

Министерство образования и науки 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

_____ 2018 г.

«Модернизация электрического привода подъема кран-балки типа 1А
цеха №566 АО АЗ «Урал»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 13.03.02.2018.148.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности

доцент

_____ С.Н. Трофимова

_____ 2018 г.

Руководитель работы

доцент

_____ Ю.С. Сергеев

_____ 2018 г.

Экономическая часть

доцент

_____ Ю.С. Сергеев

_____ 2018 г.

Автор работы

студент группы ФТТ-533

_____ А.А. Сахаров

_____ 2018 г.

Нормоконтролер

ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев

_____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Сахаров А.А Тема работы:
 Модернизация электропривода подъема
 кран-балки типа 1А цеха №566 АО
 «АЗ «УРАЛ» - г.Златоуст: филиал ФГАОУ ВО
 «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра
 ЭАПП; 2018 г., 51 с., 10 ил., библиогр.
 список – 20 наим., 8 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе разработан поверочный расчет мощности электродвигателя подъема.

Выбран частотный преобразователь для снижения динамических нагрузок.

Разработаны структурная схема и математическая модель для реализации поставленной цели в программе VISSIM.

В разделе безопасность жизнедеятельности выполнен расчет искусственного освещения цеха. Рассмотрены вопросы охраны труда, вредных и опасных производственных факторов, производственной санитарии, противопожарной и взрывобезопасности и вопросы экологической безопасности.

Использование материалов работы планируется к внедрению на производстве.

					13.03.02.2018.918.00.00 ПЗ			
Из	Ли	№ докум	Под	Да				
м	ст		п	та				
Разраб		Сахаров А .А.			Модернизация АВР ПС «Градиент»секции 1000 комплекса «Гидрорекинг» Пояснительная записка	Лит	Ли	Лист
Пров		Сергеев Ю.С.				Д	ст	ов
Т. контр		Сандалов .М.					4	51
Н.контр		Терентьев .В.				Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Златоусте		
Утв		Сергеев Ю.С.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
1.1 Частотно-регулируемые электроприводы.....	8
1.2 Частотно-регулируемые электроприводы Sinamics S120.....	9
1.3 Частотно-регулируемые электроприводы НПП «Уралэлектра».....	10
1.4 Частотно-регулируемые электроприводы Schneider Electric.....	11
Выводы по разделу один.....	12
2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРАНА.....	14
2.1 Описание технологической схемы кран-балки.....	14
2.2 Техническая характеристика крана.....	16
2.3 Требования к системе электропривода механизма подъема.....	16
Выводы по разделу два.....	17
3 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА.....	17
3.1 Расчет мощности электродвигателя.....	18
3.2 Техническая характеристика электродвигателя.....	20
Выводы по разделу три.....	21
4 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	22
4.1 Выбор частотно-регулируемого электропривода.....	22
4.2 Общие сведения о преобразователе.....	22
Выводы по разделу четыре.....	25
5 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ VISSIM.....	26
5.1 Построение и расчет математической модели.....	26
5.2 Результаты моделирования.....	29

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Вывод по разделу пять.....	32
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	33
6.1 Краткое описание рассматриваемого объекта, производственного участка.....	33
6.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов.....	33
6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса	34
6.4 Охрана труда.....	35
6.5 Производственная санитария.....	41
6.6 Эргономика и производственная эстетика	44
6.7 Противопожарная и взрывобезопасность.....	45
6.8 Экологическая безопасность.....	47
6.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций	48
Выводы по разделу шесть	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	51

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время АО «АЗ «УРАЛ» – один из крупнейших производителей полноприводных большегрузных автомобилей в России. С 2005 года автозавод «УРАЛ» входит в российский автомобилестроительный холдинг «Группа ГАЗ». Чтобы сохранять конкурентоспособность в современных условиях, необходимо обновлять модельный ряд, постоянно работать над повышением производительности труда и улучшать качество товаров и услуг.

В 2013 году автозавод начал производство нового вида военных автомобилей. В конструкцию автомобилей внедрено множество изменений и технологических улучшений. Сборка нового вида происходит в цехе №566. Цех построен в 1975 году, и поэтому основное оборудование морально и физически устарело. При сборке новой техники активно применяется крановое оборудование, которое не всегда позволяет работать качественно и надежно. В цехе установлена кран-балка с релейно-контакторной системой управления. Толчковый режим работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором отрицательно влияет на ход сборки. Управление кран-балкой ведется с пола при помощи пульта, соединенного кабелем. Частые отказы и поломки приводят к затруднению выполнения графика по изготовлению автомобилей. В 2017 году кран-балка была в неисправном состоянии 215 часов, из-за отсутствия плавности хода при сборке повредили более 10 ценных деталей.

Необходимо чтобы оборудование находилось всегда в рабочем состоянии. В настоящее время краны небольшой грузоподъемностью выпускают с частотным преобразователем. Необходимо заменить устаревшее оборудование.

Целью выпускной квалификационной работы является снижение динамических нагрузок электропривода подъема кран-балки.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- поверочный расчет мощности электродвигателя подъема;
- выбор частотного преобразователя;
- моделирование в программе VISSIM.

Объект – Кран-балка Q=2т.

Предмет – электропривод подъема.

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

1.1 Частотно-регулируемые электроприводы

Асинхронные двигатели нашли широкое применение, как в промышленности, так и на транспорте, являясь главной движущей силой механизмов и узлов. Их основным отличием являются высокая надежность и сравнительно легкий ремонт.

Двигатели данного типа вращаются только на той частоте, которую выдает питающая сеть переменного тока. Для того чтобы двигатель работал в различных диапазонах применяются – частотные преобразователи, выполняющие регулировку частот до требуемых параметров.

При пуске асинхронного двигателя потребляется значительное количество тока от питающей сети. Из-за этого привод устройства испытывает большую перегрузку. Происходит скачкообразное стремление двигателя выйти на номинальные обороты. В результате чего снижается срок службы агрегата, и тех устройств, которые он приводит в действие.

Решение данной проблемы заключается в использовании преобразователя частоты, позволяющего изменять частоту напряжения, которые питает двигатель. Применение усовершенствованных электронных деталей повышает этим устройствам эффективность и значительно уменьшает габариты.

У частотного преобразователя достаточно простой принцип работы. Вначале подаем сетевое напряжение к выпрямителю, где происходит выпрямление тока. Затем при помощи конденсаторов сглаживается и поступает к транзисторному преобразователю. В открытом состоянии транзисторы обладают очень малым сопротивлением. Открывание и закрывание их происходит в определенное время с помощью электронного управления. Далее формируется напряжение, аналогичное трехфазному, когда фазы смещаются относительно друг друга. Импульсы создаются прямоугольной формы, что совершенно не влияет на работу двигателя.

Кроме очевидных преимуществ энергосбережения, частотное регулирование имеет и ряд других положительных результатов:

- плавный пуск (отсутствие динамического момента), движение, остановка крана и его механизмов. Снижаются нагрузки на соединительные муфты, редуктор двигателя, металлические конструкции, тормозную систему, гидравлику;
- высокая точность позиционирования груза, плавный подъем, остановка (подвешенное состояние), отсутствие раскачивания;
- увеличение скоростных параметров приводов крана;
- в совокупности с системой дистанционного управления расширяется функционал ГПМ. Появляется возможность синхронно управлять перемещение моста, тележки, подъемным механизмом или несколькими кранами;
- полноценная электрозащита двигателей ГПМ.

Использование частотного программируемого преобразователя для привода не требует применения дополнительного измерительного оборудования при пуско-

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

наладке. Он настраивается через цифровые интерфейсы с помощью компьютера/ноутбука или с панели управления. ЧП монтируются в специальные термостабилизированные шкафы с высокой степенью защиты и могут размещаться даже на улице.

Таким образом, частотное регулирование позволит экономить на электричестве, увеличивает срок службы всех крановых элементов и конструкций, а также показатели отказоустойчивости, обеспечивает плавный запуск, движение, остановку двигателей, полностью контролирует скоростной режим, легко настраивается (программируется).

1.2 Частотно-регулируемые электроприводы Sinamics S120

Siemens AG — [германский транснациональный концерн](#), работающий в области [электротехники](#), [электроники](#), [энергетического оборудования](#), [транспорта](#), [медицинского оборудования](#) и [светотехники](#), а также специализированных услуг в различных областях промышленности, транспорта и связи.

Частотные преобразователи Siemens комбинируют в себе высокое качество технологии и разностороннюю функциональность: начиная с MICROMASTER 410 для стандартных решений до приводов с высокими динамическими показателями MICROMASTER 440 с бездатчиковым векторным управлением в диапазоне мощностей до 250 кВт и электроприводов нового семейства SINAMICS для инновационных и ориентированных на будущее решений.

Преобразователь частоты Siemens MICROMASTER 440 — это гибкая, модульная система приводов для требовательных задач.

Система приводов MICROMASTER 440 предназначена для решения широкого спектра задач в станкостроении и машиностроении. Большое количество различных аппаратных модулей и технологических функций позволяет находить оптимальное решение для любого промышленного применения [1].

Преобразователи частоты Siemens MICROMASTER 440 выпускаются в модификациях для индивидуального или многодвигательного привода. Пользователь может выбирать путем параметрирования любой закон регулирования – скалярный, векторный или серво, аппаратная часть при этом не меняется.

MICROMASTER 440 может заказываться с различными концепциями охлаждения, что позволяет оптимизировать конструкцию электрошкафов. MICROMASTER 440 – наилучшее решение для гибкости и производительности.

Siemens MICROMASTER 440 — отличная база для модульной концепции машин, благодаря инновационной модульной структуре привода и высокопроизводительному цифровому коммуникационному интерфейсу между компонентами.

Простой инжиниринг, быстрый ввод в эксплуатацию осуществляется с помощью программных пакетов SIZER и STARTER упрощение техники соединений благодаря универсальной шине DRIVE-CLiQ.

						13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			9

Экономичные, непрерывные решения — поддержка концепции Totally Integrated Automation (TIA), стандартизованная коммуникация SINAMICS с системами управления верхнего уровня.

Технические данные преобразователей частоты Siemens MICROMASTER 440:

-диапазон номинальных напряжений и мощностей: 0,12 — 10 кВт при напряжениях питания:

-1AC-230В;

-3AC-380÷480В;

-3AC-500÷690В.

- высокая надежность (средняя наработка до отказа, 105 тысяч часов (более 12 лет);

- высокими динамическими характеристиками;

- точностью поддержания частоты вращения;

- низким влиянием на питающую сеть и электродвигатель.

- широким диапазоном регулирования числа оборотов

Управление-регулирование:

-U/f-управление;

-векторное управление: с датчиком и без датчика;

-сервоуправление: с датчиком и без датчика.

Основные области применения преобразователей частоты Siemens MICROMASTER 440 — это непрерывные и циклические технологические процессы с повышенными требованиями к динамике и качеству регулирования.

MICROMASTER 440 обеспечивает наивысшую производительность в упаковочных машинах, термопласт-автоматах и экструдерах, печатных и бумагоделательных машинах, в подъемно-транспортной технике, роботах и манипуляторах, металлообрабатывающих станках, прокатных станах, текстильном и кузнечнопрессовом оборудовании.

1.3 Частотно-регулируемые электроприводы НПП «Уралэлектра»

MEIDENSHA CORPORATION электротехническая компания с более чем вековой историей занимает лидирующее положение на рынке Юго-Восточной Азии.

