

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



Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Электропривод и автоматика _____

Кафедра электропривода и электрооборудования

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод механизма подъема козлового крана

УДК 62-83:621.873.001.24

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г12	Камалдинов Руслан Искандарович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кладиев Сергей Николаевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов Игорь Иванович	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дементьев Юрий Николаевич	к.т.н., доцент		

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



Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) Электропривод и автоматика

Кафедра электропривода и электрооборудования

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____

(Дата) _____

Ю.Н.Дементьев
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г12	Камалдинову Руслану Искандаровичу

Тема работы:

Тема работы:	
Электропривод механизма подъёма козлового крана	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2533/С от 01.04.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики, техническая литература
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Введение; описание технического процесса; выбор мощности двигателя, выбор редуктора расчет и построение электромеханических характеристик, построение имитационной модели в среде MatLab, социальная ответственность проекта; финансовый менеджмент; заключение
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	• схема кинематического механизма • схема структурная • схема имитационной модели- демонстрационный лист • технико-экономические показатели
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ре-	Мелик –Гайказян Мария Вигеновна

сурсосбережение	
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кладиев Сергей Николаевич	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г12	Камалдинов Руслан Искандарович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г12	Камалдинову Руслану Искандаровичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образова- ния	Бакалавриат	Направление/специальность	Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов

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

1. Стоимость ресурсов для технического проекта	В техническом проекте задействованы 2 человека (руководитель проекта и бакалавр). Стоимость материальных ресурсов определялась исходя из средней стоимости по г.Томску. Заработная плата рассчитывается в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Продолжительность выполнения	Оценка продолжительности выполнения технического проекта

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка потенциала технического проекта	SWOT-анализ технического проекта
2. Планирование графика работ по реализации технического проекта	Для составления графика работ по реализации технического проекта используется оценка трудоемкости работ для каждого исполнителя. По полученным данным строится график Ганта.
3. Определение затрат технического проекта	В процессе формирования сметы технического проекта используется следующая группировка затрат по статьям: • Материальные затраты; • Полная заработная плата исполнителей; • Отчисления во внебюджетные фонды; • Накладные расходы;
4. Оценка ресурсной эффективности ИР	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мелик-Гайказян Мария Вигеновна	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г12	Камалдинов Руслан Искандарович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

«Электропривод подъёмного механизма козлового крана»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Г12	Камалдинову Руслану Искандаровичу

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭПЭО
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность» «Машиниста козлового крана.»

Описание рабочего места (технологического процесса, механического оборудования, метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации) на предмет возникновения:

- вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, запыленность)
- опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, электрической, пожарной и взрывной природы)
- негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу)
- чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды;

Основными вредными факторами являются:
 Освещение;
 Шум;
 Вибрация;
 Микроклимат.

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды;

Опасными факторами являются:
 Возможность получения травм в следствии:
 а) незащищенных подвижных элементов;
 б) механические порезы;
 в) наличие высокого напряжения.
 Поражение электрическим током при обслуживании электрооборудования.

3. Защита в чрезвычайных ситуациях:

- перечень возможных ЧС на объекте;
- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;
- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;

разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

4. Экологическая безопасность.

5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- правовые основы БЖД.
Перечень графического материала:
План эвакуации при пожаре

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Романцов Игорь Иванович	кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Г12	Камалдинов Руслан Искандарович		

Техническое задание

Разработать регулируемый электропривод механизма подъема козлового крана ККС-32 по системе преобразователь частоты- асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и исследовать механические и электромеханические характеристики выбранного электропривода.

1. Режим работы- циклический(повторно-кратковременный), нагрузка подъёмного механизма активная.
2. Электропривод реверсивный, диапазон регулирования в рабочей зоне $D=1:4$, при плавном регулировании скорости в данном диапазоне.
3. Управление электроприводом-ручное с кабины машиниста крана.
4. Электродвигатель должен быть предназначен для работы в разных климатических условиях, иметь степень защиты не ниже IP54.
5. Преобразователь должен быть предназначен для работы при температуре окружающего воздуха от минус 10° до плюс 45°C и относительной влажности не более 80%.
6. Система управления электроприводом должна обеспечивать надёжную защиту от перегрузок и аварий, простоту управления и обслуживания.
7. Сеть трёхфазная, 380В, частота сети 50Гц.

РЕФЕРАТ

Ключевые слова: электропривод; подъёмный механизм козлового крана; скалярная система; преобразователь частоты.

Описан технологический процесс работы крана, представлена кинематическая схема механизма привода с редуктором, даны его технические характеристики, сформулированы технические требования к электроприводу. Проведён выбор электрооборудования на основе преобразователя частоты, расчёт и построение статических характеристик. Динамические режимы исследованы на имитационной модели системы, которые подтвердили правильность выбранных технических решений. В экономическом разделе рассмотрен SWOT-анализ проекта, а в разделе охраны труда рассмотрены безопасные условия работы машиниста козлового крана, техника безопасности в чрезвычайных ситуациях, экологичность проекта.

ВКР выполнена в текстовом редакторе *Microsoft Word* 2007 на белой бумаге формата А4 с использованием программ *MathCAD* 14, пакет *MatLAB* 7.1 *Simulink* 6.3., *Microsoft Visio* 2007.

