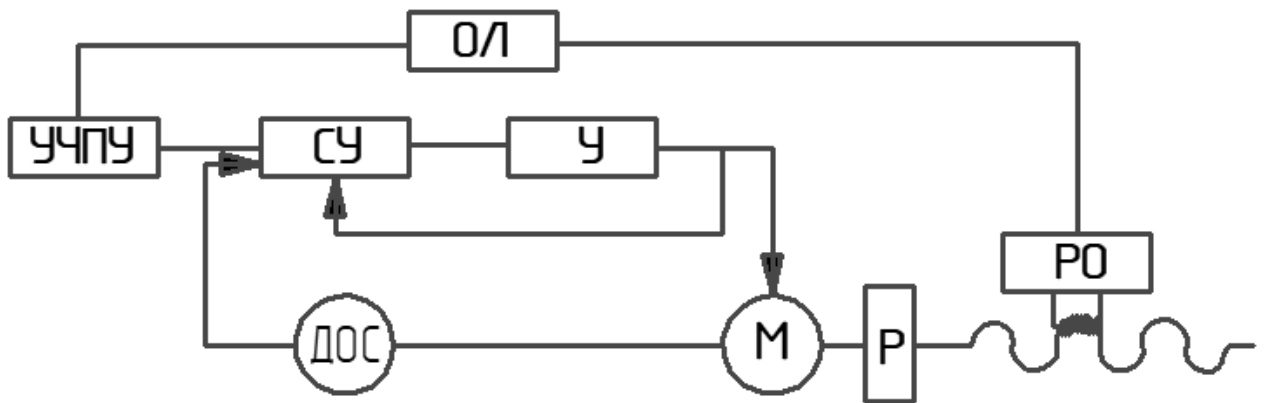


Рисунок 5 – Блок схема привода подач:

СУ – сравнивающее устройство;

У – усилитель;

РО – рабочий исполнительный орган;

ДОС – датчик обратной связи;

М – электродвигатель;

ОЛ – оптическая линейка.

Электрические соединения:

- выход управляющего контроллера;
- силовой вход датчика тока;
- выход частотного преобразователя;
- источник питания;
- дисплей;
- измерительный выход датчика тока;
- силовой выход датчика тока.

Управляющий контроллер подключен своими входами/выходами через серво драйверы к серводвигателям. Управляющий контроллер подключен также к измерительному выходу датчика тока, который своим силовым выходом через частотный преобразователь соединен со шпинделем вращающем вал с зафиксированным на нем режущим инструментом. Управляющий контроллер своим выходом соединен с управляющим входом частотного преобразователя. Силовой вход датчика тока соединен с источником питания станка. Источником питания станка является промышленная сеть переменного тока 220 Вольт.

Серводвигатели представляют собой двигатели постоянного тока, каждый из которых содержит датчик поворота – энкодер. Управление серводвигателями производится контроллером с помощью команд, поступающих с его входов/выходов на серво драйверы. При этом с энкодера каждого серводвигателя на подключенный к нему серво драйвер и далее на входы/выходы контроллера поступает сигнал о корректном или некорректном выполнении поступившей на серводвигатель команды. Напряжение питания от источника питания станка поступает через датчик ток и частотный преобразователь на его выход и далее на шпиндель. Скорость вращения вала шпинделя зависит от частоты питающего

напряжения. Скорость вращения зависит от типа применяемого в данный момент режущего инструмента. Она задается контроллером с помощью сигнала, поступающего с его выхода на управляющий вход частотного преобразователя.

К контроллеру подключена: клавиатура, разъем памяти и дисплей. Клавиатура предназначена для ввода персоналом команд и параметров работы заявляемого станка. Она представляет собой типовую цифровую клавиатуру. Разъем памяти предназначен для подключения к контроллеру памяти с записанной в нее управляющей программой, предназначенной для обработки конкретного изделия. Управляющая программа представляет собой последовательность команд на языке G-code. Дисплей предназначен для отображения состояния заявляемого станка и вводимых персоналом параметров и команд [7].

В состав контроллера входит микроконтроллер, который работает под управлением микропрограммы, записанной в его внутреннее ПЗУ. Указанная микропрограмма ориентирована на считывание из FLASH памяти последовательности команд управляющей программы и их выполнение.

Выводы по разделу три:

1. Разработана структурная схема системы ЧПУ для деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3 состоящего из основных элементов: устройство ЧПУ, приводы подач рабочих органов станка и датчики обратной связи (ДОС) установленные по каждой управляемой координате, контроллера.

2. Устройство ЧПУ состоит из блоков: ввода и считывания информации, интерполяции, скоростей подач, коррекции программы, постоянных циклов, технологических команд, питания, а также пульта управления и индикации.

3. Исполнительные устройства ДЦ 12×3: формообразующие, манипулирующие, вспомогательные. Датчики ЧПУ для ДЦ 12×3: фотоэлектрический, обратной связи, поворота.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

4 РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

4.1 Расчет режимов резанья

В ВКР проектируется система автоматического управления САУ деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3 со следующими параметрами:

- скорость резания $v_{рез} = 50 - 80$ м/с;
- диаметр пилы $D = 260 - 400$ мм;
- момент инерции пилы $J_H = 0,2$ кг · м²;
- мощность двигателя $P_{тр} = 14 - 16$ кВт;
- перерегулирование $\sigma < 30$ %;
- время регулирования $t_p = 0.04$ с;
- запас по фазе $\psi > 30^\circ$.

Для определения окружной касательной и нормальной силы, а также составляющих силы резания используют рисунок 6.

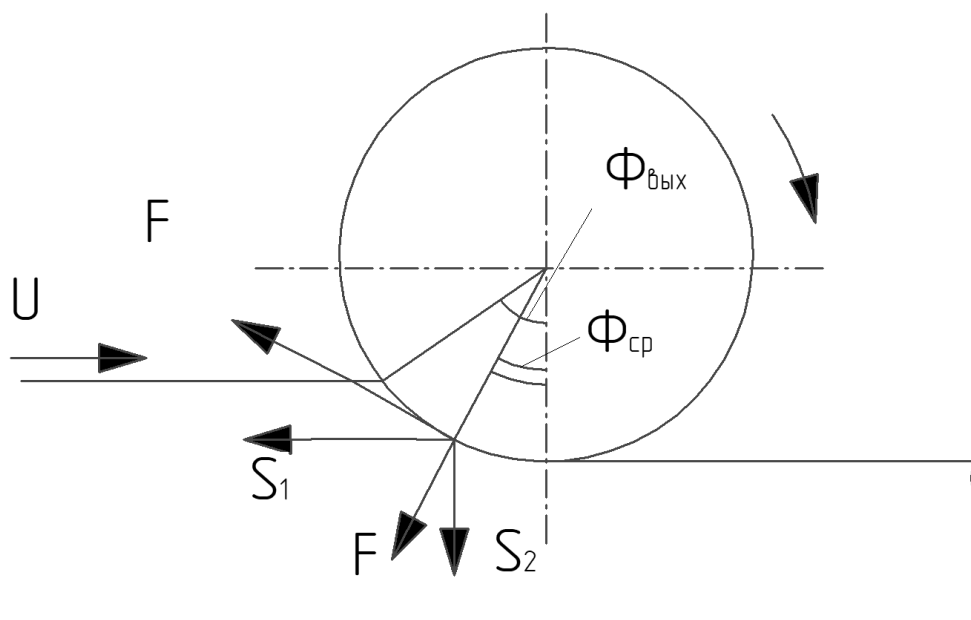


Рисунок 6 – Силы, действующие на заготовку

Окружная касательная F_k , Н, и нормальная F_n , Н, силы резания определяются по формулам:

$$F_k = \frac{K \cdot B \cdot H \cdot U_c}{60 \cdot V}, \quad (4.1)$$

$$F_n = m \cdot F_k, \quad (4.2)$$

где K - удельная работа резания, Дж/см³;

B - ширина обрабатываемой заготовки, мм; $B=200$ мм;

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

H - толщина срезаемого слоя, мм; $H=3$ мм;

U_c – напряжение сети, 380В;

m - переходный множитель, зависящий от угла резания, m_δ и степени затупления резца, m_p .

Удельная работа резанья рассчитывается по формуле:

$$K = K_T \cdot a_0,$$

где K_T - коэффициент удельной работы резания, Дж/см³;

a_0 - произведение поправочных коэффициентов.

$$K = 14 \cdot 1,605 = 22,47 \frac{\text{Дж}}{\text{см}^3}.$$

Переходный множитель считается по формуле:

$$m = m_\delta + m_p = 0 + 0,24 = 0,24$$

Окружная касательная сила резанья F_k , Н, будет равна по формуле 4.1:

$$F_k = \frac{22,47 \cdot 200 \cdot 3 \cdot 12}{60 \cdot 25,905} = 104,08 \text{ Н}.$$

Нормальная сила резанья F_n , Н по формуле 4.2 равна:

$$F_n = 0,24 \cdot 104,08 = 24,98 \text{ Н}.$$

Составляющие силы резания S_1 , Н, и S_2 , Н, определяются по формулам:

$$S_1 = F_k \cdot \cos \gamma_{cp} + F_n \cdot \sin \gamma_{cp}, \quad (4.3)$$

$$S_2 = F_k \cdot \sin \gamma_{cp} - F_n \cdot \cos \gamma_{cp}, \quad (4.4)$$

где γ_{cp} - средний угол, град:

$$\gamma_{cp} = 0,5 \cdot (\gamma_{вх} - \gamma_{вых}) = 0,5 \cdot \arccos \cdot \frac{R - H}{R}, \quad (4.5)$$

где $\gamma_{вх}$, $\gamma_{вых}$ - угол входа и угол выхода инструмента из заготовки соответственно, град; $\gamma_{вых}=0$.

R – радиус ножевого вала, мм.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$\gamma_{cp} == 0,5 \cdot \arccos \cdot \frac{51,5 - 3}{51,5} = 9,03.$$

Сила резания S_1 , Н, равна по формуле 4,3:

$$S_1 = 104,08 \cdot \cos 9,03 + 24,98 \cdot \sin 9,03 = 106,54 \text{ Н},$$

$$S_2 = 104,08 \cdot \sin 9,03 - 24,98 \cdot \cos 9,03 = -10,16 \text{ Н}.$$

Расчет мощности на процесс резания $N_{рез}$, кВт по формуле:

$$N_{рез} = \frac{F_k \cdot V}{1000}$$

$$N_{рез} = \frac{104,08 \cdot 25,905}{1000} = 2,696 \text{ кВт}.$$

Циклограммы работы привода является основой для выбора электропривода рисунок 7.