Научно-производственное предприятие НПП «Уралэлектра» является эксклюзивным представителем Meidensha с 1995 года в России и странах СНГ.

НПП «Уралэлектра» в России по лицензии Meidensha производит частотно-регулируемые электроприводы на малую и средние мощности (на напряжение 400В) под торговой маркой SB-17.

По лицензии японского корпорации Meidensha с 1997 года был освоен выпуск частотно-регулируемого электропривода SB-17. Совместно с инженерами отдела R&D постоянно ведутся конструкторские работы по модернизации изделия в соответствии с самыми современными мировыми тенденциями в области электропривода и применимости их к условиям российской эксплуатации.

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

НПП "Уралэлектра" - одно из ведущих предприятий России, осуществляющее модернизацию и реконструкцию электротехнической части предприятий нефтегазовой отрасли, металлургии, ЖКХ и энергетики "под ключ", начиная от процесса проектирования и заканчивая поставкой комплектного оборудования и пуско-наладочными работами. Основным отличием предприятия является акцент на внедрение систем с частотно-регулируемым электроприводом (ЧРЭ). [ЧРЭ SB-19](#) является новым высокотехнологичным приводом, построенным на последней IGBT-технологии 5-го поколения, и использует новейшее программное обеспечение, математически описывающее модель векторного управления электромагнитным потоком асинхронного электродвигателя. [ЧРЭ SB-19](#) собирается в г. Екатеринбурге по лицензии японской корпорации [Meidensha Corporation](#) в условиях сертифицированного производственного цеха.

ЧРЭ SB-19 обладает:

- широкий диапазон мощностей от 0,4 кВт - 475 кВт
- постоянством крутящего момента;
- большими коммуникационными возможностями;
- высокой энергоэффективностью;
- средний срок службы 5 лет.

Энергосбережение: усовершенствованное управление током электродвигателя снижение внутренних потерь за счет использования комплектующих с высоким КПД.[2]

Расширенные функции пользовательского программного обеспечения программируемый пользователем встроенный ПЛК программируемые, специальные функции ПИД-регулирование управление насосами управление моталками текстильных машин работа по шаблону управление грузоподъемными механизмами, многодвигательный режим.

Имеет встроенный помехоподавляющий фильтр (до 22кВт) встроенный реактор в звене постоянного тока (от 30кВт и выше).

Широкие коммуникационные возможности: управление по интерфейсам ModBus, Profibus DP, DeviceNet, CANopen, CC-Link.

1.4 Частотно-регулируемые электроприводы Schneider Electric

Встроенные функции преобразователей французской фирмы Schneider Electric позволяют свободно применять их в электропривод подъемно-транспортных устройств. Одним из современных являются частотные преобразователи серии Altivar 71, на основе которых создаются многие крановые электроприводы.

Управление асинхронным двигателем в преобразователях серии Altivar 71 может выполняться в отсутствии датчика скорости по вектору тока и вектору напряжения. Без датчика по вектору напряжения используется при питании параллельно включенных двигателей от одного преобразователя. Помимо этого, можно использовать векторное управление с обратной связью по скорости, а также скалярного управления.

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Преобразователь серии Altivar 71 осуществляет быстрое и простое программирование при помощи макрофункций, соответствующих различным видам применения. При этом каждая из функций остаётся целиком модифицируемой.

Регулирование скорости может быть 100:1 при векторном управлении с отсутствием датчика скорости. Это особенно важно при модернизации, когда используется уже установленный двигатель, без встроенного датчика скорости. Следует отметить, что для многих кранов мостового типа максимально необходимый диапазон не превышает 20:1.

Электропривод управляется различными способами. Самым простым считается управление при помощи логических входов. У преобразователя частоты Altivar 71 есть 6 программируемых логических входов. По необходимости устанавливается дополнительная карта расширения входов-выходов.

Соединяя два логических входа с положительным или отрицательным потенциалом встроенного или внешнего источника питания, осуществляется пуск, реверс, переключение заданных уставок скорости, изменение времени пуска и торможения, переключение комплектов параметров и т. д.

Если необходимо бесступенчато регулировать скорость задавать последнюю следует с помощью аналогового входа.

Управление электроприводом от системы управления верхнего уровня осуществляется по протоколу Modbus или CANopen через встроенные порты. При необходимости Altivar 71 может подключаться к другим промышленным сетям и шинам с помощью дополнительных коммуникационных карт.

Для осуществления специальных алгоритмов управления в составе преобразователя используется программируемая карта встроенного контроллера. Преобразователь с такой картой, может применяться для управления локальным электроприводом с прямым подключением различных датчиков или служить в качестве устройства Master для управления всеми электроприводами крана по протоколу CANopen. Карта программируется на языках стандарта IEC 616131-3.

Преобразователь имеет развитую систему диагностики с выдачей сообщений об ошибках и сбоях на графический терминал.

Таким образом, преобразователь частоты Altivar 71 в максимальной степени адаптирован для применения в электроприводе подъёмно-транспортных устройств[3].

Выводы по разделу один

1. Зарубежные фирмы лидирует по основным качественным показателям продукции. При этом в России она обеспечена сопровождением, а именно: доставкой, гарантией на обмен и ремонт оборудования.

2. Современное электрооборудование ведущих зарубежных производителей по техническим характеристикам, лучше приспособлено к производственным условиям и имеет более качественную поддержку.

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КРАНА

2.1 Описание технологической схемы кран-балки

Кран-балка – это механизм, имеющий повсеместное распространение в промышленности в условиях цехов и мастерских. В своем составе любая кран-балка имеет следующие электроприводы: электропривод подъема груза, электропривод перемещения груза вдоль балки и электропривод передвижения самой балки.

Общий вид проектируемой, кран-балки показан на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Общий вид кран-балки

Все три этих привода являются реверсивными и асинхронными. Привод перемещения балки – многодвигательный, включает в себя два или четыре электродвигателя, симметрично расположенные у ходовых тележек или колес. Приводы подъема и перемещения груза вдоль балки – однодвигательные, и конструктивно они расположены в составе отдельного сборочного узла – тельфера.

Кроме двух электродвигателей тельфер содержит в своем составе следующее электрооборудование: концевые выключатели защиты от переподъема и чрезмерного спуска груза, а также электромагнитные пускатели приводов подъема и перемещения груза. Все это размещается в герметичном шкафу, монтируемом на

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

боковой или торцевой поверхности тельфера. В этом же шкафу на клеммных колодках производятся соединения жил кабелей.

Самым ответственным приводом кран-балки является привод подъема. Он обязательно оснащен концевыми выключателями, которые нуждаются в наладке для срабатывания в правильную сторону. Кроме того, обязательным является и наличие тормоза, катушка которого, чаще всего, получает питание вместе с двигателем.

Все привода кран-балок включаются только на время нажатия соответствующих кнопок, при отпуске кнопки любой привод должен остановиться. Для защиты от несанкционированного доступа подвесные пульты кран-балок оснащаются ключ-марками, разрывающими цепь управления[5].

Кинематическая схема подвесной электротележки изображена на рисунке 2.2.

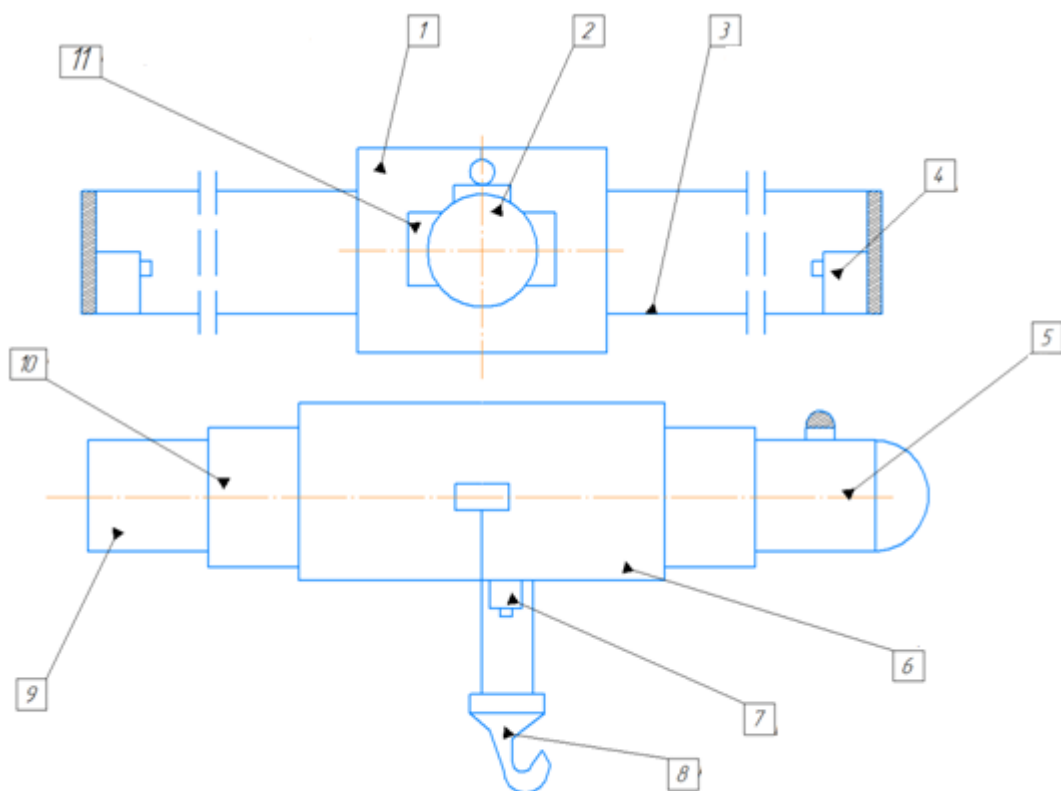


Рисунок 2.2 - Кинематическая схема подвесной электротележки:

- 1 – тележка ходовая;
- 2 – электродвигатель тележки;
- 3 – монорельс;
- 4 – конечный выключатель;
- 5 - электродвигатель подъемного механизма;
- 6 – барабан канатный;
- 7 – конечный выключатель крюка;
- 8 – крюк;
- 9 – электромагнитный тормоз;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ

Лист

15

10 – редуктор, снижающий частоту вращения

11- редуктор для передвижения тележки

Для привода механизма подъема груза применяется асинхронный двигатель с повышенным скольжением типа АОС-42-4 (мощность 4 кВт при 915 об/мин и ПВ = 25%). Движение крюка вверх ограничивается конечным выключателем.

2.2 Техническая характеристика крана

Краткая характеристика крана представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Техническая характеристика крана

Наименование параметра	Значение параметра
Грузоподъемность кран-балки, т	2
Пролет крана, м	10,2
Высота подъема, м	6
Скорость передвижения кран-балки, м/мин	30
Скорость подъема, м/мин	8
Скорость передвижения тали, м/мин	20
Масса кран-балки, кг	1390

2.3 Требования к системе электропривода механизма подъема

Применяемые требования к электроприводу подъёма кран-балки:

- Предусматривается защита двигателя от коротких замыканий и перегрузок в цепи управления и силовой цепи. При обесточивании приводного электродвигателя цепь управления должна автоматически отключиться, а после восстановления питания должна быть исключена возможность самозапуска;

- Электрический привод механизма подъёма должен быть обеспечен нормально-замкнутым контактом, а при включении питания двигателя тормоз должен автоматически выключаться.