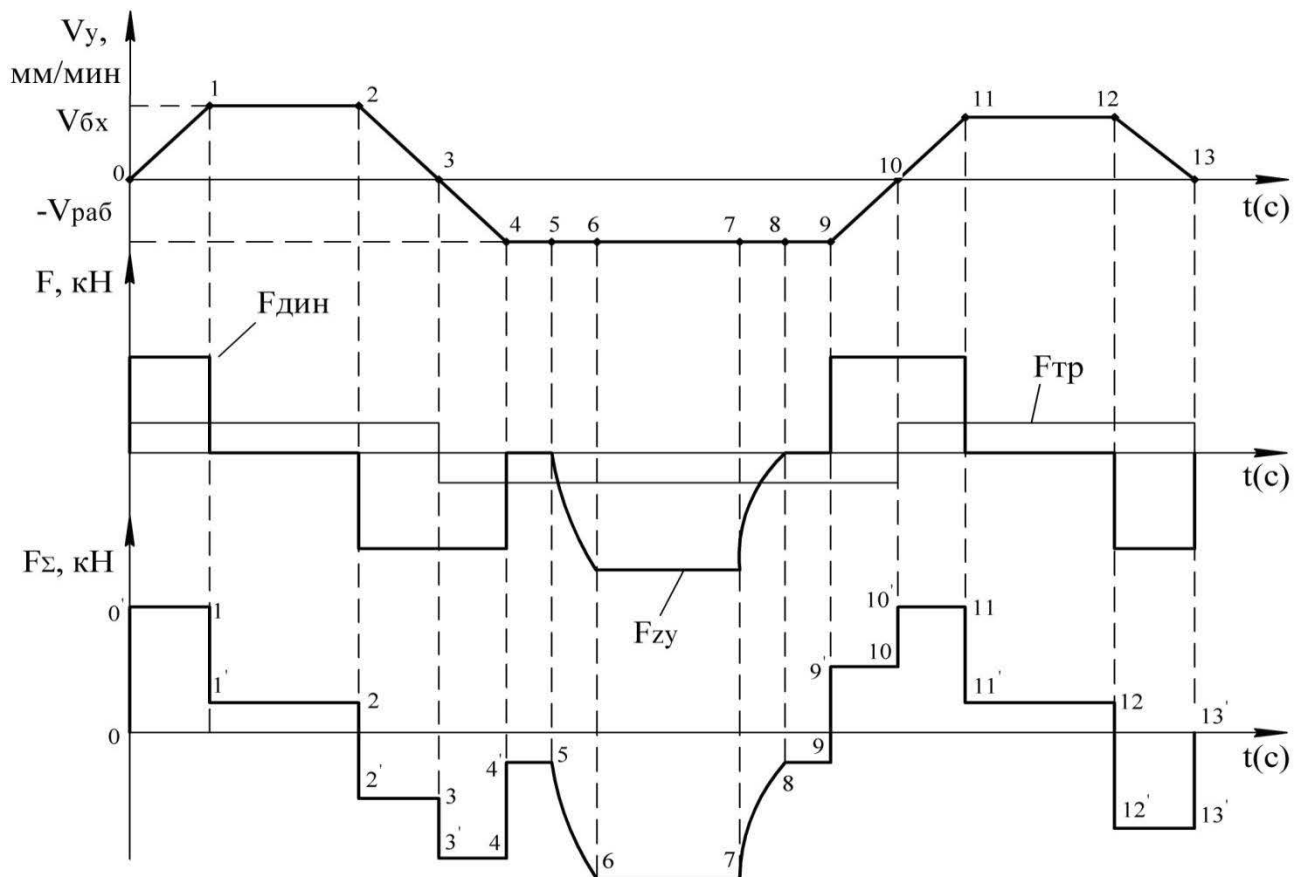


Рисунок 7 – Циклограмма работы деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3

На циклограмме цифрами 1-13 обозначены характерные точки участков:

0 – 1 разгон до быстрого хода;

1 – 2 движение на быстром ходе подачи;

2 – 3 торможение до остановки;

3 – 4 разгон назад до рабочей подачи;

4 – 5 движение на рабочей подаче;

5 – 6 врезание фрезы в древесину, движение на рабочей подаче;

6 – 7 движение на рабочей подаче, с максимальной силой фрезерования;

7 – 8 выход фрезы из детали, движение на рабочей подаче;

8 – 9 движение на рабочей подаче;

9 – 10 торможение с рабочего хода подачи до остановки;

10 – 11 разгон до быстрого хода;

11 – 12 движение на быстром ходе подачи;

12 – 13 торможение до остановки.

Средняя высота фрезерования заготовки $H_{бр} = 200$ мм; материал обрабатываемой заготовки – свежесрубленная древесина, влажностью 60%.

Необходимые дополнительные данные для расчета:

Удельная работа резания: $K_T = 63$ Дж/см³.

Поправочный коэффициент на породу древесины: $a_n = 1,00$;

Поправочный коэффициент на влажность материала: $a_p = 1,17$.

КПД кривошипно-шатунного механизма: $\eta_{кшм} = 0,95$;

КПД подшипников трения $\eta_{крп} = 0,95$.

Расчет сведен в таблицу 4.

Таблица 4 - Расчет режима фрезерования ДЦ 12×3

Определяемая величина	Расчетная формула	Параметры формулы	Единица измерения	Результат
Скорость фрезерования, $V_{фр}$	$V_{фр} = \frac{2 \cdot S \cdot n_{кшм}}{6 \cdot 10^4}$	$V_{фр} = \frac{2 \cdot 600 \cdot 318}{6 \cdot 10^4}$	м/с	6,36
Скорость подачи, u	$u = \frac{u_{об} \cdot n_{кшм}}{1 \cdot 10^3}$	$u = \frac{14 \cdot 318}{1 \cdot 10^3}$	м/мин	4,55
Подача на один зуб фрезы, u_z	$u_z = \frac{t \cdot u_{об}}{S}$	$u_z = \frac{26 \cdot 14}{600}$	мм	0,607
Мощность фрезерования, $N_{фрез}$	$N_{фрез} = \frac{(a_{попр} \cdot b_{пр} \cdot K_T \cdot H_{ср} \cdot i \cdot u_{об} \cdot n_{кшм})}{6 \cdot 10^4}$ $N_{фрез} = \frac{(1,17 \cdot 14,2 \cdot 63 \cdot 200 \cdot 8 \cdot 14 \cdot 318)}{6 \cdot 10^4}$		кВт	155,3

Окончание таблицы 4

Определяемая величина	Расчетная формула	Параметры формулы	Единица измерения	Результат
Поправочный множитель, $a_{\text{попр}}$	$a_{\text{попр}} = a_n \cdot a_p$	$a_{\text{попр}} = 1,00 \cdot 1,17$	-	1,17
Ширина фрезы, $b_{\text{фр}}$	$b_{\text{фр}} = b + 2 \cdot b_p$	$b_{\text{фр}} = 2,2 + 2 \cdot 6$	мм	14,2
Мощность фрезерования, $F_{\text{фрез}}$	$F_{\text{фрез}} = \frac{N_{\text{фрез}}}{V_{\text{ср}}}$	$F_{\text{фрез}} = \frac{155,3}{6,36}$	кВт	24,42
Полезная мощность главного привода $P_{\text{пол}}$	$P_{\text{пол}} = P_{\text{гл.прв}} \cdot \eta$	$P_{\text{пол}} = 110 \cdot 0,82$	кВт	90,34
КПД механизма фрезерования, $\eta_{\text{м.фрез}}$	$\eta_{\text{м.фрез}} = \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{крп}} \cdot \eta_{\text{кшм}}$	$\eta_{\text{м.фрез}} = 0,91 \cdot 0,95 \cdot 0,95$	-	0,82

4.2 Выбор оборудования для ДЦ 12×3

На рисунке 8 представлена структурная схема САУ для ДЦ 12×3.

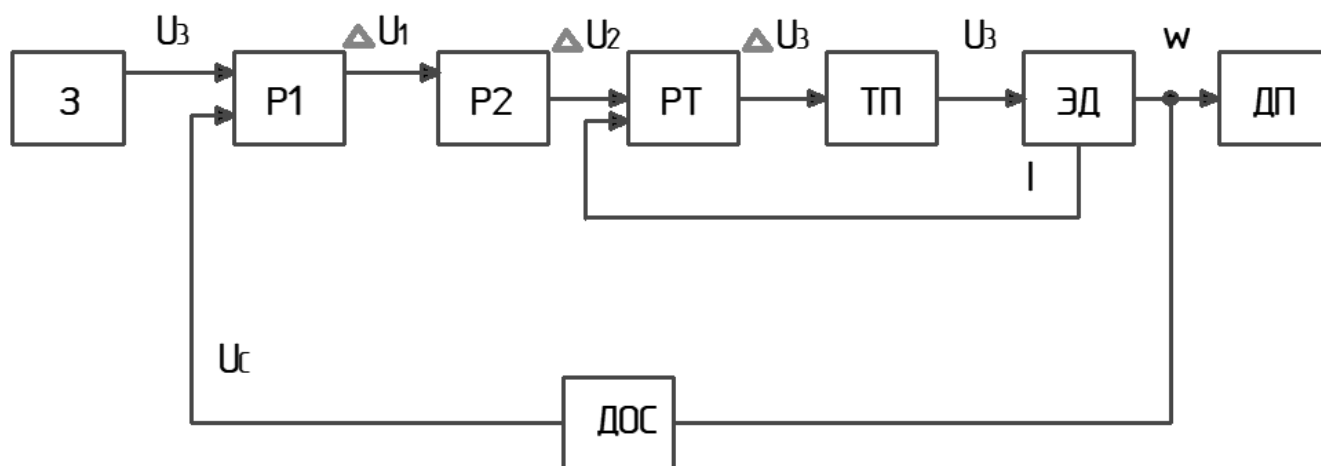


Рисунок 8 - Структурная схема САУ ДЦ 12×3:

З – задатчик;

Р1 – сумматор главного контура;

Р2 – сумматор подчиненного контура;

ТП – транзисторный преобразователь (усилитель);
 ЭД – электродвигатель (исполнительный механизм);
 ДП – диск пилы (рабочий орган);
 РТ – регулятор по току;
 ДОС – датчик обратной связи.

САУ ДЦ 12×3 - это схема с подчиненным регулированием координат, в ней каждая координата регулируется своим регулятором – вибрации и скорости, образующие замкнутый контур вместе с соответствующими обратными связями. Датчики располагаются так чтобы входной, задающий сигнал для внутреннего контура, являлся выходным сигналом внешнего по отношению к нему контура скорости:

$$\Delta U_1 = U_3 - U_c.$$

Внутренний контур вибрации подчиняется внешнему контуру скорости – являющемуся основной регулируемой координатой электропривода.

Задающим сигналом для контура скорости U_3 является сигнал задания поступающий с задатчика, который получает электропривод от системы управления технологическим процессом АСУ ДЦ 12×3.

Регулятор тока (РТ) представляет из себя проволочный резистор. При подключении выходной нагрузки на этом резисторе образуется некоторое падение напряжения, чем мощнее нагрузка, тем больше падение. Такого падения напряжения достаточно для срабатывания управляющего транзистора, чем больше падение, тем больше приоткрыт транзистор.

Транзисторный преобразователь (ТП) является усилителем, который усиливает мощность сигнала рассогласования с сумматора внутреннего контура, используется в качестве управляющего сигнала U :

$$\Delta U_2 = \Delta U_1 - U_B.$$

Электродвигатель (ЭД) представляет собой рабочий орган с встроенным энкодером, который преобразует входной электрический управляющий сигнал U , в выходную механическую величину, являющуюся угловой скоростью ω диска пилы (ДП). Передача вращения выходного вала электродвигателя к валу пилы происходит через клиноременную передачу с передаточным отношением равным 1.

Датчик обратной связи (ДОС) является преобразователем, преобразующим угловую скорость ω диска пилы в пропорциональный электрический сигнал U_c .

Выбор ЭД для ДЦ 12×3 начинается с заданного значения скорости резания.

Находится частота вращения диска пилы и частота выходного вала двигателя, n об/мин, по формуле:

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot v_{рез}}{\pi \cdot D}, \quad (4.1)$$

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

где $v_{рез}$ – скорость резанья, м/с;

D – диаметр диска пилы, мм;

n – частота вращения режущего инструмента, об/мин.

$$n = \frac{60 \cdot 1000 \cdot (50 \div 80)}{3,14 \cdot 400} = 2500 \div 4000 \text{ об/мин.}$$

По техническим характеристикам для ДЦ 12×3 подбираем асинхронный двигатель фирмы SIEMENS 1LE1002-1DA3 с встроенным энкодером, он отвечает требованиям по мощности и частоте вращения. Электродвигатели Siemens серии 1LE1 - это новое поколение асинхронных электродвигателей с повышенной энергоэффективностью. Трехфазный электродвигатель Siemens 1LE1002-1DA3 – это промышленный электродвигатель, с мощностью 15,0 кВт и со скоростью вращения вала около 3000 оборотов в минуту. Изготовлен по стандарту DIN и предназначен для привода механизмов в сети с трехфазным напряжением 230 и 400 Вольт и частотой 50 Герц. Высота вала 160 мм, 2 полюса, то есть 3000 оборотов в минуту, длина станины большая.