- реверсивный привод;

- нагревостойкость изоляционных материалов ЭП должна быть класса F или H;

- стабильная работа ЭП в повторно-кратковременном режиме с ПВ=40 %;

- ускорение рабочей машины не должно превышать заданного (допустимого) значения;

- Скорость подъёма не должна быть выше $V_{max} = 0,13$ м/с.

Для выбора системы электропривода необходимо четко представлять себе технологические требования к приводу механизма. Установление таких требований облегчает выбор оптимальной системы электропривода, т.е. такой, которая наиболее проста и дешева из всех систем, обеспечивающих желаемые эксплуатационные показатели механизма.

Для качественного выполнения подъема грузов, электропривод крана должен

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

удовлетворять следующим основным требованиям:

1. Регулирование угловой скорости двигателя в сравнительно широких пределах 1:50;
2. Обеспечение необходимой жесткости механических характеристик привода;
3. Ограничение ускорений до допустимых пределов при минимальной длительности переходных процессов;
4. Реверсирование электропривода и обеспечение его работы, как в двигательном, так и в тормозном режиме.

Основные исходные данные для проектирования представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные

Наименование параметра	Обозначение	Значение параметра
Грузоподъемность на крюке, кг	Q1	2000
Масса крюковой подвески, кг	Q2	80
Вес каната, кг	Jt	20
Скорость подъема, м/с	V	0,13
Количество полиспастов	a	2
Кратность полиспастов	m	6,2
КПД блоков полиспастов	η_{bl}	0,98
КПД механизма	η	0,84
Диаметр барабана, м	Db	0,30
Передаточное число механизма	i	59
Время разгона, с	t	1

Выводы по разделу два

Сборка автомобилей в цехе №566 не возможна без данной кран-балки на рассматриваемом участке. Электропривод подъема является самым важным узлом в процессе работы по установке деталей и оборудования. На основе исходных данных к системе электропривода подъема будут выполнены дальнейшие расчёты.

3 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА.

3.1 Расчет мощности электродвигателя

Расчет мощности электродвигателя производится по методике [7].

Необходимую мощность определим по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot v}{\eta_0}, \quad (1)$$

где $v = 0,13$ – скорость подъема груза, м/с;

$Q = 2100 \cdot 0,00980665 = 20,58$ – вес номинального груза, кН;

η_0 – общий КПД.

$$\eta_0 = \eta_M \cdot \eta_{\text{пол}}, \quad (2)$$

где $\eta_M = 0,84$ – КПД механизма;

$\eta_{\text{пол}} = 0,98$ – КПД блоков полиспастов.

$$\eta_0 = 0,84 \cdot 0,98 = 0,82 \quad (3)$$

$$N = \frac{20,58 \cdot 0,13}{0,82} = 3,26 \text{ кВт}. \quad (4)$$

3.1.1 Поверочный расчет мощности электродвигателя

Рассмотрим механизм подъема кран-балки.

Статическая мощность $P_{c,п}$ на валу двигателя в установившемся режиме при подъеме груза:

$$P_c = 9,81 \cdot v_{\text{п}} \cdot (m + m_0) / \eta, \quad (5)$$

где m, m_0 – соответственно масса поднимаемого груза, грузозахватывающего устройства, $m=2000$ кг, $m_0=100$ кг;

$v_{\text{п}}$ – скорость подъема груза, $v_{\text{п}} = 0,13$ м/с;

η – общий КПД механизма подъема, $\eta = 0,84$.

$$P_c = 9,81 \cdot 0,13 \cdot (2000 + 100) / 0,84 = 3168,2 \text{ Вт}. \quad (6)$$

Статистическая мощность подъема груза с учетом запаса 15%:

$$P_{c, \text{зап.}} = 3051,6 \cdot 1,15 = 3666,5 \text{ Вт}. \quad (7)$$

Следовательно, необходимая мощность электродвигателя не превышает рассчитанной ранее, и выбранный предварительно двигатель удовлетворяет по мощности, в том числе, и с учетом коэффициента запаса 15%.

3.1.2 Расчет усилия в канате

Максимальное статическое усилие S_{\max} в канате определить по формуле:

$$S_{\max} = \frac{Q}{i_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{пол}} \cdot m}, \quad (8)$$

где $Q = 2100 \cdot 0,00980665 = 20,58$ – вес номинального груза, кН;

$i_{\text{п}}$ – кратность полиспаста; $i_{\text{п}} = 6,2$;

$\eta_{\text{пол}} = 0,98$ – КПД блоков полиспастов;

$m = 1$ – число ветвей каната навиваемых на барабан;

$$S_{\max} = \frac{20,58}{6,2 \cdot 0,98 \cdot 1} = 3,43 \text{ кН} \quad (9)$$

Расчётное разрывное усилие каната

$$S_{\text{разр}} > S_{\max} \cdot k \quad (10)$$

$$S_{\text{разр}} > 3,43 \cdot 5,5 = 18,86 \text{ кН} \quad (11)$$

где k – коэффициент запаса прочности, принимаемый для грузовых канатов лебёдок с машинным приводом, равным: 5,5 – средний режим работы, ПВ = (25÷40)%.

По найденному $S_{\text{разр}}$ по таблице ГОСТа выбираем стальной канат двойной свивки типа ЛК-3 конструкции 6х25 ГОСТ 7665-80 $d_k = 8,1$ мм.

3.1.3 Расчет статического момента на валу электродвигателя

Статический момент M_c на валу двигателя подъема:

$$M_c = (P_c \cdot R_6) / (v \cdot i_p \cdot i_{\text{п}}), \quad (12)$$

где v – скорость движения крюка, $v = 0,13$ м/с;

R_6 – радиус барабана, $R_6 = 0,15$ м;

i_p – передаточное число редуктора механизма подъема; $i_p = 59$;

$i_{\text{п}}$ – кратность полиспаста; $i_{\text{п}} = 6,2$.

$$M_c = (3168,6 \cdot 0,15) / (0,13 \cdot 59 \cdot 6,2) = 10,11 \text{ Н·м.} \quad (13)$$

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

3.1.4 Расчет динамического момента на валу электродвигателя

Момент инерции двигателя:

$$J_{\text{дв}} = \frac{m_p \cdot r^2}{2}, \quad (14)$$

где m_p – масса ротора двигателя, кг;

r^2 – радиус ротора, м.

$$J_{\text{дв}} = \frac{20 \cdot 0,06^2}{2} = 0,036 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (15)$$

Момент инерции груза:

$$J_{\text{г}} = \frac{Q_1 \cdot r^2}{i^2}, \quad (16)$$

где m_p – масса ротора двигателя, кг;

r – радиус ротора, м.

i – передаточное число механизма

$$J_{\text{г}} = \frac{2000 \cdot 0,15^2}{59^2} = 0,012 \text{ кг} \cdot \text{м}^2, \quad (17)$$

Тогда динамический момент на валу электродвигателя:

$$M_{\text{дин}} = \frac{Q_1 \cdot r}{i}, \quad (18)$$

где Q_1 – грузоподъемность на крюке, Н;

r – радиус барабана, м

i – передаточное число механизма.

$$M_{\text{дин}} = \frac{20000 \cdot 0,15}{59} = 50,85 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad 19$$

3.2 Техническая характеристика электродвигателя

Технические характеристики двигателя представлены в таблице 3.1.

Номинальный момент двигателя:

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M_H = \frac{9550 \cdot N}{n}, \quad (20)$$

где N – мощность двигателя, кВт;
 n - количество оборотов двигателя, об/мин.

$$M_H = \frac{9550 \cdot 4}{915} = 41,75 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (21)$$

Средний пусковой момент для этого двигателя:

$$M_{\text{ср.п.}} = 1,9 \div 2 M_H, \quad (22)$$

где M_H – номинальный момент двигателя, Н·м.

$$M_{\text{ср.п.}} = 1,9 \div 2 \cdot 41,75 = 79,325 \div 83,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (23)$$

Таблица 3.1 – Основные технические характеристики двигателя

Р, кВт	I, А	n, 1/мин	cosφ	η, %	Ипуск	Mпуск	Mмакс	Sном
4	9,125	915	0,81	82	6	2	2,2	0,012

Выводы по разделу три

Выполнен поверочный расчёт мощности, при котором установленный двигатель соответствует заданным параметрам и требованиям кран-балки [9] и п.2.3.

4 ВЫБОР И ОПИСАНИЕ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

4.1 Выбор частотно-регулируемого электропривода

Преобразователи частоты с автономными инверторами осуществляют преобразование напряжения питающей сети в напряжение постоянного тока, а затем в трехфазное напряжение регулируемой частоты.

Выбор типа преобразователя зависит:

- от частоты питающей сети;
- от требуемого диапазона изменения частоты на выходе преобразователя, определенного диапазоном изменения скорости вращения электродвигателя;
- от мощности электродвигателя;
- от диапазона изменения нагрузки на валу электродвигателя;
- от наличия или отсутствия реверса;
- от режимов работы электродвигателя.

Диапазон изменения частоты преобразователя должен быть не менее требуемого диапазона изменения частоты напряжения питания электродвигателя.

Выбор преобразователя осуществляется по каталогам электротехнической промышленности на основе номинальных данных предварительно выбранного электродвигателя.

Промышленные преобразователи частоты комплектуются собственными силовыми трансформаторами. Выходное напряжение подобных преобразователей, как правило, стабилизировано с высокой точностью внутренними обратными связями, что позволяет не учитывать внутреннее сопротивление преобразователя при расчете механических характеристик электродвигателя[3].

4.2 Общие сведения о преобразователе

По параметрам выбранного двигателя выбираем ПЧ MICROMASTER 440 компании SIEMENS. В данных преобразователях частоты управление трехфазными асинхронными двигателями осуществляется по моменту и скорости. Преобразователи оснащены микропроцессорным управлением и работают с современной технологией IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor, биполярный транзистор с изолированным управляющим электродом). Благодаря этой технологии они являются надёжными и многофункциональными. Разнообразные защитные функции, имеющиеся в этом преобразователе, обеспечивают надёжную защиту двигателя. Низкий уровень шума работы двигателя обеспечивается за счёт специального метода ШИМ с частотой модуляции по выбору.

Заводская установка Micromaster 440 подходит для решения множества задач управления по скорости. Благодаря сгруппированным по функциям параметрам Micromaster 440 может быть настроен и на сложные задачи.

Micromaster 440 имеет настройку, как для индивидуальных задач, так и может

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

быть интегрирован в системы автоматизации [12].

Внешний вид преобразователя представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Внешний вид частотно-регулируемого электропривода переменного тока «Micromaster 440 FX»

Основные особенности:

- простота в использовании;
- особая конфигурация за счет модульной конструкции;
- шесть потенциально развязанных цифровых входов;
- полная защита двигателя и преобразователя.

Механические параметры:

- модульная конструкция;
- рабочая температура от -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- вставляемая панель оператора;
- клеммная колодка для управления без винтов.

Силовые параметры:

- новейшая технология IGBT;
- управление цифровое микропроцессорное;
- управление высококачественное векторное;
- режим низкого потребления энергии;
- компенсация скольжения;
- автоматический повторный пуск при отключении сети или нарушениях режима работы;
- высококачественный PID контроллер (с авто-настройкой) для простого управления производственными процессами;

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Перегрев - для определения температуры, на радиаторе установлен термистор и термоконтакты. При превышении допустимой температуры преобразователь блокируется и привод останавливается.