Двигатели защищенного исполнения с самовентиляцией 1LE1002-1DA3 допускает:

- работу по номинальному току якоря при снижении частоты вращения в течении 1 часа:

$$0,85 \cdot n_{ном};$$

- кратковременные перегрузки в течении 60 с:

$$2 \cdot I_{ном}.$$

Технические характеристики двигателя 1LE1002-1DA3 представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Технические характеристики двигателя 1LE1002-1DA3

Технические характеристики	Единица измерения	Значение
Мощность	кВт	15
Скорость вращения вала	об/мин	3000
Номинальная сила тока 400В	А	29
Напряжение питания	В	400/690В
Коэффициент полезного действия	%	89,5
Момент инерции	кг · м ²	0,2
Масса	кг	68
Габариты	мм	604×300×314

Выбран инкрементальный энкодер DFS60 - это импульсный датчик расчета количества импульсов от начальной метки за один оборот вращения диска для определения углового положения вала энкодера. Устанавливаются непосредственно на вращающийся вал, благодаря чему не возникает никаких дополнительных погрешностей при измерении положения, связанных с обратным ходом механизма.

Краткий обзор энкодера DFS60:

- небольшая конструктивная глубина;
- высокое разрешение до 16 бит;
- программируются: выходное напряжение, положение нулевого импульса, ширина нулевого импульса и количество импульсов;
- подключение: кабель универсальный, разъем M23 или M12, осевой или радиальный;
- электрические интерфейсы: 5В TTL/RS-422, 24В TTL/RS-422, 24 В HTL/push pull;
- механические интерфейсы: торцевой фланец со сплошным валом, сервофланец со сплошным валом, глухой или сквозной полый вал;

- удаленная установка «нулевой» позиции

Преимущества энкодера DFS60:

- быстрая замена благодаря возможности программирования энкодеров;
- большое количество доступных различных механических и электрических интерфейсов;
- плавность хода даже при высокой частоте вращения;
- высокое разрешение до 16 бит;
- долговечность и надежность в работе благодаря высокому классу защиты корпуса, температурной стойкости и большому ресурсу подшипников;
- возможность программирования с помощью программатора PGT-08-S и программатора с дисплеем PGT-10-S обеспечивает быструю и простую адаптацию энкодеров;
- программируемое положение «нулевого» импульса.

Технические характеристики энкодера DFS60 представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Технические характеристики энкодера DFS60

Технические характеристики	Единица измерения	Значение
Количество импульсов на один оборот		65 536
Инкрементный интерфейс связи	В	от 4,5 до 32
Крутизна напряжения	В/(об/мин)	0,003
Нагрузочное сопротивление	кОм	2

Преобразователь SIEMENS SINAMICS S120 PM240-2 - обеспечивает питание асинхронного двигателя, двигатель подключается непосредственно к силовой

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

му модулю, который находится под контролем у модуля управления. Подобная архитектура дает возможность подключать дополнительные интерфейсы связи для организации удаленного контроля и управления.

Много осевой привод состоит из одного модуля питания, нескольких модулей двигателей и одного управляющего модуля. Модуль питания преобразует напряжение сети в постоянное напряжение и питает модули двигателей через промежуточный контур постоянного напряжения. В модулях двигателей постоянное напряжение промежуточного контура с помощью инвертора преобразуется в переменное напряжение для питания двигателя. В общем управляющем модуле рассчитывается как питание/рекуперация, так и регулирование двигателей. Соединение между управляющим модулем и силовыми частями осуществляется через цифровой системный интерфейс DRIVE-CLiQ.

Управление скоростью вращения осуществляется двухконтурной системой автоматического регулирования с ПИ-регуляторами тока и скорости. Для линеаризации регулировочной характеристики преобразователя в зонах прерывистого и непрерывного токов используется нелинейное звено с сигналом положительной обратной связи по ЭДС двигателя.

Базовые функции:

- регулирование скорости, регулирование момента, функции позиционирования;
- интеллектуальные функции автоматического пуска для самостоятельного повторного включения после отключения питания;
- техника ВІСО, встроенные в привод входы-выходы для адаптации привода к конкретной установке;
- встроенные функции безопасности для рациональной реализации концепций защиты;
- регулируемое питание и рекуперация для предотвращения нежелательного влияния на питающую сеть, возврата энергии в режиме торможения и для повышения надежности работы при колебаниях напряжения сети.

Технические характеристики транзисторного преобразователя SIEMENS SINAMICS S120 представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики преобразователя SINAMICS S120

Технические характеристики	Единица измерения	Значение
Напряжение питания сети	В	380...480
Номинальный постоянный ток	А	32
Постоянная времени	с	0,01
Масса	кг	16
Габариты	мм	400×250×260

В качестве сумматоров главного контура и подчиненного контура устанавливается цифровой микроконтроллер S7-1200, который может осуществлять вы-

числение сигнала рассогласования, а при необходимости реализовывать программную коррекцию системы.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) S7-1200 обеспечивает гибкость и предоставляет достаточную мощность для управления системой. ПЛК объединяет в компактном корпусе микропроцессор, встроенный блок питания, входные и выходные цепи. S7-1200 содержит логику, необходимую для контроля и управления устройствами, контролирует входы и изменяет выходы в соответствии с логикой программы, осуществляет булевы логические операции, счет, отсчет времени, сложные математические операции и связь с другими интеллектуальными устройствами.

Базовая конфигурация SIMATIC S7-1200 предполагает процессорный блок с 14–24 входами/выходами и расширение не более чем восемью блоками ввода/вывода, что в совокупности позволяет подключить до 284 дискретных входов/выходов или до 51 аналогового. Контроллер может работать с распределенной периферией стандарта PROFIBUS DP и PROFINET IO в качестве мастера и имеет адресное пространство 1000 байт, что позволяет ему принять до 8000 цифровых или до 500 аналоговых каналов, с рабочей памятью 50–150 кбайт.

Специальная шина позволяет подключить до трех коммуникационных плат для реализации коммуникаций через сеть PROFIBUS (режим Master и Slave), интерфейс AS-i и соединения «точка–точка» по физическим стандартам RS232 и RS485 с поддержкой MODBUS RTU и USS-протоколов. Коммуникационные платы позволяют использовать контроллер S7-1200 в системах телеуправления, поддерживающих обмен данными по протоколам IEC 60870-5-104 или DNP3. Эти платы оснащены буферной памятью для сохранения до 64 000 измеренных величин с отметками даты и времени при нарушениях нормальной работы системы связи.

Технические характеристики контроллера S7-1200 представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики контроллера S7-1200

Технические характеристики	Единица измерения	Значение
Напряжение питания сети	В	24
Битовая память	байт	8192
Входной ток	А	125
Габариты	мм	110 × 100 × 75

Контроллер S7-1200 выполнен в классе защиты IP20 и предполагает монтаж в шкафу или ином защитном корпусе. Возможно крепление как на 35-мм рейку, так и на плоскую монтажную панель. Винтовые клеммы «отстегиваются» вместе с кабелями, что позволяет, в случае выхода из строя, оперативно произвести замену, не откручивая две дюжины проводов. Загрузка программы возможна как с

компьютера, так и через съемную карту памяти, что опять-таки позволяет максимально упростить и ускорить замену отказавшего оборудования.

Выводы по разделу четыре:

1. Построена циклограмма работы деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3, рассчитана мощность фрезерования 24,42 кВт.

2. Система управления деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3 состоит из: контроллера, транзисторного преобразователя, исполнительного механизма двигателя, рабочего органа диска пилы и датчика обратной связи - энкодера.

3. Выбрано электрооборудования для САУ ДЦ 12×3:

- двигатель SIEMENS 1LE1002-1DA3 с встроенным энкодером DFS60;
- транзисторный преобразователь SIEMENS SINAMICS S120 PM240-2;
- контроллер S7-1200.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

5 РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В ПРОГРАММЕ VISSIM

VisSim – приложение ОС Windows, предназначенное для моделирования во времени процессов, правил развития, взаимосвязи промежуточных величин, начальные условия которых задаются перед началом симуляции в удобной и наглядной форме – в виде структурной схемы. Работа VisSim основана на пошаговом решении уравнения, в общем случае описывающих моделируемые процессы. Таким образом, после обработки VisSim моделирования процесса от начальной точки во времени до конечной с наперед заданной точностью, получается решение уравнения. Для визуализации полученных результатов в VisSim имеется возможность отражения полученных результатов в виде графиков [17].

Исходными данными для моделирования являются:

- сила резания;
- передача;
- частота вращения.

Структурная схема модели электроприводов каретки и основной фрезы представлена на рисунке 9.

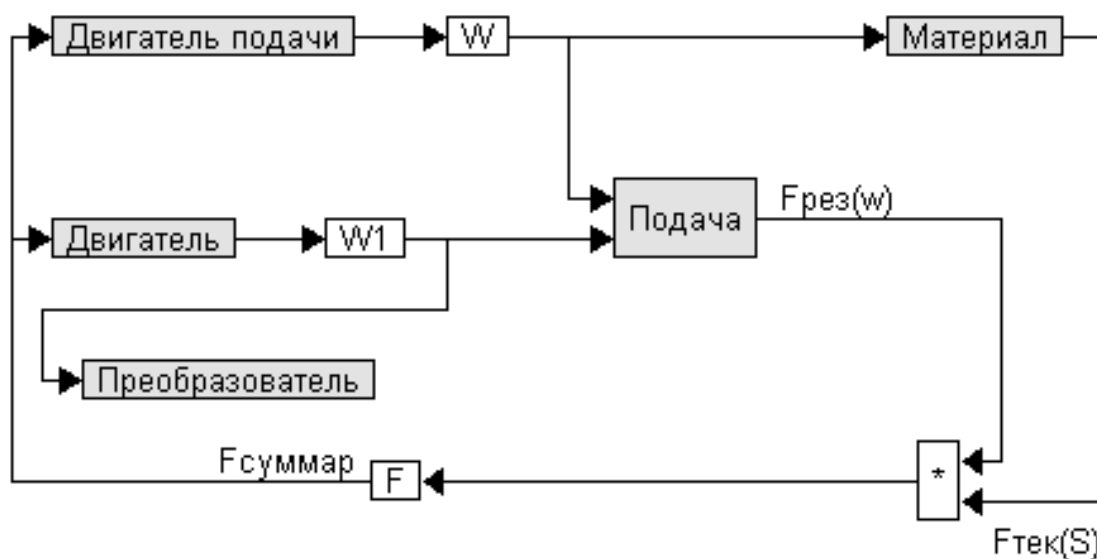


Рисунок 9 – Структурная схема в программе динамического моделирования

Основные характеристики двигателя подачи каретки с моментом резания $M_{рез}$ подачи и моментом инерции двигателя, а также характеристику двигателя, в которой описана формула Клосса. На рисунке 10 представлена модель двигателя подачи, а на рисунке 11 – реализация формулы Клосса для двигателя подачи.

На рисунке 11 переменная W_0 соответствует частоте холостого хода двигателя подачи каретки, а переменная dw – выходному сигналу с частотного преобразователя.

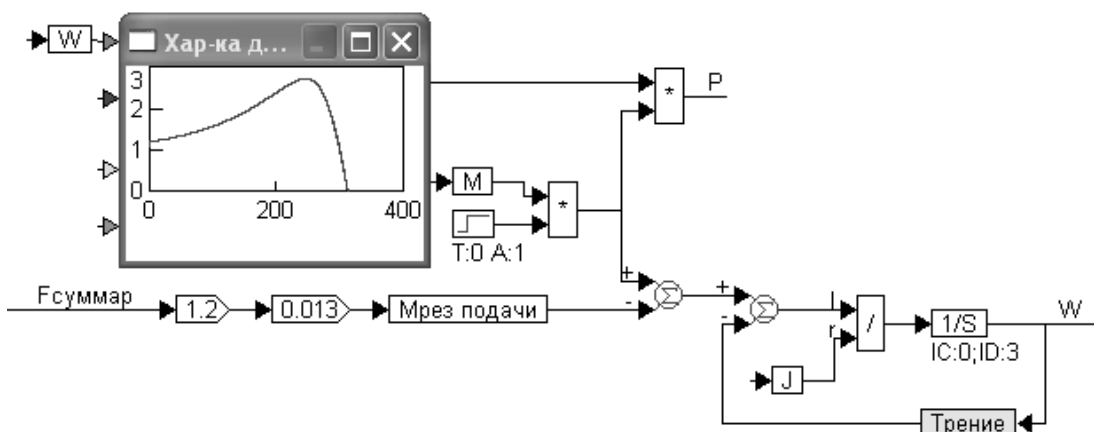


Рисунок 10– Модель двигателя подачи ДЦ 12×3 в программе динамического моделирования

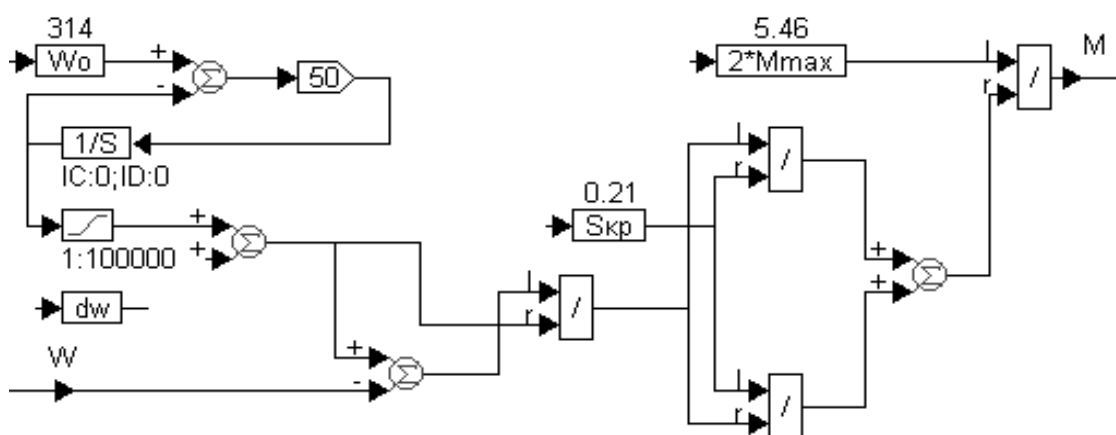


Рисунок 11 – Реализация формулы Клосса для двигателя подачи ДЦ 12×3 в программе динамического моделирования

Момент асинхронных двигателей, представленных на рисунке 10, рассчитывается по формуле Клосса.

$$M = \frac{2 \cdot M_{\max}}{\left(\frac{S_H}{S_K} + \frac{S_K}{S_H}\right)}, \quad (4.2)$$

где M_{\max} – максимальный момент, Н·м;

S_H – номинальное скольжение;

S_K – критическое скольжение.

Номинальная частота вращения $\omega_{\text{НОМ}}$, рад/с, определяется по формуле:

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{НОМ}}}{60}, \quad (4.3)$$

где $n_{\text{НОМ}}$ – номинальная скорость вращения, об/мин.

Значение $M_{\text{МАХ}}$ определяется из соотношения:

$$M_{\text{МАХ}} = \lambda \cdot M_{\text{НОМ}}, \quad (4.4)$$

где $M_{\text{НОМ}}$ – номинальный момент двигателя, Н·м;

λ – перегрузочный коэффициент.

Номинальный момент двигателя находится по формуле:

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{P}{\omega_{\text{НОМ}}}, \quad (4.5)$$

где $\omega_{\text{НОМ}}$ – номинальная угловая скорость рад/с (298,3).

Критическое скольжение $s_{\text{К}}$ находится из уравнения:

$$s_{\text{К}} = s_{\text{Н}} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}), \quad (4.6)$$

где $s_{\text{Н}}$ – находится из выражения

$$s_{\text{Н}} = \frac{n_0 - n_{\text{НОМ}}}{n_0},$$

где n_0 – угловая скорость идеального холостого хода, рад/с.

Основные характеристики двигателя главной пилы (момент инерции двигателя, трение), результирующую силу резания F . На рисунке 12 представлена модель главной фрезы, а на рисунке 13 представлена реализация формулы Клосса для двигателя главной фрезы.

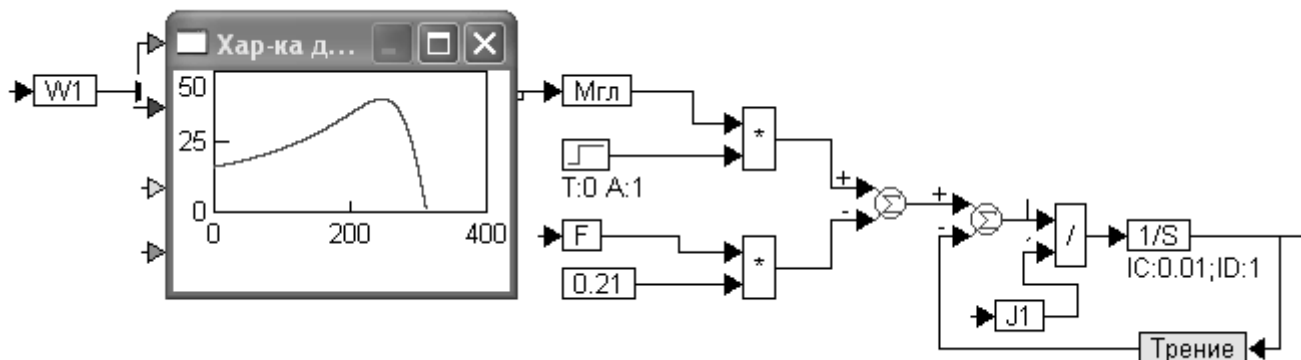


Рисунок 12 – Модель, реализующая блок “Двигатель” главной фрезы ДЦ12×3 в программе динамического моделирования

По формулам 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, получены следующие значения для двигателя подачи каретки ДЦ 12×3:

$$\omega_{\text{НОМ}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 2850}{60} = 298,3 \text{ рад/с};$$

$$M_{\text{НОМ}} = \frac{370}{298,3} = 1,24 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{МАХ}} = 2,2 \cdot 1,24 = 2,73 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_{\text{Н}} = \frac{3000 - 2850}{3000} = 0,05;$$

$$s_{\text{К}} = 0,05 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,21.$$

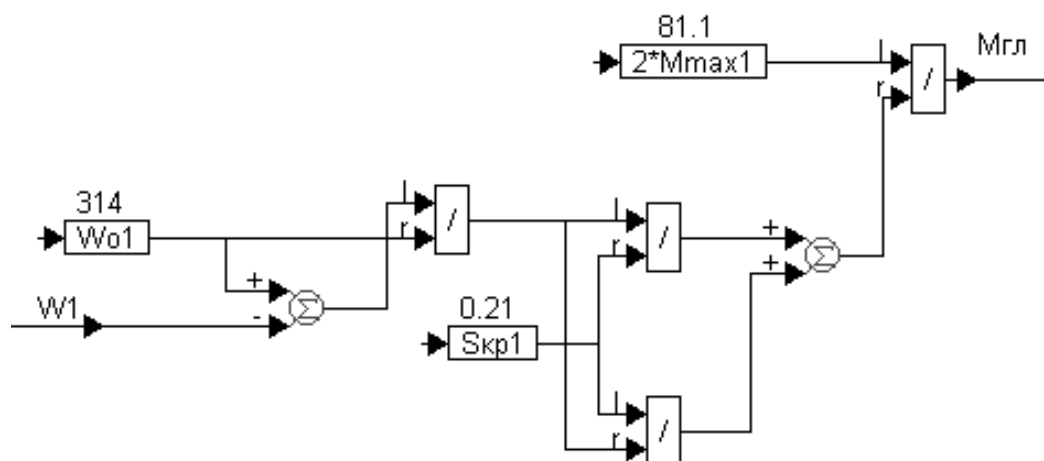


Рисунок 13 – Формула Клосса для двигателя главной фрезы ДЦ 12×3 в программе динамического моделирования

То же для двигателя главной пилы ДЦ 12×3:

$$\omega_{\text{НОМ1}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 2850}{60} = 298,3 \text{ рад/с};$$

$$M_{\text{НОМ1}} = \frac{5500}{298,3} = 18,44 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{МАХ1}} = 2,2 \cdot 18,44 = 40,56 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$s_{H1} = \frac{3000 - 2850}{3000} = 0,05;$$

$$s_{K1} = 0,05 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,21.$$

Модель, реализующая блок “Подача”, приведена на рисунке 14.

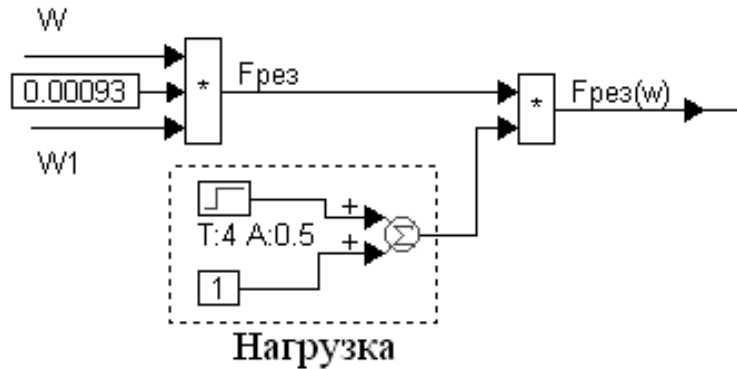


Рисунок 14 – Модель, реализующая блок “Подача” в программе динамического моделирования

В данной модели коэффициент 0,00093 преобразует частоты вращения двигателей подачи W и главной фрезы W_1 в силу резания $F_{рез}$, которая на участке резания равна 78,5 Н, а блок “Нагрузка” имитирует скачкообразное увеличение нагрузки в 1,5 раза на четвертой секунде.

Модель, реализующая материал (твердая древесина), приведена на рисунке 15.