Самодиагностика - внешние цепи и данные контролируются и проверяются центральным процессором на предмет выявления ошибок и неисправностей.

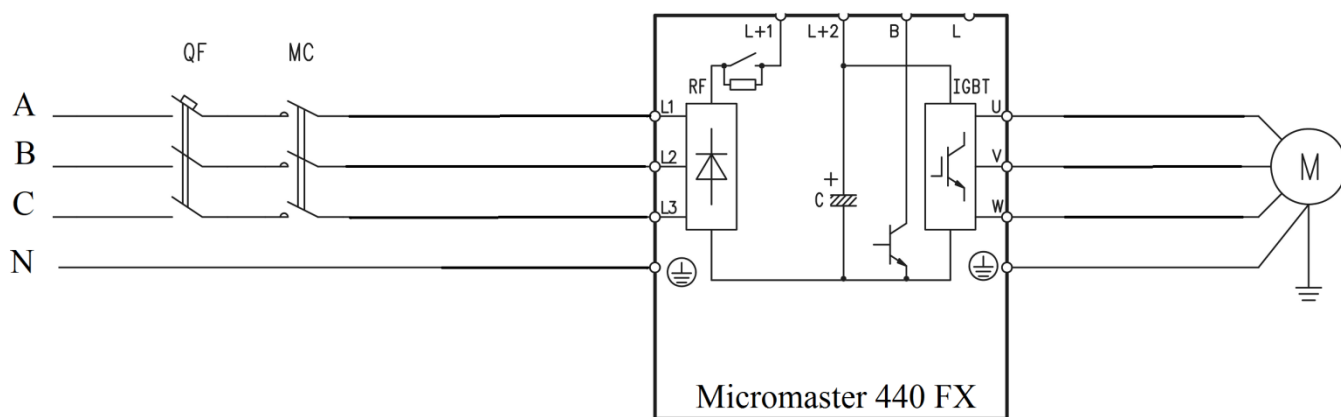
Отключение из-за К.З. на землю (корпус) - преобразователь блокируется, и привод останавливается при обнаружении К.З. на землю.

Повреждение силового модуля - при обнаружении неисправности в силовом модуле привод останавливается.

Потеря фазы - при обнаружении потери фазы (входной или выходной) преобразователь блокируется и привод останавливается.

Дополнительные защиты: превышение допустимой скорости, отказ датчика скорости, перегорание предохранителя в силовой цепи и другие.

Схема подключения показана на рисунке 4.2.



QF - выключатель автоматический
MC - контактор (при использовании режима ДТ)

Рисунок 4.2 – Схема подключения Micromaster 440 FX

Выводы по разделу четыре

Для электропривода подъема выбран частотно-регулируемый преобразователь типа MICROMASTER 440 FX компании SIEMENS мощностью 5 кВт.

5 МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОГРАММЕ VISSIM

5.1 Построение и расчет математической модели.

Оценку работы привода подъёма крана целесообразно выполнять методом математического моделирования в программе «Vissim».

Для моделирования необходимо построение и описание графа взаимодействий переменных. Граф представлен на рисунке 5.1.

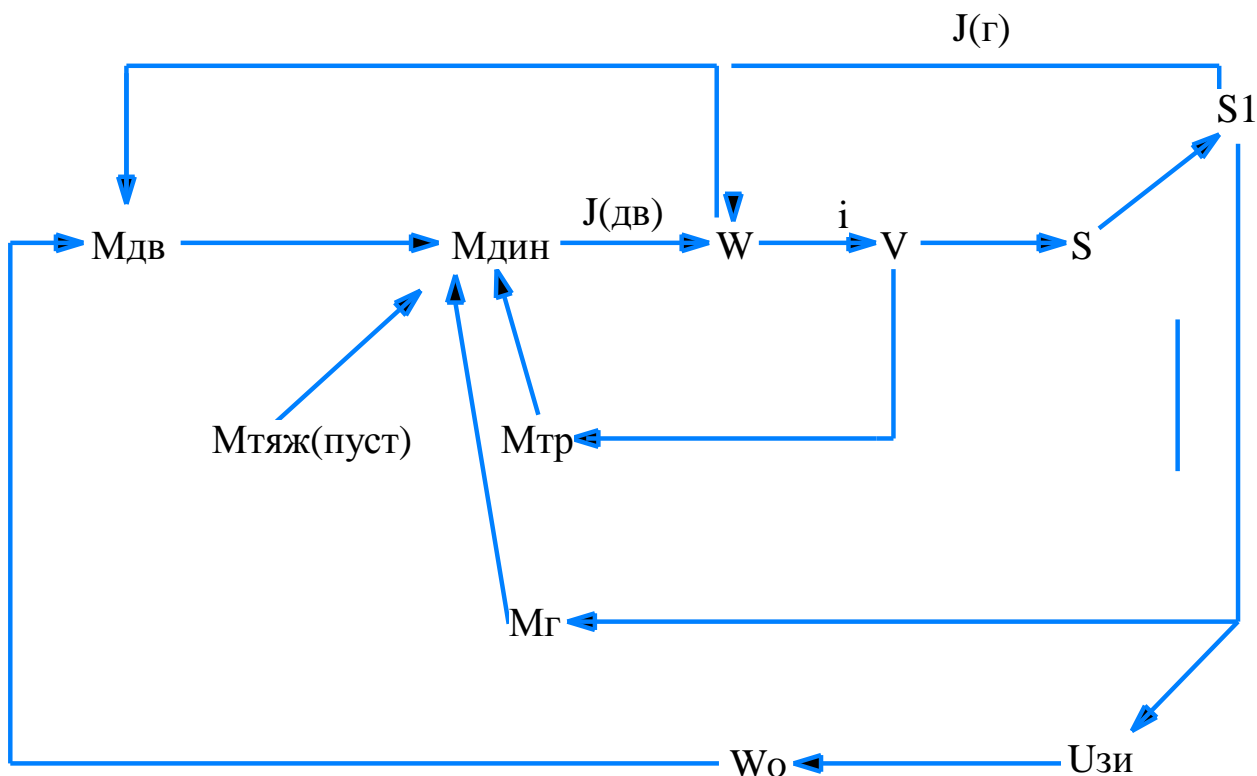


Рисунок 5.1 – Граф взаимодействий переменных

Частота вращения W зависит от динамического момента двигателя $M_{дин}$, который в свою очередь зависит от момента $M_{дв}$, от загрузки траверсы $M_{тяж(пуст)}$, момента трения $M_{тр}$, $M_{г}$ действующий при остановке. Также при изменении загрузки изменяется $M_{тяж(пуст)}$ и суммарный момент инерции $J(дв)$. Торможение определяется положением $S1$, текущее положение траверсы S определяется линейной скоростью движения V , связанная с частотой вращения W передаточным отношений i . Снижение скорости и торможение определяется напряжением задатчика интенсивности $U_{зи}$, которое зависит от текущего положения траверсы S .

Для анализа работы электропривода необходимо его математическое описание или математическая модель. Математическое описание представляет собой систему дифференциальных уравнений, которые характеризуют зависимость

координат системы от внешних воздействий и друг от друга. Описание системы в виде дифференциальных уравнений позволяет представить структурную схему системы в виде ряда связанных между собой электрических звеньев. На рисунке 5.2 представлена структурная схема модели.

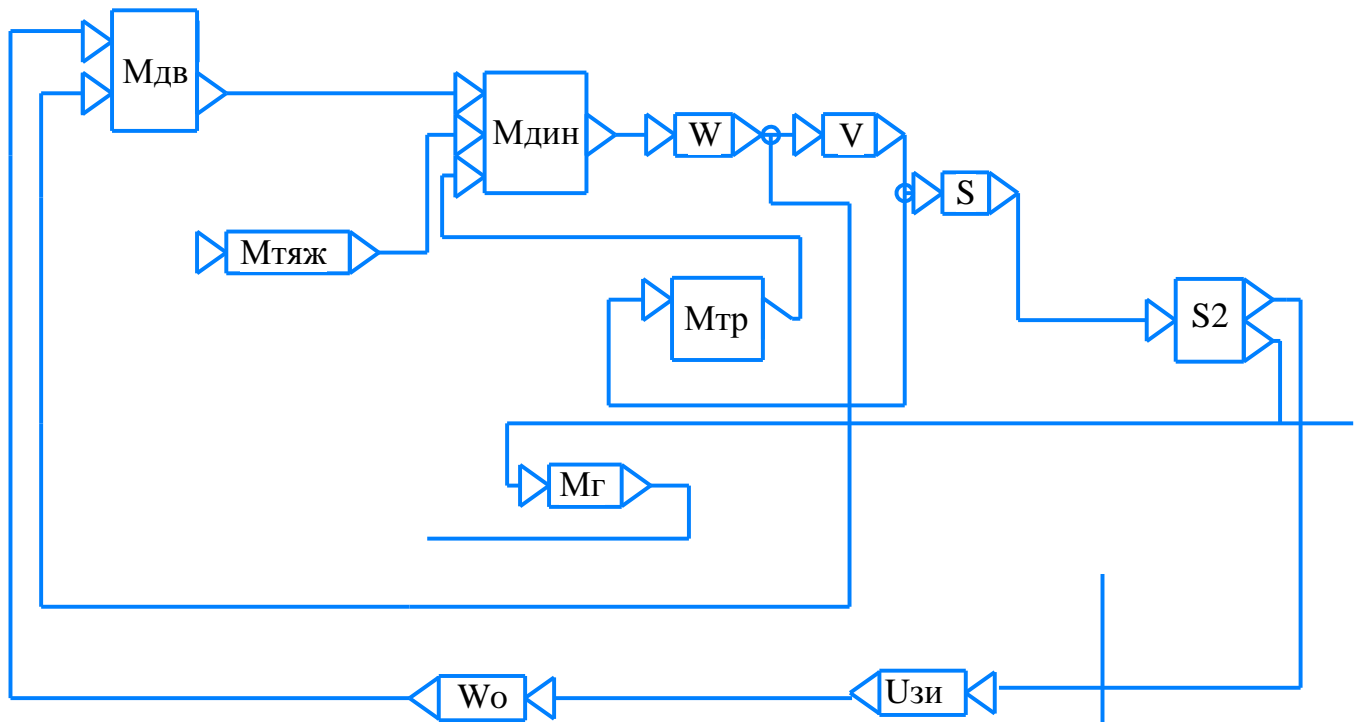


Рисунок 5.2 – Структурная схема математической модели

Частота вращения ротора двигателя $\omega_{НОМ}$, рад/с

$$\omega_{НОМ} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}, \quad (24)$$

где n – скорость вращения ротора двигателя, об/мин.

$$\omega_{НОМ} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 915}{60} = 95,77 \text{ рад/с}. \quad (25)$$

Момент асинхронного двигателя рассчитывается по формуле :

$$M_{ДВ} = \frac{2 \cdot M_{МАХ}}{\left(\frac{s_{НОМ}}{s_{К}} + \frac{s_{К}}{s_{НОМ}} \right)}, \quad (26)$$

Значение максимального момента двигателя M_{MAX} , Н·м:

$$M_{MAX} = \lambda \cdot M_{НОМ} \quad (27)$$

где $\lambda=2,2$ -коэффициент перегрузочной способности.

$$M_{MAX} = 2,2 \cdot 41,75 = 91,85 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (28)$$

Номинальное скольжение двигателя:

$$s_{НОМ} = \frac{\omega_0 - \omega_{НОМ}}{\omega_0} \quad (29)$$

где ω_0 – угловая скорость идеального холостого хода, которая равна 95,7 рад/с.

$$s_{НОМ} = \frac{95,77 - 94,55}{95,77} = 0,012 \text{ рад/с.} \quad (30)$$

Критическое скольжение:

$$s_K = s_{НОМ} \cdot (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) \quad (31)$$

$$s_K = 0,012 \cdot (2,2 + \sqrt{2,2^2 - 1}) = 0,05 \text{ рад/с.}$$

Момент двигателя $M_{ДВ}$:

$$M_{ДВ} = \frac{2 \cdot 91,85}{\left(\frac{0,012}{0,05} + \frac{0,05}{0,012} \right)} = 41,75 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (32)$$

S1 задаёт положение траверсы от пола, текущее положение траверсы S определяется линейной скоростью движения W.