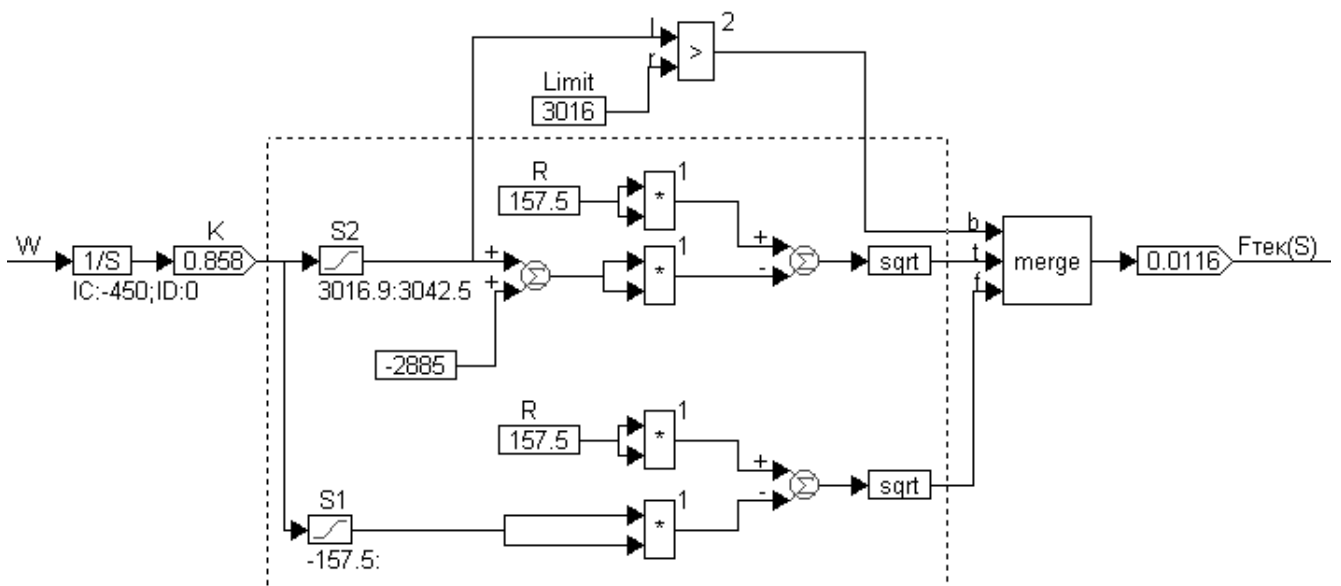


Рисунок 15 – Модель, реализующая блок “Материал” в программе динамического моделирования

Так как на участках врезания и выхода фрезы из материала процесс резания можно описать частью уравнения окружности во втором и первом квадрантах соответственно, то блоки, изображенные в пунктирной рамке, должны реализовывать следующее уравнение:

$$F = K \cdot \sqrt{R^2 - S^2}, \quad (4.7)$$

где K – коэффициент перевода частоты вращения двигателя подачи в линейное перемещение, равный 0,858;

R – радиус фрезы, равный 157,5 мм.;

S – перемещение на участке, мм;

S_{qrt} – арифметическая операция – корень квадратный.

Элементы S1 и S2 представляют собой участки входа фрезы в материал и ее выход, элемент Limit – это ограничение хода фрезы, которое ограничивается конечным выключателем, элементы 1 обозначают возведение в квадрат входных сигналов, а элемент 2 – ограничение перемещения, блок “merge” является переключателем режимов.

Модель, реализующая преобразователь приведена на рисунке 16.

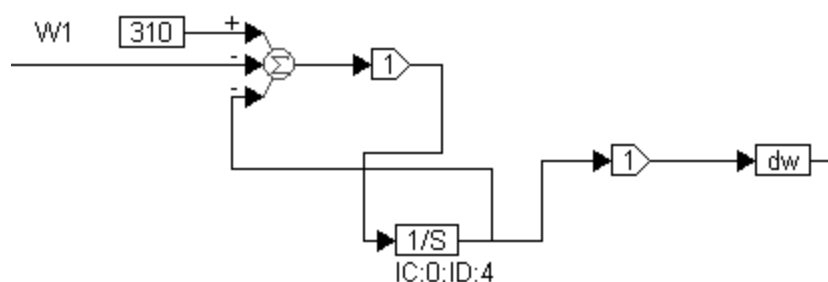


Рисунок 16 – Модель, реализующая блок “Преобразователь” в программе динамического моделирования

Выводы по разделу пять:

1. Разработана математически модель электроприводов ДЦ 12×3 в программе VisSim.
2. В модели «Нагрузка» коэффициент 0,00093 преобразует частоты вращения двигателей подачи W и главной фрезы W_1 в силу резания $F_{\text{рез}}$, которая на участке резания равна 78,5 Н, нагрузка увеличивается в 1,5 раза на четвертой секунде.
3. В модели «Материал» сила резания получилась равной расчетной силе.

6 ПЛАНИРОВАНИЕ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

6.1 Сетевой график

Метод сетевого планирования - достаточно полное и точное отображение в той или иной форме и взаимосвязи их характеристик работ в процессе проектирования деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.

Сетевое планирование является комплексом графических и расчетных методов, организационных мероприятий и контрольных приемов, обеспечивающих моделирование, анализ и динамическую перестройку плана выполнения сложных работ, проектов и разработок [12].

Задача сетевого планирования состоит в том, чтобы графически, наглядно и системно отобразить, и оптимизировать последовательность и взаимозависимость работ, обеспечивающих своевременное и планомерное достижение конечных целей. Для отображения и алгоритмизации тех или иных действий или ситуаций используются экономико-математические модели, которые принято называть сетевыми моделями, простейшие из них - сетевые графики.

Для построения сетевой модели используются такие понятия, как событие, работа и путь. Под событием понимается результат проведения работы. Под работой понимается трудовой процесс, который требует определённые затраты времени и ресурсов. Под путём понимается непрерывная последовательность событий. Под полным путём понимается путь, который начинается от исходного события, являющимся началом графика, и заканчивается завершающимся событием.

Расчеты временных параметров сетевого графика ведутся на основании методики, представленной в [12]. К временным параметрам сетевого графика относятся ранний и поздний сроки совершения событий, а также у работ, лежащих на подкритических путях, полный и свободный резервы времени работ. Пример начального и конечного событий с временными параметрами приведен на рисунке 17.

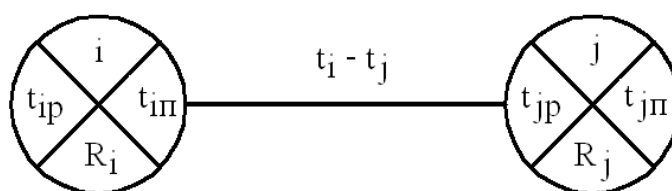


Рисунок 17 – Начальное и конечное события с временными параметрами:

i, j – номера событий;

t_{ip}, t_{jp} – ранний срок свершения соответственно i -го и j -го события;

$t_{iп}, t_{jп}$ – поздний срок свершения соответственно i -го и j -го события;

R_i, R_j – резерв времени соответственно i -го и j -го события

Ранний срок свершения j – го события t_{jp} , рассчитывается по формуле:

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$t_{jp} = \max \cdot (t_{jp} + t_{i-j}). \quad (6.1)$$

Поздний срок свершения i -го события t_{ii} , рассчитывается по формуле:

$$t_{ii} = \min \cdot (t_{jp} + t_{i-j}). \quad (6.2)$$

Резерв времени $i(j)$ события $R_{i(j)}$, рассчитывается по формуле:

$$R_{i(j)} = t_{i(j)i} - t_{i(j)p}. \quad (6.3)$$

Полный резерв времени работы $R_{i(j)п}$, рассчитывается по формуле:

$$R_{i(j)п} = t_{ji} - t_{jp} - t_{i-j}. \quad (6.4)$$

Свободный резерв времени $R_{(i-j)p}$, рассчитывается по формуле:

$$R_{(i-j)p} = t_{ji} - t_{jp} - t_{i-j}. \quad (6.5)$$

Вероятное время работы t_{i-j} , рассчитывается по формуле:

$$t_{i-j} = \frac{(t_{\max} + t_{ip} + t_{\min})}{6}. \quad (6.6)$$

Перечень работ и их коды указаны в таблице 9.

Таблица 9– Перечень работ и их коды

Код работы	Перечень работ	Время выполнения работы, смен
0 – 1	Изготовление металлоконструкций	4
0 – 2	Проектирование	5
2 – 3	Сборка узла привода	2
3 – 4	Сборка фрезерного агрегата	10
4 – 5	Монтаж узла привода	6
4 – 6	Монтаж тележки	10
5 – 6	Наладка привода	3
6 – 7	Монтаж электронной системы управления	5
7 – 8	Стыковка агрегатов центра	1
8 – 9	Наладка ДЦ 12×3	1
9 – 10	Пробный пуск и сдача в эксплуатацию	2

Перечень событий их коды указаны в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень событий и их коды

Код события	Перечень событий
0	Изготовление металлоконструкций
1	Сборка узла привода
2	Сборка фрезерного агрегата
3	Монтаж узла привода
4	Монтаж тележки
5	Наладка привода
6	Монтаж электронной системы управления
7	Стыковка агрегатов центра
8	Наладка ДЦ 12×3
9	Пробный пуск и сдача в эксплуатацию

Рассчитанные временные параметры сетевого графика представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Временные параметры сетевого графика

Код события	Ранний срок свершения события	Поздний срок свершения события	Резерв времени
0	0	0	0
1	4	4	0
2	6	6	0
3	16	16	0
4	22	22	0
6	32	32	0
7	35	35	0
8	40	40	0
11	42	42	0

На рисунке 18 представлен сетевой график монтажа деревообрабатывающего центра ДЦ12×3.

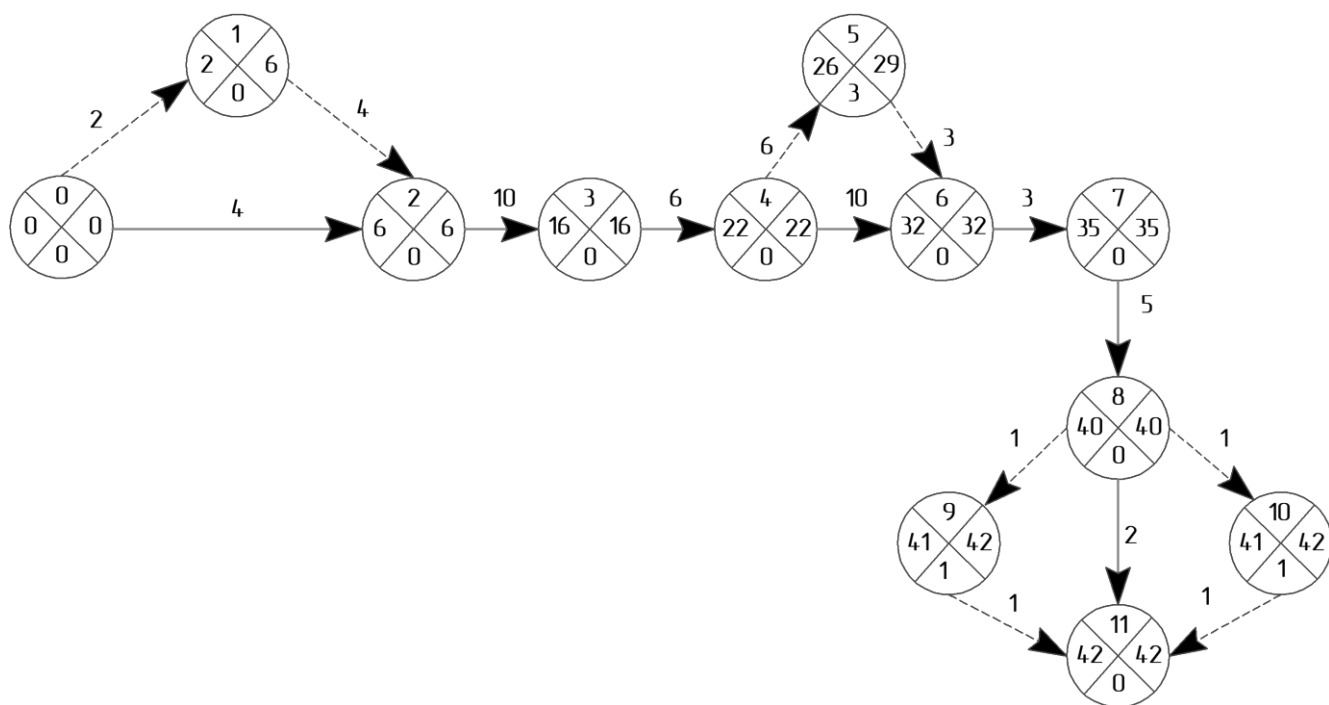


Рисунок 18 - Сетевой график монтажа деревообрабатывающего центра ДЦ12×3

Работы на графике связаны друг с другом и располагаются последовательно в соответствии с этими связями, кроме нулевой работы которая соответствует началу работы. Работы, которые связаны только логикой и не участвуют в непосредственной технологической связи обозначаются на графике пунктирными линиями.

Сетевой график позволяет определить трудозатраты и общую продолжительность работ по каждой отдельной операции технологического процесса (пути). Путь с наибольшим временем считается определяющим и является критическим, на графике он обозначен жирной линией: 0→2→3→4→6→7→8→11 = 42 смены.

6.2 Определение затрат на разработку деревообрабатывающего центра

Расчет себестоимости разработки деревообрабатывающего центра произведен по методике [12].

Время, приходящееся на монтаж деревообрабатывающего центра $T_{лр1}$, смен:

$$T_{лр1} = 42 \text{ смены}$$

Время, приходящееся на монтаж деревообрабатывающего центра $T_{лр}$, час:

$$T_{лр} = T_{лр1} \cdot N_{лр}$$

где $N_{лр}$ – количество часов в смене, $N_{лр} = 8$.

$$T_{лр} = 42 \cdot 8 = 336 \text{ ч.}$$

В монтаже участвуют:

Инженеры АСУ ТП;

рабочие первой категории.

Оклад инженера АСУ ТП $O_{и}$, рублей:

$$O_{и} = 30000 \text{ руб.}$$

Оклад рабочего первой категории $O_{р}$, рублей:

$$O_{р} = 15000 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата $Z_{осн}$, руб.

$$Z_{осн} = (O_{и} + O_{р}) \cdot T_{рк},$$

где $T_{рк}$ – количество месяцев затраченных на монтаж ДЦ 12×3, мес.:

$$T_{рк} = \frac{T_{лр1}}{30} = \frac{42}{30} \approx 1,4 \text{ мес.}$$

$$Z_{осн} = (30000 + 15000) \cdot 1,4 = 63000 \text{ руб.}$$

Районный коэффициент $Z_{кр}$, рублей, составляет 15 % от основной зарплаты:

$$Z_{кр} = Z_{осн} \cdot 0,15,$$

$$Z_{кр} = 63000 \cdot 0,15 = 9450 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата $Z_{доп}$, руб., по формуле:

$$Z_{доп} = (Z_{осн} + Z_{кр}) \cdot 0,1,$$

$$Z_{доп} = (63000 + 9450) \cdot 0,1 = 7245 \text{ руб.}$$

Единый социальный налог $O_{соц}$, руб.

$$O_{соц} = (Z_{осн} + Z_{кр} + Z_{доп}) \cdot 0,38$$

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

$$O_{\text{соц}} = (63000 + 9450 + 7245) \cdot 0,38 = 30284 \text{ руб.}$$

Виды основных фондов представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Виды основных фондов

Виды основных фондов	Годовая норма амортизационных отчислений N_{ai} , %	Балансовая стоимость i -той единицы основных фондов $C_{офи}$, руб.
Стол фрезерной обработки	14	1200000
Привод	14	2000000
Система управления	14	700000
Транспортер	14	1000000
ИТОГО		4 900 000

Затраты на материалы C_p , руб, сведены в таблице 13.

Таблица 13 – Затраты

Наименование продукции	Единица измерения	Количество	Сметная стоимость, руб.
Металлоконструкция	тонна	10	925 000
Провода и кабели	метр	1000	200 000
Дерево	m^3	3	54 000
Прочие	–	–	100 000
Основные фонды			4 900 000
Итого; C_p			6 179 000

Общехозяйственные расходы O , руб., составляют 220 % от основной заработной платы:

$$O = Z_{\text{осн}} \cdot 2,2,$$

$$O = 63000 \cdot 2,2 = 138600 \text{ руб.}$$

Себестоимость разработки $K_{\text{рк}}$, руб.

$$K_{\text{рк}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{кр}} + Z_{\text{доп}} + O_{\text{соц}} + C_p + O,$$

$$K_{\text{рк}} = 63000 + 9450 + 7245 + 30284 + 6\,179\,000 + 138600 = 6\,427\,579 \text{ руб.}$$

Себестоимость разработки сведена для наглядности в таблицу 14.

Таблица 14 – Себестоимость разработки

Элементы затрат	Стоимость, руб.
Материальные затраты	6 179 000
Расходы на оплату труда	79 695
Единый социальный налог	30284
Прочие расходы	138600
Итого:	6 427 579

Выводы по разделу шесть:

1. Построен сетевой график монтажа деревообрабатывающего центра ДЦ12×3, рассчитана длительность цикла подготовки производства монтажа ДЦ 12×3 равная 42 смены.
2. Себестоимость деревообрабатывающего центра будет равна 6 427 579 руб.
3. Компания Hans Hundegger AG может поставить подобный деревообрабатывающий центр за 42 000 000 руб. В результате разрабатываемый деревообрабатывающий центр ДЦ 12×3 получается почти в 6,5 раз дешевле.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Краткое описание рабочего места оператора деревообрабатывающего центра

Рабочим местом является непосредственно производственная площадь цеха, на которой располагается деревообрабатывающий центр с необходимыми приспособлениями, вспомогательными и режущими инструментами, всей технической документацией и другими предметами, и материалами, непосредственно участвующими в процессе производства. Комплектация рабочего места и организация труда оператора деревообрабатывающего центра ДЦ12×3 в значительной степени влияют на его производительность.

На ДЦ 12×3 будут изготавливать клееные деревянные конструкции для быстровозводимых энергосберегающих домов. Центр будет располагаться в основном производственном корпусе.

Оператор ДЦ 12×3 осуществляет:

- распилы сэндвич-панелей продольные и под углом;
- фрезеровку отверстий различной формы и размера;
- сверление глухих и сквозных отверстий.

Смена инструмента во время обработки деталей не требуется.

К материалам, используемым во время производства относятся:

- пиломатериалы разных пород и сортов;
- сэндвич-панели.

Деревообрабатывающий центр ДЦ 12×3 предназначен для форматирования стеновых элементов, а также выпиливания необходимых отверстий под дверь и окна, фрезеровки отверстий, пазов и выемок для отопительного и санитарного оборудования.

Сэндвич – панель в цех будет доставляться со склада. Оператор производить раскройку и распиловку сэндвич – панели, согласно задания на производство. Готовую конструкционную панель проходит контроль качества маркируется и отправляется на склад готовой продукции.

Деревообрабатывающий центр ДЦ 12×3 и рабочее место оператора должны быть укомплектованы пылесосами для сбора стружки и пыли.

Допустимая температура при эксплуатации ДЦ 12×3: от +10 °С до 40 °С.

Рекомендуемая относительная влажность воздуха при эксплуатации центра: не более 75% при +20 °С.

Нормальное эксплуатационное значение атмосферного давления: 865...1065 ГПа (630...780 мм рт. Ст.)

7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Основными опасными производственными факторами при работе на ДЦ 12×3 в определенных обстоятельствах могут быть:

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура поверхностей оборудования;
- повышенный уровень шума на рабочем месте при работе нескольких станков и механизмов одновременно;
- повышенный уровень статического электричества;
- острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности заготовок, инструментов и оборудования;
- токсичные и раздражающие химические вещества, воздействующие на организм человека;
- химические вещества, проникающие в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки;
- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

При работе деревообрабатывающего центра уровень шума и вибрации в цехе превышает допустимый на 10-25 дБ.

Атмосфера в производственном помещении, загрязнена примесями вредных веществ, образующихся в процессе производства, такие различные аэрозоли – это скопление пыли в воздухе и аэрогели – осевшая пыль. При попадании в организм человека таких примесей через дыхание, кожу или пищевод происходит ухудшение здоровья, в последствии могут появиться различные острые и хронические симптомы, а также специфические заболевания.

Древесина обладает токсическими свойствами, из-за содержания в ней дубильной смолы, эфирного масла, различных минеральных веществ, пектинов, жиров. Их содержание в древесине зависит от вида, места, времени года и возраста дерева.

Образование пыли, которая не обладает способностью растворяться в организме человека, способствует раздражению кожи, глаз, ушей, десен, вызывая при этом аллергическую реакцию. При длительной работе в такой среде у оператора ДЦ 12×3 может возникнуть пневмокониоз и пылевой бронхит.

Из-за повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны возникает проблема и с микроклиматом.

Отсутствующее отопление, сквозняки, отдельные нагревающиеся поверхности, инструменты и материалы приводят к непостоянству температур в цехе и негативно влияют на человеческий организм.

К электротравмам при производстве на деревообрабатывающем центре может привести прикосновение человека к:

- токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- оголенным проводам;
- конструктивным частям центра и электрооборудования у которых повреждена изоляция.

Проходящий через тело человека электрический ток приводит к термическому, электролитическому, механическому и биологическому воздействию на организм.

Переутомление и снижение работоспособности оператора возникает из-за недостаточной освещенности рабочей зоны. Низкий уровень освещенности и слепящий свет вызывает у оператора усталость в глазах, а пульсации освещения головные боли [13].

7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды

Во время производства работ с опасными и вредными производственными факторами работодатель обязан принять меры по их нейтрализации или ограничению действия на человека.

Воздействующие на организм человека вредные вещества разделены на 4 степени опасности. Древесная пыль относится к первой степени - чрезвычайно опасные вредные вещества.

Для оператора деревообрабатывающего центра устанавливается свой норматив качества воздуха:

- среднесменный ПДК;
- максимально разовый ПДК.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005 - 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Период года	Температура °С				Относительная влажность, % Скорость движения воздуха, м/с		
	оптимальная	допустимая		фактическая	оптимальная	допустимая	фактическая
		верхняя граница	нижняя граница				
холодный	от22 до24	25	21	от20 до22	от40 до60	75	55
теплый	от23 до25	28	21	от24 до26	от40 до60	55	45

В цехе температура воздуха колеблется от 21°С до 24°С, относительная влажность составляет 51 %. Таким образом, требования к микроклимату соблюдаются.

Нормирование параметров микроклимата в рабочей зоне производится в зависимости от времени года, а также категориям работ, рассчитывающихся из энергозатрат и избытку явного тепла.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется СанПиН 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Рабочее место оператора ДЦ 12×3 необходимо осветить как естественно так и искусственно. В зимнее время года и вечером возникает недостаток в естественном освещении, его необходимо восполнить светильниками общего освещения оснащенными газоразрядными лампами (искусственное освещение). А непосредственно рабочее место оператора снабдить специальными светильниками местного освещения.

Фактическое значение освещенности рабочего места оператора деревообрабатывающего центра не должно превышать предельно допустимые нормы, указанные в таблице 16.

Таблица 16 - Нормы естественного и искусственного освещения

Характеристика зрительной работы	Максимальный размер объекта, мм	Искусственное освещение, лк		Естественное освещение, КЕО %	
		Комбинированное	общее	верхнее	боковое
очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	1000	300	7	2,5

Шум, вибрация во время работы оператора возникает из-за работы различных механизмов, машин и других источников.

Гигиенические нормативы шума определены ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Действие вибраций на человека зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности этого воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воздействия. Гигиеническое нормирование вибраций осуществляется по ГОСТ 12.1.012-90 и СН 2.2.4/2.1.8.566-96. Документы, устанавливающие нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий.

На данный момент уровень шума и вибрации в цехе, где планируется установить ДЦ 12×3, не превышают допустимых норм. При увеличении уровня шума и вибрации необходимо будет заменить части центра на более усовершенствованные, либо использовать ушных вкладыши, наушники или шлемы для ограждения слуховых органов человека.

ГОСТ 12.1.038-82 устанавливает предельно допустимые напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при аварийном режиме работы электроустановок производственного и бытового назначения постоянного и переменного тока частотой 50 и 400 Гц. Для переменного тока 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2В, а силы тока - 0,3 мА, для то-

ка частотой 400 Гц - 2В и 0,4 мА; для постоянного тока - 8В и 1,0 мА (эти данные приведены для продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки) [13].

На основании «Правила устройства электроустановок» деревообрабатывающий центр ДЦ 12×3 относится к производственному участку повышенной опасности.