Для реализации двигателя с частотным преобразователем необходимо использовать блок задатчика интенсивности.

5.2 Результаты моделирования

На рисунке 5.3 изображена математическая модель окна программы VisSim т.е. показана ее реализация. В программе VisSim в данной модели можно задавать значения параметров, коэффициентов, таких как задание скорости по положению траверсы, нагрузки, момент инерции, момент максимальный, угловую скорость, скольжение, чтобы смоделировать наиболее реалистичное поведение электропривода при разных законах регулирования и увидеть полученные результаты в виде графических изображений.

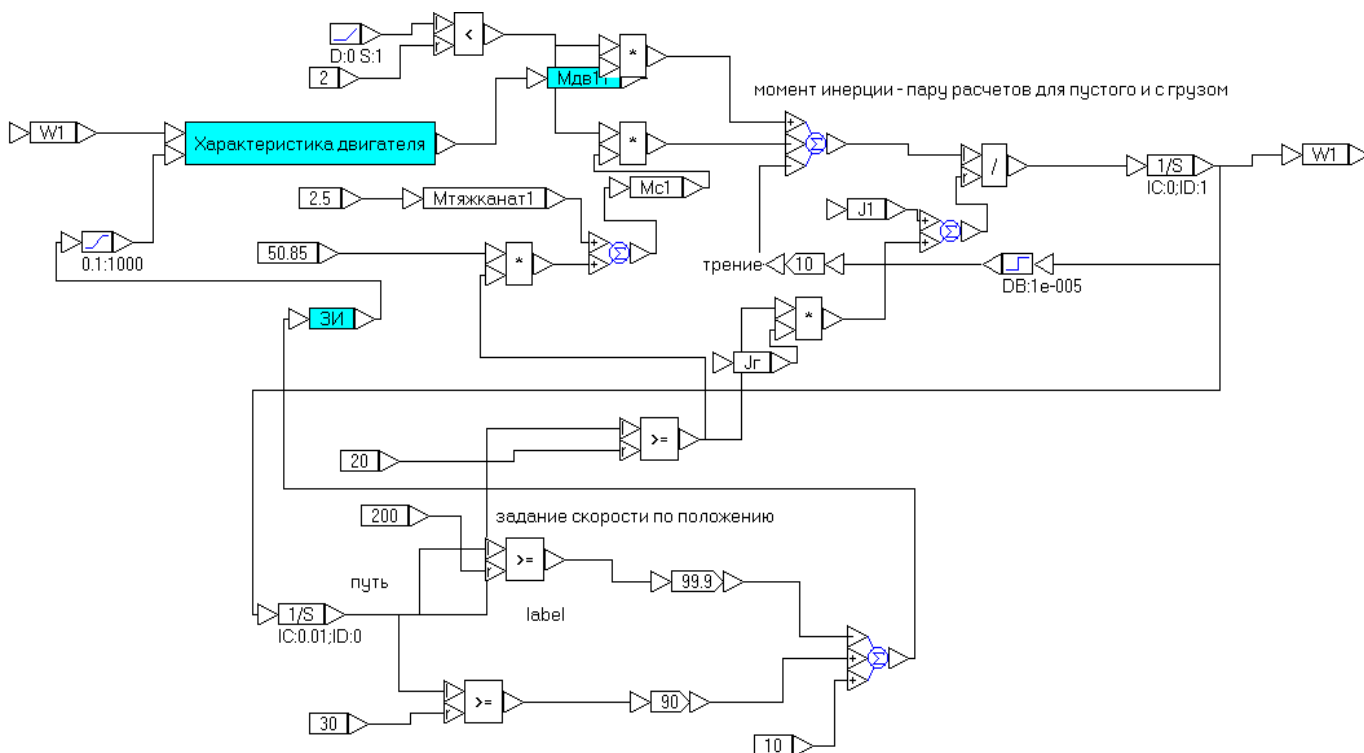


Рисунок 5.3 – Математическая модель окна программы VisSim

В программе VisSim производился анализ электродвигателя с частотным преобразователем и сравнительный анализ технических показателей снижения динамических нагрузок электропривода подъёма.

Анализ работы двигателя проводился изменением коэффициента k задатчика изменения скорости вращения ротора двигателя. Проведен опыт подъёма груза на полную высоту подъёма без частотного преобразователя и с ним.

В программе VisSim проведена реализация эти двух работ при ручном управлении. На рисунке 5.4 и 5.5 представлены прямой пуск двигателя и частотное управление.

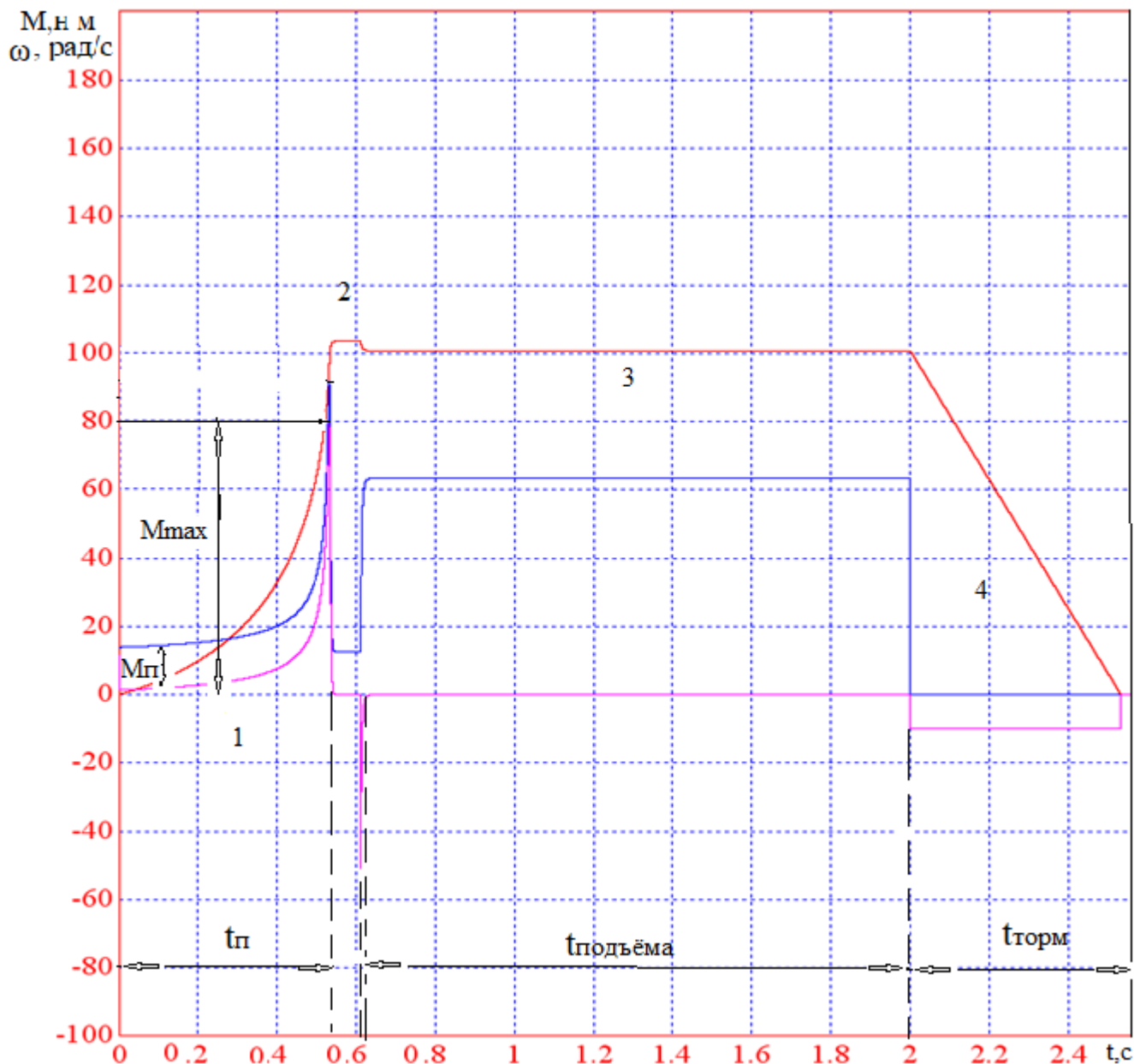


Рисунок 5.4 – Прямой пуск двигателя:

- 1 – разгон двигателя (провис каната);
- 2 – разгон двигателя с нагрузкой;
- 3 – подъём груза;
- 4 – режим торможения.

Результат расчета (рисунок 5.4) показывает, что при пуске двигателя на участке разгона без частотного преобразователя M_{max} достигает 80 Н·м. Время пуска с учетом провисом каната t_p составляет 0,55с. Время подъёма груза $t_{подъёма}$ равно 1,38с. Время торможения $t_{торм}$ составляет 0,4с.