Полученные результаты оценки условий труда для работников деревообрабатывающего центра относящиеся к показателям вредности и опасности производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Показатели производственной среды

Факторы		Класс условий труда
Физический	Шум	Допустимый
	Вибрация локальная	Оптимальный
	Вибрация общая	Оптимальный
	Излучение	Оптимальный
	Микроклимат	Оптимальный
	Освещенность	Оптимальный
Химический		Оптимальный
Биологический		Оптимальный
Напряженность труда		Допустимый
Тяжесть труда		Допустимый
Общая оценка условий труда		Допустимая

Анализ вредных и опасных факторов при производстве на деревообрабатывающем центре ДЦ 12×3 показал, что отклонений нет и условия труда допустимы. Разработаны мероприятия по устранению и снижению опасных и вредных факторов на организм человека.

7.4 Охрана труда

Оператор деревообрабатывающего центра ДЦ12×3, является ответственным лицом на закреплённом за ним рабочем месте, отвечает за:

- безаварийную работу всего центра в целом;
- выполнение требований, относящихся к охране труда на производстве;
- пожарную безопасность;
- промышленную санитарию.

К работе оператора ДЦ12×3 допускаются лица:

- не моложе 18 лет, прошедшие медицинскую комиссию, которая не выявила у них противопоказаний к выполнению предстоящей работы;
- прошедшие вводный инструктаж, первичный инструктаж на рабочем месте;

- прошедшие теоретическое и практическое обучение безопасным приемам и методам труда;

- сдавшие экзамен по охране труда и промышленной безопасности специально созданной производственной комиссии, которая производит проверку знаний по вопросам безопасных методов и приемов труда для оператора центра;

- получившие удостоверение и имеющие право приступить к самостоятельной работе, в удостоверении имеются талоны, которые изымаются в случае нарушении требований безопасности на производстве.

Оператор центра проходит периодическую проверку знаний по охране труда и промышленной безопасности не реже 1 раза в год, повторные инструктажи проводятся не реже чем 2 раза в год, перед периодической проверкой знаний и через 6 месяцев после нее.

Внеочередная проверка знаний у оператора центра по охране труда и промышленной безопасности проводится в тех случаях:

- когда при проведении работ были нарушены правила безопасности;

- а также по требованию руководителей и специалистов по охране труда и отдела производственного контроля организации в чьем ведении находится деревообрабатывающий центр.

Внеплановые инструктажи проводятся:

- после произошедших на производстве несчастных случаев, различного рода аварий или инцидентов по приказу руководителя организации, которые произошли по причине нарушений требований безопасности;

- по требованию органов государственного надзора, а также служб, осуществляющих контроль за безопасностью на производстве, при установлении фактов неудовлетворительного знания работником требований охраны труда и промышленной безопасности.

Целевые инструктажи проводятся оператору центра перед:

- выполнением оператором работ с повышенной опасностью, к ним относятся работы на высоте, работы с применением газового оборудования, они оформляются нарядом - допуском по установленной организацией форме;

- выполнением работ, не связанных с прямыми обязанностями оператора, которые не требуют дополнительного обучения;

- участием в ликвидации последствий аварий, которые оформляются нарядом-допуском «На выполнение работ с повышенной опасностью».

На рабочем месте всегда должен присутствовать перечень инструкций, знание которых является обязательным для оператора деревообрабатывающего центра.

Оператор не допускается к работе в следующих случаях:

- если истек срок инструктажа или очередной проверки знаний;

- появления на рабочем месте в нетрезвом виде, в состоянии наркотического и токсического опьянения или болезненном состоянии (по заключению врача);

- нарушения требований охраны труда и промышленной безопасности;

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

- не сдачи экзамена по проверке знаний техники безопасности, методов и приемов труда;

- отсутствия или неисправности спецодежды и других средств индивидуальной защиты;

- отказа проходить обязательный медицинский осмотр или если в медицинском заключении указана причина невозможности дальнейшего исполнения обязанностей оператора.

Оператор имеет право:

- требовать возможность безопасного выполнения работ;

- отказаться от выполнения работы если оборудование неисправно;

- знать достоверную информацию о существующих рисках, наносящих вред здоровью человека, которые присутствуют на рабочем месте;

- не останавливая производственный процесс обжаловать распоряжения, выданные ему;

- вносить свои предложения по улучшению условий и охраны труда и промышленной санитарии.

- получить обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с законодательством Российской Федерации;

- пройти обучение безопасным методам и приемам при производстве работ за счет средств работодателя;

- проходить внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями при сохранении за ним места работы, среднего заработка на время прохождения указанного медицинского осмотра;

- получить компенсацию, установленную законодательством Российской Федерации и законодательством субъектов Российской Федерации, коллективным договором, трудовым договором, так как оператор занят на тяжелой работе и работе с вредными и опасными условиями труда.

Оператор деревообрабатывающего центра несет ответственность за:

- несоблюдение требований по технике безопасности на рабочем месте;

- применять материал, инструмент и оборудование не по назначению;

- нарушение процесса производства в результате которого произошёл сбой в работе оборудования центра, что привело к некачественному и несвоевременному выполнению работ;

- отказ выполнять приказы и распоряжения;

- действия которые привели к аварийной ситуации, аварии, травматизму;

- содержание пультовой оператора в чистоте и порядке;

- несоблюдение правил внутреннего трудового распорядка;

Оператор деревообрабатывающего центра подчиняется мастеру производства, с которым связь поддерживается по телефону. При отсутствии мастера на рабочем месте приказы отдает начальник производства.

При возникновении аварийных ситуаций оператор ДЦ 12×3 должен поставить в известность мастера производства и выполняет все его указания, руковод-

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

ствуясь «Планом локализации и ликвидации аварийных ситуаций в производстве».

7.5 Правила работы на ДЦ 12×3

Оператор ДЦ 12×3 перед началом работы должен:

- явится на рабочее место, пройдя медицинские осмотры;
- получить задание;
- проверить станок перед его работой, наличие заземляющего контура;
- произвести осмотр рабочего места и средств пожаротушения;
- включить приточно-вытяжную вентиляцию;

Оператор ДЦ 12×3 во время выполнения работ должен соблюдать следующие требования:

- выполнять только порученную ему работу и не передавать ее другим без разрешения мастера производства;

- осуществлять управление и обслуживание сортировки пиломатериалов;
- обеспечивать четкое взаимодействие в работе всех механизмов установок;
- производить смену пил, настройку устройств и механизмов установок;
- осуществлять наладку и смазку обслуживаемого оборудования, устранять мелких технические неисправности;

- при необходимости отлучения с рабочего места или обеденного перерыва необходимо запирают двери пультовой на замок;

- в случае неисправности оборудования центра или ухода с рабочего места необходимо оборудование ЧПУ отключить от сети;

- при работе на деревообрабатывающем центре соблюдать правила использования технологического оборудования, приспособлений и инструментов, способы и приемы безопасного выполнения работ;

- использовать по назначению средства индивидуальной и коллективной защиты;

- соблюдает требования личной гигиены и производственной санитарии;

- оказывает первую помощь пострадавшим при получении травмы, отравлении и внезапном заболевании;

По окончании работы оператор ДЦ 12×3 обязан:

- выключить приточно-вытяжную вентиляцию;
- привести в порядок рабочее место;
- убрать в отведенное место инвентарь и материалы;
- доложить о проделанной работе мастеру производства и с его разрешения покинуть рабочее место, отключив оборудование от сети, заперев пультовую на замок.

В случае возникновения аварийной ситуации доложить начальнику производства, отключить оборудование, находящееся под напряжением и приступить к тушению пожара подручными средствами пожаротушения.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Оказать необходимую медицинскую помощь пострадавшему согласно инструкции при необходимости вызывать скорую помощь по телефону 03.

7.6 Эргономика и производственная эстетика

Режим работы оператора определяют правила внутреннего распорядка на производстве, который устанавливает 40 часов в неделю, первая смена – 8 часов, с двумя выходными днями, отпуск – 28 календарных дней.

Запрещается курить на рабочем месте, пить и принимать пищу.

Рабочее место оператора ДЦ 12×3 - это зона его трудовой деятельности в течении рабочей смены.

Правильная организация рабочего места оператора, предполагает рациональную планировку и размещение оборудования на рабочем месте с учетом психофизиологических характеристик и антропометрических данных персонала, компоновка средств отображения информации и органов управления, должно обеспечить безопасность работы и нормальные окружающие условия.

Почти треть своего времени оператор проводит на рабочем месте, поэтому необходимо оформление его внешнего вида, чтобы операторам было удобно, и он мог расслабиться.

Для оператора должны быть созданы три зоны:

- рабочая;
- вспомогательная;
- отдыха.

Рабочая зона – это главное пространство оператора с пультом, аппаратурой управления, приборами, средствами связи с управляемыми объектами, устройства визуальной и звуковой сигнализации; приборы регистрации событий.

Зона отдыха – располагается внутри пультовой, либо в непосредственной близости от нее так чтобы из нее можно было наблюдать за оперативным щитом и пультом управления.

Аппаратура ЧПУ получив входные данные от оборудования центра, предоставляет оператору информацию, которую он воспринимает и интерпретирует, используя для этого в качестве устройства для обработки данных свой мозг. Далее человек производит необходимую установку органов управления центром, чтобы изменить ее выходные данные. Таким образом, оператор и деревообрабатывающий центр образуют единую систему используя возможности каждого.

Рабочее места оператора деревообрабатывающего центра должно способствовать повышению эффективности работы оператора и всей системы организации процесса производства в целом.

Структурная схема системы «человека-машины» представлена на рисунке 19 состоит из:

- рецепторов (органы чувств);
- средств отображения информации;
- центральной нервной системы;

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

- информационно логических и вычислительных устройств (ИЛиВУ);
- эффекторов (органы движения);
- органов управления.

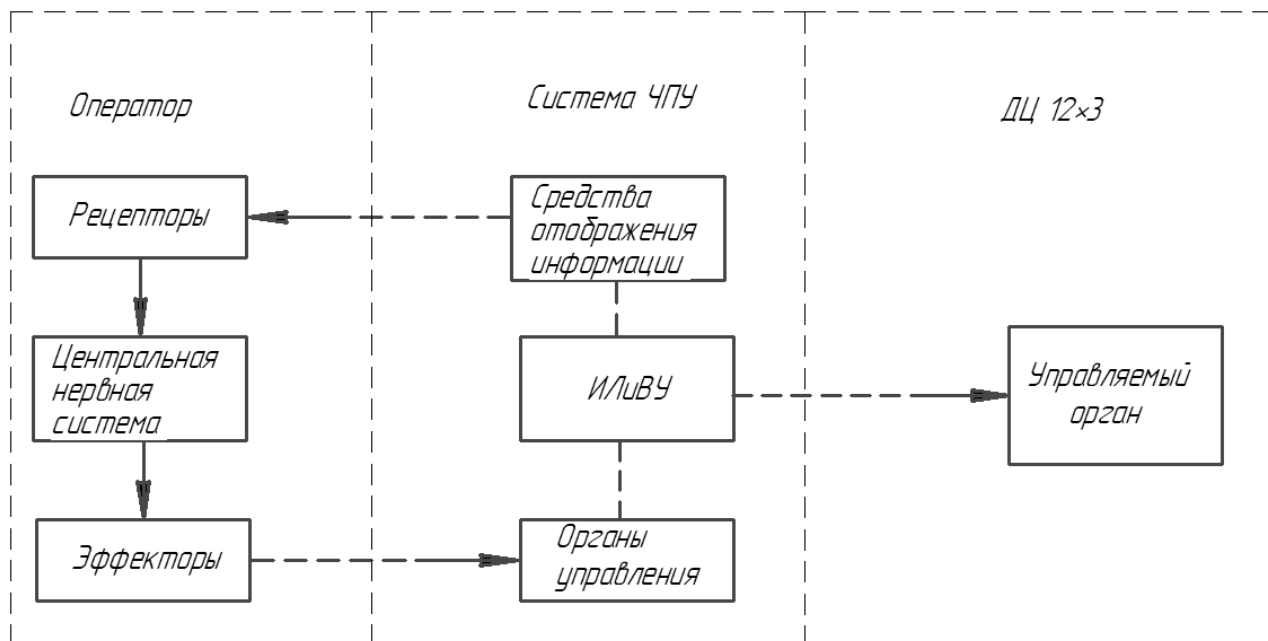


Рисунок 19 - Структурная схема системы «человека-машины»

7.7 Противопожарная и взрывобезопасность

По степени пожарной опасности деревообрабатывающий цех, в котором будет установлен станок относятся к III категории В, так как древесная пыль или волокна могут вызвать опасность пожара.