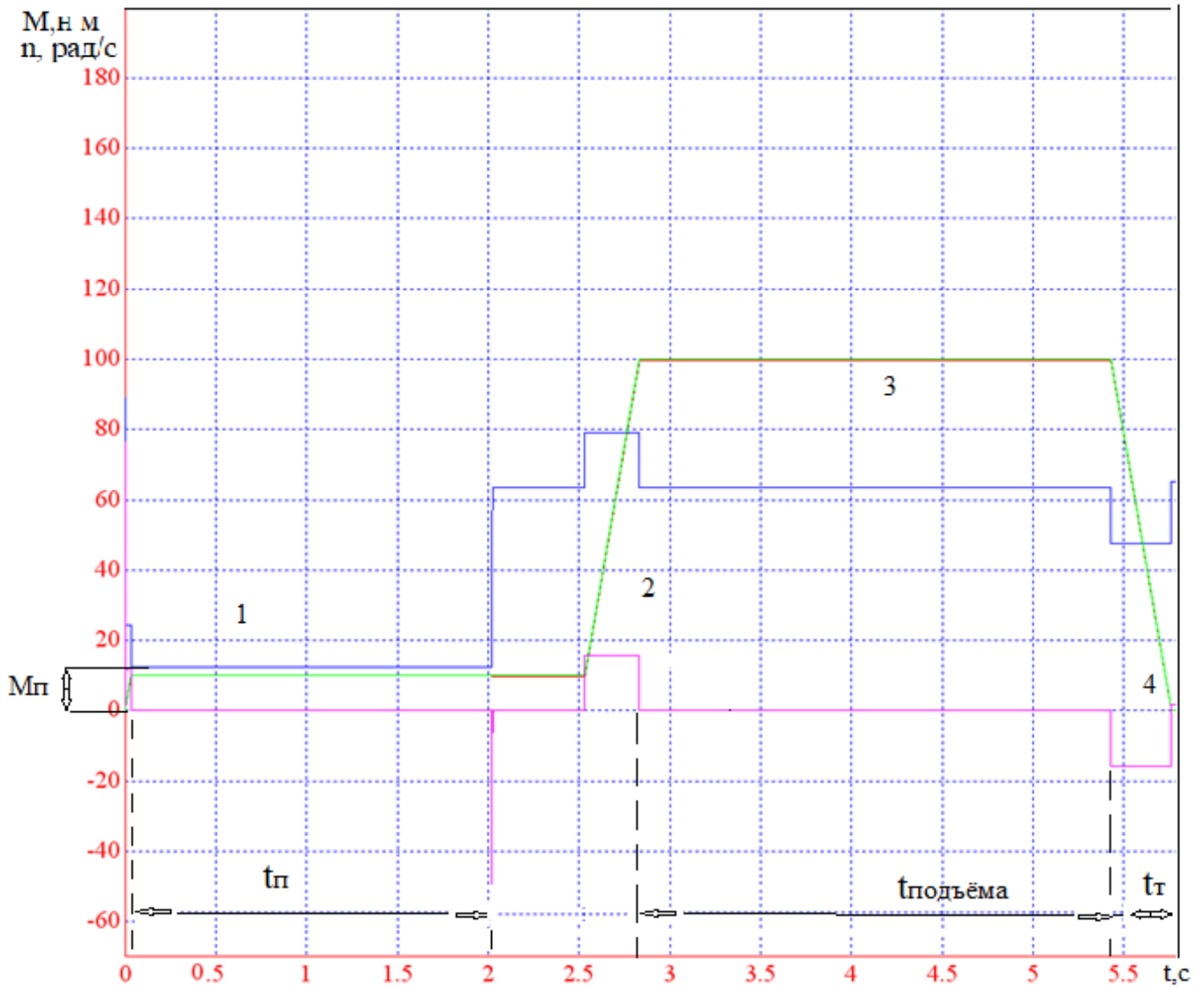


Рисунок 5.5 – Частотное управление двигателя:

- 1 – разгон двигателя (провис каната);
- 2 – разгон двигателя с нагрузкой;
- 3 – установившийся режим;
- 4 – режим торможения.

Результат расчета (рисунок 5.5) показывает, что при пуске двигателя на участке разгона с частотным преобразователем M_n достигает 12 Н·м. Время пуска с учетом провиса каната составляет 2 с. Время подъема груза $t_{\text{подъема}}=2,8\text{с}$. Время торможения $t_{\text{торм}}$ составляет 0,6с.

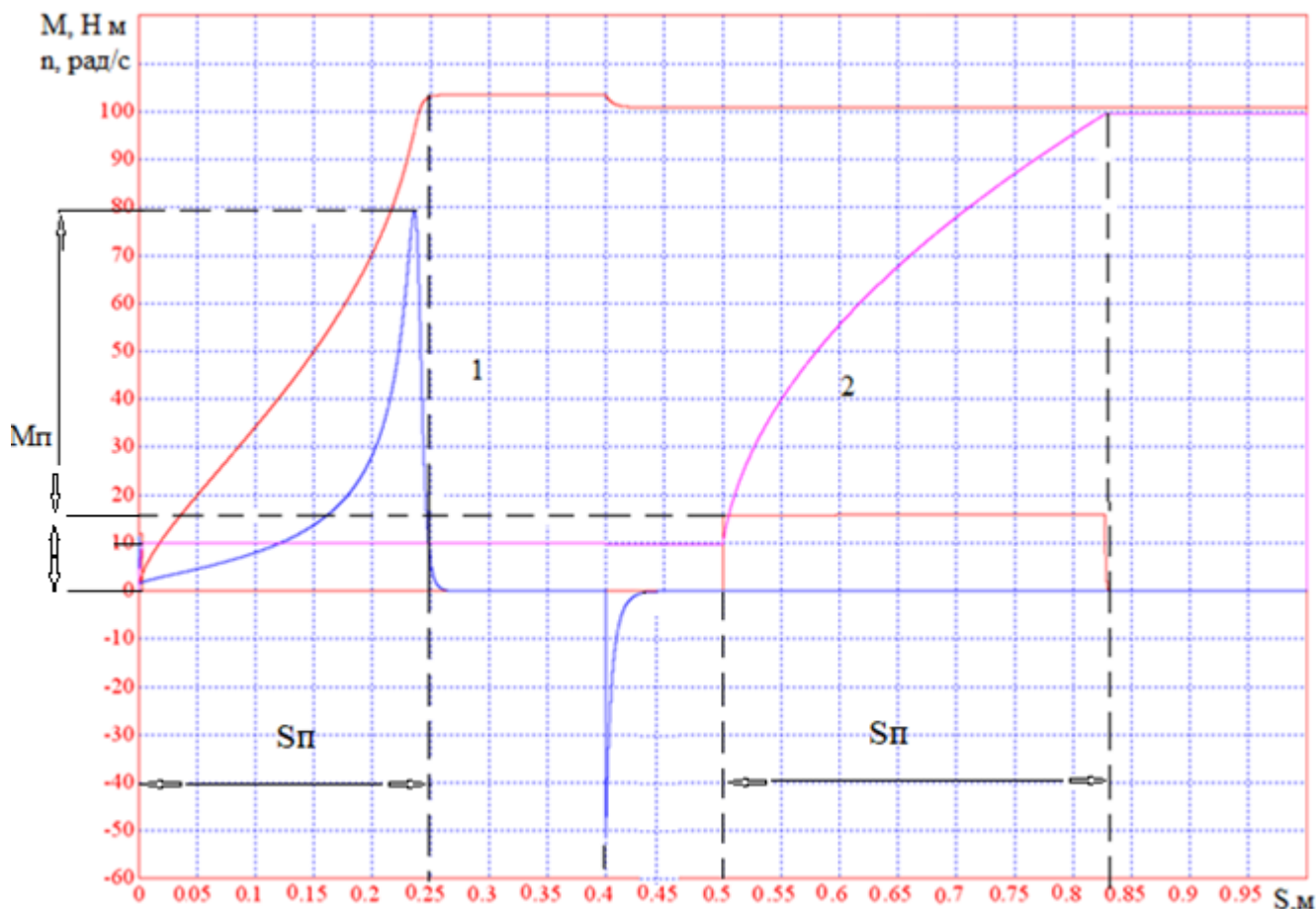


Рисунок 5.6 – Эффективность выборки слабины

1 – прямой пуск двигателя;

2 – участок работы двигателя с ЧП;

Результат расчета (рисунок 5.6) показывает, что в первом случае $M_{п}$ достигает 80 Н·м, расстояние провиса $S_{п}$ составляет 0,25м. Присутствует резкий подъем груза. Во втором $M_{п}$ равен 12 Н·м, расстояние провиса $S_{п}$ составляет 0,33м. Подъем груза происходит плавно

Вывод по разделу пять

Применение частотного преобразователя для привода подъема обеспечивает снижение динамических нагрузок при пуске в 6,5 раз. Время пуска с учетом провиса каната увеличилось с 0,55с до 2 с.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ

Лист

32

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Краткое описание рассматриваемого объекта, производственного участка

Место расположения цеха №566 Центральный район города Миасса. Климат резко континентальный. Зима холодная, с сильными ветрами и частыми метелями. Короткие переходные периоды - весна и осень. Нормативная глубина промерзания глинистых грунтов 1,77 м. Среднемесячная температура колеблется от -11,8°С в январе до +16,1°С в июле. Среднегодовое количество осадков достигает 704 мм рт.ст. Преобладают северо-западные ветры.

Транспортными путями являются железнодорожный транспорт и автомобильная дорога.

В цехе имеются электрические сети напряжением: 6 кВ и 0,4 кВ.

Проектируемая кран-балка типа 1А изготовлен отечественной фирмой «ПромКран» и смонтирован в цехе №566 АО «АЗ «УРАЛ». Данная кран-балка предназначена для подъемно-транспортных работ с ценным оборудованием, узлами для сборки новых автомобилей.

6.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

В данном цехе имеется сварочное оборудование, которое являет собой источник повышенной запыленности и загазованности, а также ультрафиолетового, инфракрасного и ионизирующих излучений, электромагнитных полей, шума и ультразвука. При сварке выделяются аэрозоли, содержащие окислы различных металлов, токсичные газы (оксиды углерода, озон, фтористый водород, оксиды азота и др.). Источником инфракрасного и ультрафиолетового излучения является сварочная дуга. Кроме того, следует отметить, что при высокочастотной сварке возникают электромагнитные поля, а при работе электронно-лучевых установок образуются ионизирующие излучения. К опасным факторам сварочных процессов относятся электрический ток, искры и брызги расплавленного металла, возможность взрыва баллонов.

При механообработке основными производственными опасностями могут являться: движущиеся части оборудования, перемещающиеся изделия, стружка, повышенное напряжение электрического тока, а также такие факторы, как запыленность и загазованность воздуха в рабочей зоне. Обработка хрупких материалов сопровождается разлетом стружки на расстояние 3–5 м. При обработке сплавов, содержащих свинец, происходит образование токсичной пыли. Процесс нагревания полимерных материалов во время их обработки приводит к образованию вредных углеводородов. Аэрозоли СОЖ вызывают раздражение верхних дыхательных путей.

В сборочном цехе основными производственными опасностями могут являться: инструмент пневмоэлектрический, перемещающиеся изделия, движущиеся части конвейера. Перечисленные факторы являются причиной травматизма, высокого

						13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			33

Производственные помещения цехов и участков должны быть оборудованы системами отопления, системами вентиляции, аспирации, кондиционирования воздуха в соответствии с [15], обеспечивающими нормальный температурный режим и чистоту воздуха, снижение содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005 в соответствии с гигиеническими требованиями к микроклимату производственных помещений [16].

Допустимый уровень шума в соответствие с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 составляет 80 дБ.

Для электроустановок с напряжением до 1000 В сопротивление заземляющего устройства должно быть не менее 10 Ом.

Искусственное освещение задающего участка листа осуществляется 112 дуговыми ртутными люминесцентными лампами ДРЛ – 400, расположенными четыре ряда, что наиболее эффективно.

Предприятия должны обеспечиваться водой, пригодной для питья и хозяйственных нужд. Шахтный колодец должен находиться на расстоянии не менее 20 м от производственных помещений и 30 м от приемника нечистот. Сруб колодца выводится над поверхностью земли не ниже чем на 1 м и закрывается крышкой. Вокруг сруба в земле закладывают слой глины (глиняный замок) толщиной 0,5 м и глубиной 1,5—2 м. Около колодца устраиваются мощные откосы с уклоном от колодца. Колодец надо оборудовать насосом, посредством которого поднимается вода.

Уровень шума в производственных помещениях должен быть в пределах действующих санитарных норм. Во всех помещениях с шумящим оборудованием должны быть приняты меры по снижению шума в соответствии со СНиП «Защита от шума» и составлять не более 80 дБ.

Всасывающие отверстия вентилятора, не соединенные с воздуховодами, должны быть закрыты защитными сетками с ячейкой размером 15-25 мм.

Содержание нетоксичной пыли в воздухе производственных помещений не должно превышать 6 мг на 1 м³ воздуха.

Системы воздушного отопления и вентиляции необходимо подвергать испытаниям, определяющим эффективность их работы и соответствие паспортным и проектным данным непосредственно перед приемкой в эксплуатацию после монтажа, реконструкции и периодически (не реже одного раза в 3 года).

Неблагоприятные сочетания метеорологических условий могут вызвать перегрев или переохлаждение.

6.4 Охрана труда

Для снижения влияния негативных факторов на человека должен выполняться ряд мероприятий по [17]:

- движущиеся части производственного оборудования, если они являются источниками опасности, должны быть ограждены;
- должна присутствовать приточно-вытяжная вентиляция;

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ

– подсобные помещения для работников должны быть из шумоизоляционного материала.

Для уменьшения случаев производственного травматизма проводятся инструктажи. Существуют следующие виды инструктажей [14]:

– вводный инструктаж – проводится при поступлении на работу инженером по технике безопасности по программе, утвержденной руководителем;

– первичный инструктаж на рабочем месте – проводится также при поступлении на работу и оформляется в контрольном листе (для связанных с электрооборудованием в течение 10 – 12 смен проводится стажировка на рабочем месте);

– повторный инструктаж проводится раз в полгода;

– внеплановый инструктаж проводится в случае, если изменилось оборудование, произошел несчастный случай или работник отсутствовал на своем рабочем месте более трех месяцев;

– целевой инструктаж проводится при выполнении разовых работ, работ с повышенной опасностью.

Лица, работающие с кран-балкой, должны быть обеспечены спецодеждой:

а) костюм хлопчатобумажный из пыленепроницаемой ткани;

б) ботинки кожаные;

В нерабочее время кран должен находиться в положении, исключающем возможность его пуска посторонними лицами, для чего необходимо вынуть ключ-бирку и выключить вводной автомат.

Профилактический медицинский осмотр для работающих должен проводиться не реже 1 раза в год [19].

Для предупреждения утомляемости и повышения работоспособности в первую очередь необходимо установить рациональный режим труда и отдыха в течение рабочей смены.

В цехе предусмотрен двенадцати часовой рабочий день с перерывом на обед. Режим труда должен предусматривать не менее чем пятиминутные паузы каждые два часа работы. Во время пауз целесообразно проводить физические упражнения.

Для защиты от воздействия опасных и вредных факторов необходимо применять следующие меры безопасности.

1. Защита от поражения электрическим током при ремонте и эксплуатации кран-балки.

При осмотре и ремонте электрооборудования крана вводной автоматический выключатель должен быть обязательно выключен.

Проверка и включение электрооборудования крана должны быть поручены квалифицированному электрику.

При внешнем осмотре электрооборудования кран-балки перед пуском в работу следует проверить:

– качество электропроводки и монтажа электрооборудования;

– наличие заземления всех металлических частей станка, его механизмов и отдельно стоящих узлов;

						13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			36

основными техническими средствами, обеспечивающими безопасность работ, является заземление [14].

Защитное заземление и зануление, а также другие технические устройства и способы применяют для защиты от поражения электрическим током и обеспечения условий отключения при повреждении изоляции электроустановок.

Защитным заземлением называется намеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей электроустановки, которые могут случайно оказаться под напряжением, с заземлителем.

Заземлителем называют металлические детали, углубляемые в землю, изготавливаемые, как правило, из низкоуглеродистой стали различного профиля: уголок, полоса, прут и другие. Заземлители в виде штырей, забиваемых в землю, называют электродами. Они могут быть одиночными или групповыми. Групповые электроды электрически соединенные общей полосой образуют заземляющий контур.

Заземление снижает до безопасного значения напряжение прикосновения человека, поскольку человек оказывается при повреждении изоляции включенным в электрическую цепь параллельно заземлителю, сопротивление которого по сравнению с сопротивлением человека значительно меньше. Это существенно снижает величину тока $I_{ч}$, протекающего через человека, коснувшегося поврежденной установки и [11].

Заземлению подлежат корпуса электродвигателей, трансформаторов, металлические оболочки кабелей и проводов, металлические ограждения. Для электроустановок с напряжением до 1000 В сопротивление заземляющего устройства должно быть не менее 10 Ом.

3. Защита от высокочастотных и электромагнитных полей.

Источниками электромагнитных полей, служат электродвигатели, трансформаторы и тиристорные преобразователи частоты.

В процессе эксплуатации промышленной установки не исключены частичные утечки электромагнитной энергии в ближайшее окружающее пространство, а следовательно, есть опасность их воздействия на обслуживающий персонал.

Воздействуя на живую ткань организма, электромагнитные поля вызывают переменную поляризацию молекул и атомов, составляющих клетки, в результате чего происходит опасный их нагрев. Избыточная теплота может нанести вред отдельным органам и всему организму человека. Особенно вреден перегрев таких органов, как глаза, мозг, почки. Возможно, также нарушение функций сердечно-сосудистой и нервной систем.

Ослабление мощности электромагнитных полей на рабочих местах операторов можно осуществить увеличением расстояния между источником излучения и рабочим местом, уменьшением мощности излучения генератора высокочастотных колебаний, установкой на пути движения электромагнитного поля между его источником и рабочим местом отражающего или поглощающего экрана, а также применения индивидуальных средств защиты.

На практике основной коллективной мерой защиты от воздействия

										Лист
										38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

электромагнитных полей служат различные металлические экраны, отражающие электромагнитные волны или поглощающие энергию электромагнитных полей.

Экраны, отражающие электромагнитные поля, выполняются металлическими. Их защитное действие состоит в том, что электромагнитное поле возбуждает в экране токи, образующие вторичное электромагнитное поле, по амплитуде напряженностей почти равное, а по фазе противоположное экранируемому полю. Суммарное результирующее электромагнитное поле быстро уменьшается в металлической массе экрана, проникая в него на небольшую глубину. Экраны изготовляют из листового металла (сталь, алюминий) толщиной не менее 0,5 мм. Смотровые окна и другие, необходимые по условиям работы отверстия закрывают частой сеткой с ячейками не более 4x4 мм.

Для защиты работающих от вредных воздействий электромагнитных полей применяют камеры или шкафы, в которых размещают высокочастотную аппаратуру. Так, например, тиристорный преобразователь устанавливается в отдельном шкафу. При необходимости высокочастотные установки размещают в отдельных помещениях, стены и перекрытия которых поглощают излучения электромагнитных полей.

Измерения напряженности электромагнитных полей выполняют прибором типа ИЭМП – 30, принцип действия которого основан на преобразовании высокочастотного напряжения на выходе дипольной или рамочной антенны в постоянное напряжение, которое после усиления подается на стрелочный индикатор.

4. Молниезащита.

Разряды атмосферного электричества способны вызвать взрывы, пожары и разрушения зданий и сооружений.

Здание цеха №566 относится ко II категории молниезащиты, то есть взрывоопасные смеси газов, паров и пыли могут возникнуть только в момент производственной аварии или неисправности технологического оборудования. Цех оборудован комплексом защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности людей, сохранности зданий и сооружений, оборудования и материалов от разрядов молний.

Здания и сооружения подлежат молниезащите в соответствии с СН 305-77. Цех оснащен отдельно стоящими молниеотводами, в качестве молниеприемников выступают металлические конструкции защищаемых сооружений – дымовые и другие трубы, металлическая кровля и другие металлоконструкции, возвышающиеся над уровнем зданий и сооружений.

5. Защита от механического травмирования.

Под механическими опасностями понимают нежелательные воздействия на человека, происхождение которых обусловлено силами гравитации или кинетической энергией тел.

Механические опасности создаются падающими, движущимися, вращающимися объектами природного и искусственного происхождения. Например, механическими опасностями естественного свойства являются обвалы, снежные

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

обслуживающего персонала или других машин. Сама по себе конструкция узлов и деталей должна исключать их монтаж в неправильном порядке или положении. В конструкции кранов предусматриваются высокая надежность механизма подъема, долговечность тормозных шкивов и накладок, безотказность действия предохранительных устройств, исключающие возможность их несрабатывания из-за поломки отдельных деталей, задания контактов, коротких замыканий в электрических цепях и т. п., а также отклонений, связанных с неточностью срабатывания.

Другие меры призваны обеспечивать надежность работы механизма передвижения, в частности ходовых колес. Мост и тележка должны иметь опорные детали, отстоящие от рельса не более чем на 20 мм на случай поломки валов, осей или ходовых колес, и буфера, входящие во взаимодействие с упорами в конце подкранового или подтележечного пути. Важное значение придается устройствам, исключающим столкновение кранов, действующих на одном подкрановом пути, а также перемещение ветром кранов, работающих на открытых площадках.

Каждый изготовленный кран должен быть принят отделом технического контроля, снабжен паспортом и документацией, предусмотренной соответствующими государственными стандартами или техническими условиями на изготовление. Реконструкция кранов для увеличения пролета или повышения грузоподъемности может быть разрешена органами Госгортехнадзора при условии, если возможность этой реконструкции подтверждается заключением на основании расчетов.

Установка кранов разрешается без ведома органов Госгортехнадзора, а эксплуатация только после регистрации и технического освидетельствования.

6.5 Производственная санитария

В соответствии со статьями Федерального закона от 30.03.99 «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» в цехе №566 осуществляется производственный контроль за соблюдением требований Санитарных правил. Проводятся профилактические мероприятия, направленные на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях. Осуществляется контроль за условиями труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата.

1. Расчет искусственного освещения.

Задачей расчета является определение потребной мощности электрических светильников и создания заданной освещенности в помещениях.

Для освещения задающего участка размерами 200 на 34 метров и высотой 10 метров выбираем дуговые ртутные люминесцентные лампы ДРЛ – 1000.

Высота расположения светильников над освещаемой поверхностью Нс:

$$H_c = H - h_c - h_p, \quad (33)$$

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

где H – общая высота помещения, м;
 h_c – высота от потолка до нижней части светильника, м;
 h_p – высота от пола до освещаемой поверхности, м.

$$H_c = 25 - 1,5 - 1,5 = 22 \quad (34)$$

У данных ламп ДРЛ отношение расстояния между светильниками L_k высоте их подвеса H_c при прямоугольном размещении светильников принято 1,5. Отсюда расстояние между рядами светильников вдоль длинной стены L :

$$L = H_c \cdot 1,5, \quad (35)$$

где H_c – высота расположения светильников над освещаемой поверхностью, м

$$L = 22 \cdot 1,5 = 33 \quad (36)$$

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников принимаем: $l = (0,3 \dots 0,5) L$, при ширине зала 30 м.

Число рядов светильников n :

$$n = \frac{B}{L}, \quad (37)$$

где B – ширина помещения, м;

L – расстояние между рядами светильников вдоль длинной стены, м

$$n = \frac{34}{33} = 1,03. \quad (38)$$

Таким образом, светильники располагаем в 4 ряда.

СНиП 23 – 05 – 95 устанавливает норму освещенности в цехе $E_n = 300$ лк для общего освещения и работах средней точности.

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_c(A+B)}, \quad (39)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H_c – высота расположения светильников над освещаемой поверхностью, м

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$$i = \frac{200 \cdot 34}{22 \cdot (200 + 34)} = 1,321 \quad (40)$$

По найденному индексу помещения определяем коэффициент использования светового потока $\eta = 0,33$.

Номинальный световой поток для ДРЛ, $\Phi_{л} = 50000$ лм.

Необходимое число светильников:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot z \cdot S}{n \cdot \Phi_{св} \cdot \eta}, \quad (41)$$

где E_n – норма освещенности для цеха, лк;

S – площадь помещения, м²;

n – число рядов светильников;

k – коэффициент запаса (1,4 – 1,7);

z – коэффициент неравномерности освещения (1,1 – 1,15);

η – коэффициент использования.