Основными причинами пожаров на деревообрабатывающем производстве являются:

- курение сигарет в местах не предназначенных для этого;
- неисправность и нарушение изоляции в электросети;
- не регламентированное хранение быстровоспламеняющихся материалов;
- загромождение территории цеха посторонними предметами.

Для предотвращения подобных ситуаций необходимо:

- складировать горючие и смазочные материалы на приличном расстоянии от зданий с противоположной стороны от господствующих ветров;
- производить периодические осмотры электропроводки;
- курить только в специально отведенных местах.

Все цеха должны быть оборудованы исправной вентиляцией.

Цеха должны быть оборудованы:

- пожарным водопроводом;
- средствами пожаротушения, расположенными в удобных местах;
- автоматической сигнализацией;

- ручными пожарными извещателями;
- системой дымоуловления.

Каждый работающий должен быть обучен обращению с средствами пожаротушения. При возникновении пожара, немедленно вызываются пожарные и приступить к тушению пожара подручными средствами пожаротушения [14].

7.8 Экологическая безопасность

Деревообрабатывающая промышленность использует возобновляемые и устойчивые экологические ресурсы. Но даже она создаёт различные виды воздействия на окружающую среду на разных этапах производства, от заготовки до их утилизации.

Основными экологическими рисками, при производстве в деревообрабатывающей сфере являются:

- выбросы в атмосферу и загрязненный воздух в рабочей среде;
- образование технических сточных вод;
- обработка опасными химическими веществами;
- высокая вероятность взрывов и пожаров;
- сильный шум во время производственного процесса.

В процессе распиловки, сушки дерева в печи происходит выброс твердых частиц в окружающую среду. Деревообрабатывающее производство оказывает негативное воздействие на качество земли, воды и воздуха. Происходит выброс газов в окружающую среду таких как CO₂, CH₄, NO, N₂O, SO₂ [14].

Деревообрабатывающий центр подвергает окружающую среду различным загрязнениям.

Снижение древесных отходов, повышения эффективности использования первичной древесины поможет значительно понизить воздействие на окружающую среду, уменьшить ущерб, наносимый лесным ресурсам.

Утилизация лесоматериалов влияет на загрязнение и выбросы парниковых газов в атмосферу.

Вместо того, чтобы утилизировать отходы в помещениях деревообрабатывающих заводов их можно использовать для производства тепловой энергии.

Использования экологически безопасных консервантов, снижает воздействия на окружающую среду и одновременно повышает долговечность изделий из древесины. Это улучшает защиту древесины от грибков, помогает снизить воздействие на земельные и водные ресурсы.

7.9 Обеспечение безопасности угрозе чрезвычайных ситуаций

На современном этапе развитие деревообрабатывающей промышленности сопровождается возникновением аварийных ситуаций, которые ведут к человеческим жертвам, несмотря на принимаемые меры по обеспечению безопасности.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Поэтому проблема обеспечения всесторонней безопасности деревообрабатывающих производств остается всегда актуальной.

Согласно статистическим данным пожары на объектах деревообработки возникают по следующим основным причинам:

- нарушение правил технической эксплуатации и монтажа электротехнического оборудования;
- нарушение правил эксплуатации теплогенерирующих приборов устройств;
- нарушение правил монтажа и эксплуатации отопительного оборудования;
- неосторожное обращение с огнем.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо проводить превентивные мероприятия по повышению уровня безопасности производства и исключению образования опасных факторов производства.

Основными опасными факторами на деревообрабатывающих производствах являются:

- сосредоточение большого количества пожароопасного вещества (древесины) на относительно малой площади;
- древесная пыль, выделяющаяся при осуществлении производственных операций с древесиной и продуктами ее переработки;
- теплота, выделяемая от трения быстро вращающихся элементов станков;
- искры при механической обработке в случае наличия в пыли металлических включений;
- самовозгорание отложений ЛКМ, опилок, пропитанных маслом;
- тепловое проявление электрического тока;
- искровые разряды статического и атмосферного электричества (молния);
- теплота трения, возникающая при распиловке древесины, перегрузке или перекосе пил, наличия в ней сучьев.

В смеси с воздухом древесная пыль образует взрывоопасные пылевоздушные смеси, при наличии источника зажигания может произойти взрыв или пожар, что приведет к гибели персонала.

Основные мероприятия направленные на повышение безопасности на деревообрабатывающем производстве:

1. Оборудование объектов датчиками: контроля и обнаружения возгорания; определения критических параметров производственных процессов; автоматического отключения установок и оборудования в случае угрозы.

2. Установка и регламентная проверка спринклерных и дренчерных систем пожаротушения, систем создания инертной среды, изоляции аварийных помещений и установок.

3. Сертификация производств по степени пожарной опасности. Экспертиза соответствия технологических процессов и изменений в них нормам противопожарной безопасности. Периодический комиссионный осмотр и активирование объектов. Контроль за пополнением и освежением средств пожаротушения, знанием персоналом правил противопожарной безопасности. Проведение учений и тренировок, а также повышения квалификации персонала.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

4. Организация и оборудование систем оповещения в соответствии с современными достижениями противопожарной техники и с учетом отраслевой специфики. Обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты. Прогнозирование зон воздействия первичных и вторичных факторов поражения для персонала и населения близлежащих жилых кварталов. Определение мер защиты в случае аварии, определение маршрутов вывода персонала и населения из опасных зон и маршрутов ввода сил и средств для ликвидации аварий. Обучение персонала и населения правилам поведения и приемам спасения в случае аварии.

5. Подготовка к привлечению при необходимости дополнительных сил и средств в соответствии с планом взаимодействия. Организация взаимодействия с органами исполнительной власти [14].

Выводы по разделу восемь:

1. Анализ вредных и опасных факторов при производстве на деревообрабатывающем центре ДЦ 12×3 показал, что в зоне обслуживания присутствуют движущиеся механизмы, изделия, механизмы, возможность возгорания запыленность воздуха рабочей зоны, повышенный уровень шума но условия труда в пределах допускаемых норм. По степени пожарной опасности деревообрабатывающий цех, в котором будет установлен станок относятся к III категории В.

2. Разработаны инструкции по обеспечению безопасного выполнения работ на деревообрабатывающем центре ДЦ 12×3, организовано рабочее место оператора.

3. Рассмотрены вопросы экологической безопасности в деревообрабатывающей промышленности и мероприятия направленные на обеспечение безопасности персонала при угрозе возникновения пожаров, аварий, возникающих при: коротких замыканиях, механических повреждениях оборудования.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выбрано электрооборудование для деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3.

Разработана конструкция деревообрабатывающего центра, он состоит из стола фрезерной обработки, портала, направляющей для портала, терминала оператора, механизма смены инструмента, каретки, шкафа системы управления, оптической линейки.

Выбрана комплектация для деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3: поперечный транспортер, пяти осевого фрезерный агрегат с магазином для 11 инструментов, фрезерно-строгальный агрегат выравнивает поверхность заготовок 12000 мм × 3000 мм, электронная система управления, стола для выгрузки.

Построена циклограмма работы деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3, рассчитаны мощность гл. привода 24,42 кВт.

Система управления деревообрабатывающего центра ДЦ 12×3 состоит из: контроллера, транзисторного преобразователя, исполнительного механизма двигателя, рабочих органов диска пилы и датчика обратной связи - энкодера.

Выбрано электрооборудования для САУ ДЦ 12×3:

- двигатель SIEMENS 1LE1002-1DA3 с встроенным энкодером DFS60;
- транзисторный преобразователь SIEMENS SINAMICS S120 PM240-2;
- контроллер S7-1200.

Разработана математическая модель электроприводов ДЦ 12×3 в программе VisSim. В модели «Нагрузка» коэффициент 0,00093 преобразует частоты вращения двигателей подачи W и главной пилы W_1 в силу резания $F_{рез}$, которая на участке резания равна 78,5 Н, нагрузка увеличивается в 1,5 раза на четвертой секунде.

В разделе экономики построен сетевой график монтажа деревообрабатывающего центра ДЦ12×3. Рассчитана длительность цикла подготовки производства монтажа равная 42 смены. Рассчитана себестоимость деревообрабатывающего центра 6 427 579 руб. В результате разрабатываемый деревообрабатывающий центр ДЦ 12× 3 получается почти в 6,5 раз дешевле аналогов, представленных на российском рынке.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы по обеспечению безопасного выполнения работ на деревообрабатывающем центре ДЦ 12×3, организовано рабочее место оператора. Рассмотрены вопросы экологической безопасности в деревообрабатывающей промышленности и мероприятия направленные на обеспечение безопасности персонала при угрозе возникновения пожаров, аварий, возникающих при: коротких замыканиях, неосторожном обращении с огнем, механических повреждениях оборудования.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. 654500 – Электротехника, электромеханика и электротехнологии. – Введ. 27.03.00. – М.

2 Ключев, В. И., Терехов, В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов. – М.: Энергия, 1980 г.

3 Типовой электропривод промышленных установок. – С. А. Волотковский, В. И. Емец, В. К. Козло и др. / Под общ. ред. С. А. Волотковского. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1983 г.

4 Оборудование для лесопиления и сортировки бревен: Учебник для машиностроительных вузов/Под ред. Е.Я. Юдина и С.В. Белова – М.: Машиностроение, 1983. – 432 с.

5 Справочник по лесопилению / Сост. Ю.Б. Шимкевич. – СПб.: Профикс, 2003 (Типография «Наука» РАН). – 200 с.

6 Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т.:/ А.Д.Локтев, И.Ф.Гущин, В.А.Батуев и др.- М.: Машиностроение, 1991. - 573 с.

7 Старов, В.Н., Пачевский В.М. Расчет и конструирование станков. Учебн. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. у-нт, Ч.1.Ч.2, 2007. –263с.

8 Сосонкин, В.Л. Системы числового программного управления: учеб. пособие / В.Л. Сосонкин, Г.М. Мартинов. – М.: Логос, 2005. – 296 с.

9 Кузнецов, Ю. Н. Станки с ЧПУ [Текст]: учеб.пособие / Ю. Н. Кузнецов. - Киев: Выща шк., 1991. - 276 с.

10 Кузьмин, А. В. Основы построения систем числового программного управления [Текст]: учеб. пособие / А.В. Кузьмин, А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин. - Старый Оскол: ТНТ, 2008. - 199 с.

11 Гжиров, Р.И. Программирование обработки на станках с ЧПУ / Р.И. Гжиров, П.П. Серебренецкий. – Л.: Машиностроение, 1990. – 350 с.

12 Расчет себестоимости изделия Методическое пособие/ Некрасова Н. В. – Челябинск, 1999 г.

13 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03».

14 Атоманюк, В.Г., Ширшев, Л.Г., Акимов, Н.И. Гражданская оборона: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1986 г.

15 www.elibrary.ru - Электронная научная библиотека.

16 https://xn----7sbyhmc0ai.xn--p1ai/index.php?route = product/product&path = 27_639_730_731&product_id=5729 - Портальный центр hundegger PBA

17 www.vissim.nm.ru - Студенческий VisSim - программа для симуляции движения линейных, нелинейных, непрерывных, дискретных, гибридных моделей систем.

					13.03.02.2020.352.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63