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 1,15 \cdot 6800}{2 \cdot 50000 \cdot 0,45} = 78,2. \quad (42)$$

Таким образом, для искусственного освещения цеха выбираем 78 дуговых ртутных люминесцентных ламп ДРЛ – 1000 и располагаем их в два ряда, что наиболее эффективно.

2. Разработка мероприятий по снятию психологических перегрузок.

Общая продолжительность рабочего времени, времени начала и окончания работы, продолжительность обеденного перерыва, периодичность и длительность внутрисменных перерывов, работа в ночное время определена в соответствии с действующим законодательством и правилами внутреннего трудового распорядка.

Под психологическими перегрузками принимается: переутомление, перенапряжение зрительных, слуховых анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки. Все эти факторы отрицательно сказываются на производительности труда. Увеличивается вероятность травматизма, вырастает риск аварий. Даже небольшой отдых приводит к снятию психологической нагрузки.

На психофизиологическую деятельность оператора, который следит за работой установки, оказывает влияние шум при работе установки, а также условия окружающей среды.

Статическое состояние оператора и монотонность работы ведёт к утомлению. Под утомлением понимают особое физиологическое состояние человеческого организма, возникающее после проделанной работы и выражающееся во временном понижении работоспособности. Признаками утомления и

										Лист
										43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ					

переутомления являются снижение производительности труда, субъективно же оно обычно выражается в ощущении усталости, т.е. нежелании или даже невозможности дальнейшего продолжения работы. Утомление может возникать при любом виде деятельности.

Основой для возникновения переутомления служит постоянное несоответствие продолжительности и тяжести работы и времени отдыха. Кроме того, развитию переутомления могут способствовать неудовлетворительная обстановка труда, неблагоприятные бытовые условия, плохое питание.

Важной мерой профилактики утомления является обоснование и внедрение в производственную деятельность наиболее целесообразного режима труда и отдыха, то есть рациональной системы чередования периодов работы и перерывов между ними. Это необходимо в производственных процессах, которые сопровождаются большими затратами энергии или постоянным напряжением внимания. Следует учитывать также, что длительность перерывов при выполнении одинаковой работы должна соответствовать возрастным особенностям организма.

В системе мер, обеспечивающих благоприятные условия труда, большое место отводится вопросам цветового оформления помещений. Наиболее холодными и успокаивающими тонами являются голубовато-зеленоватые тона.

6.6 Эргономика и производственная эстетика

Внешняя среда, окружающая человека на производстве, влияет на организм человека, на его физиологические функции, психику, производительность труда.

Успешное решение комплекса вопросов производственной эстетики оказывает благоприятное воздействие на организм человека, способствует снижению причин травматизма и профессиональных заболеваний, повышает производительность труда и культуру производства [17].

Размещение основного и вспомогательного оборудования, технологической и организационной оснастки на рабочем месте должно обеспечивать достаточные по размерам проходы и свободное пространство для создания и функционирования постоянного или временного (на период профилактического осмотра, ремонта и наладки технологического оборудования) рабочего места, а также свободное передвижение работающих в зоне обслуживания.

На рабочем месте в положении стоя, производственное оборудование должно иметь пространство для стоп высотой не менее 150 мм, глубиной - не менее 150 мм и шириной не менее 530 мм.

Органы управления необходимо размещать на оборудовании с учетом их важности и частоты использования:

- важные и очень часто используемые органы управления необходимо располагать в пределах оптимальной зоны моторного поля - на расстоянии не более 300 мм от края рабочей поверхности (при работе в положении сидя и стоя) [14].

Важное значение имеет цветовое и световое обозначение. В сборочном цехе

						13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			44

место сборки окрашено в зеленый цвет. Все пути подхода и проходы для движения персонала, а также передвижению автомобилей в коричневый цвет. Желтым цветом нарисованы полосы ограничивающие пути подъезда и проходов.

Красным цветом обозначены все кнопки «Стоп». Световая индикация имеется на шинопроводе по каждой фазе: А-Ж, В-З, С-К соответственно. Индикация на пульте управления кран-балкой, также предусмотрена. При аварийном режиме загорается красный сигнал.

6.7 Противопожарная и взрывобезопасность

Основы пожаро- и взрывобезопасности изложены в федеральных законах «О пожарной безопасности» 1994 г. и др., соответствующих законах субъектов РФ, государственных стандартах (ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность», ГОСТ 12.1.010-76 «Взрывобезопасность» и др.), Строительных нормах и правилах (СНиП), Правилах пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ-01-03), отраслевых нормах и правилах пожаро- и взрывобезопасности и других нормативных документах.

Пожарная безопасность достигается обеспечением безопасности людей и сохранением материальных ценностей хозяйственного объекта на всех стадиях его функционирования (проектирование, строительство, эксплуатация и реконструкция). Пожаро- и взрывобезопасность хозяйственного объекта обеспечивается системой предотвращения возникновения пожаров и взрывов и системой обеспечения пожаротушения.

Система предотвращения пожаров и взрывов включает следующие инженерно-технические мероприятия:

исключение возможности возникновения возгорания пожаро- и взрывоопасных веществ и материалов;

обеспечение пожарной безопасности зданий, сооружений, оборудования и установок;

разграничение зон хозяйственного объекта по пожарной опасности;

учет противопожарных требований к производственным процессам и коммунально-энергетическим системам;

установка средств пожарной сигнализации и извещения о пожаре.

Исключение возможности возникновения случаев возгорания и взрыва достигается предотвращением образования горючей среды, устранением условий образования в горючей среде источника воспламенения, поддержанием температуры и давления в горючей среде ниже максимально допустимых значений и другими мерами.

Пожарная безопасность зданий, сооружений, оборудования и установок обеспечивается по следующим направлениям:

- использование негорючих или трудновоспламеняемых веществ и строительных материалов;

- ограничение количества используемых горючих веществ и безопасное их

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

защиты окружающей среды, специальных средств защиты не применяется, так как демонтированное оборудование будет убрано на склад.

6.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Чрезвычайной ситуацией на территории завода может быть наводнение от р. Миасс, налипания на провода снега в зимний период, разрушения цехов, а также пожары. Пожар считается ЧС в том случае, если для его ликвидации недостаточно сил и средств пожарной охраны, дислоцируемой на данной территории. Территорию завода «УРАЛ» охраняют служба безопасности завода (СБ), и группа быстрого реагирования. Они проверяют пропускной режим и выявляют посторонних лиц на территории завода без пропусков. Ведут наблюдения за особо важными объектами завода на факт применения террористического акта и хищений материально значимых ценностей завода. Помещения хранения материально значимых ценностей оборудованы видеонаблюдением, охранной сигнализацией.

Основными мероприятиями по предупреждению ЧС является укрепление несущих основ цехов, опор линий электропередач, плотинных хозяйств. На плотине необходимо вести контроль за бесперебойным функционированием всех электромеханических узлов [20].

Возникновение ЧС обусловлено наличием остаточного риска. В соответствии с концепцией остаточного риска абсолютную безопасность обеспечить невозможно. Поэтому применяется такая безопасность, которую приемлет и может обеспечить общество в данный период времени.

В случае возникновения аварийной ситуации следует:

- прекратить все работы, не связанные с ликвидацией аварии;
- о случившемся сообщить непосредственному руководителю;
- обеспечить вывод людей из опасной зоны, если есть опасность для их здоровья и жизни;
- принять меры по оказанию первой помощи (если есть потерпевшие);
- принять меры по предотвращению развития аварийной ситуации и воздействия травмирующих факторов на других лиц;
- осуществлять другие действия, предусмотренные планом локализации и ликвидации инцидентов и аварий или планом действия при ЧС структурного подразделения.

Все работы можно возобновить только после устранения причин, приведших к аварийной ситуации и с разрешения непосредственного руководителя.

Выводы по разделу шесть

Проведен анализ опасных и вредных факторов, возможных чрезвычайных ситуаций, возникающих при работе с кран-балкой расположенной на сборочном участке, а также проведен расчет уровня освещения участка. Рассмотрены

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

основные требования к мерам безопасности и безвредности работы на месте оператора. Рассмотрены эргономические требования и меры безопасности при эксплуатации кран-балки.

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе была разработана модернизация электропривода подъёма кран-балки типа 1А цеха №566 АО «АЗ «УРАЛ».

Основной целью модернизации электропривода подъёма кран-балки является снижение динамических нагрузок. Разработан поверочный расчет электродвигателя, установленный двигатель имеет запас по мощности 35%.

Для выполнения цели была выполнена замена электрооборудования, а именно установили частотный преобразователь фирмы SIEMENS марка Micromaster 440 FX мощностью 5 кВт.

Данные вывода были подтверждены при выполнении моделирования в программе VisSim, которое показало, что работа электропривода с частотным управлением происходит плавный пуск двигателя, без резких толчков. В результате снижение происходит в 6,5 раз, но время пуска увеличивается с 0,6 с до 2с.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы в области охраны труда, экологической, противопожарной безопасности, а также рассмотрены мероприятия по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Официальный сайт компании - <http://www.sinamics-s120.com>
2. Официальный сайт НПП «УРАЛЭЛЕКТРА» - <http://www.uralelektra.ru>
3. Официальный сайт компании Siemens - <http://dfpd.siemens.ru>
4. Официальный сайт центра промышленной автоматизации RuAut - <http://ruaut.ru>
5. Гохберга, М.М. Справочник по кранам: В 2-х т. Под общей ред. проф.М.М Гохберга. - М.: Машиностроение, 1988.-559 с сил.
6. Гуляев, И.В. Системы векторного управления электроприводом на основе асинхронизированного вентильного двигателя: справочник / И.В Гуляев, Г.М Тутаев. - Саранск : Издательство мордовского университета, 2010.
7. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т. 2/ Под общ.ред. И.П. Копылова. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 688 с.:ил.
8. Чебовский, О.Г. Силовые полупроводниковые приборы: справочник / О.Г Чебовский. - Мн., 1988.
9. «Правила устройства электроустановок». Издание 7. От 08.07.2002г
10. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты / Р.Т Шрейнер. - Екатеринбург: изд-во УРО РАН, 2000.
11. Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / С.В.Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова. 3 – е изд., испр. и доп. – М.: Высшая школа, 2001.
12. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов: Учебник для свузов. / М.М Соколов. - М.: Энергия, 1976. - 487 л с ил.
13. Фираго, Б.И. Учебно-методическое пособие для студентов специальности Т11.02. - Мн, 1993.-125л с ил.
14. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. Минэнерго РФ 13 января 2003 г.
15. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование.
16. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
17. Федеральный закон "Об основах охраны труда в Российской Федерации" от 17 июля 1999 г. № 181 – ФЗ / Собрание законодательства Российской Федерации – 1999 – № 29 – ст. 3702.
18. ПБ 10-382-00 Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов (с изменениями от 28 октября 2008 г.)

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

19. Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций. Совместное постановление Министерства труда и социального развития РФ № 1 и Министерства образования от 13.01.2003 № 29.

20. Охрана окружающей среды: Учебник для технич. спец. вузов/С.В.Белов, Ф.А.Барбинов, А.Ф.Козьяков и др. Под ред. С.В.Белова. – 2 – е изд., испр. и доп. М.: Высшая школа, 1991.

					13.03.02.2018.146.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52