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	10
1.	ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	11
1.1	Назначение козлового крана	12
1.2	Кинематическая схема механизма подъёма	13
2.	ПРОЕКТНО РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ	14
2.1	Расчёт мощности и выбор электродвигателя	14
2.2	Выбор типа двигателя механизма подъёма	19
2.3	Выбор типа редуктора	22
2.4	Выбор преобразователя частоты	23
3.	РАСЧЁТ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ РАЗОМКНУТОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	24
3.1	Расчёт естественных, механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода	24
3.2	Расчёт естественных характеристик электродвигателя	27
3.3	Расчёт искусственных (регулирующих) характеристик для заданного диапазона регулирования скорости	30
3.4	Моделирование прямого пуска асинхронного двигателя	35
3.5	Моделирование прямого пуска электродвигателя с частотным законом управления	36
4.	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	40
4.1	SWOT-анализ технического проекта	40
4.2	Организация работ технического проекта	43
4.3	Определение сметы технического проекта	47
4.3.1	Заработная плата исполнителей проекта	47
4.3.2	Отчисления во внебюджетные фонды	49
4.3.3	Накладные расходы	49
4.4	Определение ресурсоэффективности проекта	50
5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	53
5.1	Анализ и выявление вредных факторов проектируемой производственной среды	54
5.2	Анализ и выявление опасных факторов проектируемой производственной среды	62
5.3	Защита в чрезвычайных ситуациях	67
5.4	Экологическая безопасность	69
5.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	75

ВВЕДЕНИЕ

Проектирование электропривода в общем случае представляет собой сложную задачу, успешное решение которой зависит от правильного выбора всех его составляющих. Основой для проектирования электроприводов, как и любого технического объекта, является техническое задание. В нем определяются назначение проектируемого электропривода, его показатели качества с соответствующими весовыми коэффициентами, а также условия и ограничения, которым должны соответствовать параметры и характеристики создаваемого электропривода.

Электропривод это конструктивное единство электромеханического преобразователя энергии (электродвигателя), силового преобразователя и устройства управления. Он обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую энергию в соответствии с алгоритмом работы технологической установки. Современный этап развития привода характеризуется массовым переходом от нерегулируемого электропривода к регулируемому на основе достижений в области силовой и управляющей электроники.

Асинхронные двигатели наиболее часто применяются в промышленности и на транспорте из-за своей простоты и надёжности. Однако, эффективное управление ими представляет собой довольно сложную задачу и требует создания специальных систем управления. Преимущества асинхронного двигателя наиболее полно реализуются при частотном регулировании, которое обеспечивается преобразователями частоты.

В настоящее время ни одна отрасль промышленности не может обойтись без автоматизации производства. Поскольку краны являются основными средствами комплексной механизации и автоматизации погрузочно-разгрузочных операций, то появилась необходимость осуществления регулирования скорости в широких диапазонах.

1.ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение козлового крана

Электрические подъёмные краны – это устройства служащие для вертикального и горизонтального перемещения грузов удерживаемых грузозахватным устройством (крюк, грейфер). Кран является наиболее распространенной грузоподъемной машиной, имеющей весьма разнообразное конструктивное исполнение и назначение.

Козловым краном называют грузоподъемный механизм, который опирается на крановый путь посредством двух опорных стоек. В качестве кранового пути при этом выступают стальные рельсы, уложенные на предварительно подготовленный бетонный фундамент. Данный тип техники относится к мостовым, так как имеет конструкцию подвесного моста с установленным на нем электрической лебёдкой. Механизм подъемной лебёдки приводится в действие электрическим двигателем.

Козловые краны изготавливают для различных условий использования по степени загрузки, времени работы, интенсивности ведения операций, степени ответственности грузоподъемных операций и климатических факторов эксплуатации. Эти условия обеспечиваются основными параметрами грузоподъемных машин. К основным параметрам механизма подъёма относятся: грузоподъемность, скорость подъема крюка, режим работы, высота подъема грузозахватного устройства. Любой современный грузоподъемный кран в соответствии с требованиями безопасности, может иметь для каждого рабочего движения в трех плоскостях, следующие самостоятельные механизмы: механизм подъема - опускания груза, механизм передвижения крана в горизонтальной плоскости и механизмы обслуживания зоны работы крана (передвижения тележки).

Режим работы грузоподъемных машин цикличен. Цикл состоит из перемещения груза по заданной траектории и возврата в исходное положение для нового цикла. Номинальная грузоподъемность - масса номинального груза на крюке или захватном устройстве, поднимаемого грузоподъемной машиной.

Скорость подъема крюка выбирают в зависимости от требований технологического процесса, в котором участвует данная грузоподъемная машина, характера работы, типа машины и ее производительности.

Все многообразие грузоподъемных кранов охвачено восемью режимными группами 1К-8К. Классификация механизмов по группам режимов работы осуществляется по параметрам суммарного времени работы механизмов за срок службы и степени усредненного нагружения крана.

Для данного козлового крана рекомендуемые режимные группы:

5К – группа режима работы крана;

4М – группа режима работы механизма подъема

Для механизмов передвижения козловых кранов предусматривают раздельные приводы. Приводными выполняют не менее половины всех ходовых колёс. Механизм передвижения крана служит для перемещения крана по рельсам и состоит из следующих элементов: двигатель, муфта, редуктор, тормоз, шестерни, ходовое колесо. Козловой кран, перемещение которого производится по рельсам, имеет один существенный недостаток. Его перемещение ограничено длиной рельс. В современных конструкциях питание козлового крана осуществляется с помощью гибкого кабеля. Для создания постоянного натяжения кабеля, снабжающего электроэнергией кран применяют специальные кабельные барабаны. Назначение кабельного барабана поддерживать постоянное натяжение электрокабеля. Электрокабель, навитый на кабельный барабан и закрепленный на нем, при движении крана в одном направлении свивается с барабана под действием усилия натяжения и укладывается в лоток, а при движении крана в обратном направлении автоматически навивается на барабан за счет работы привода барабана.

1.2 Кинематическая схема механизма подъема главного крюка

Кинематическая схема механизма подъёма представлена на рисунке 1

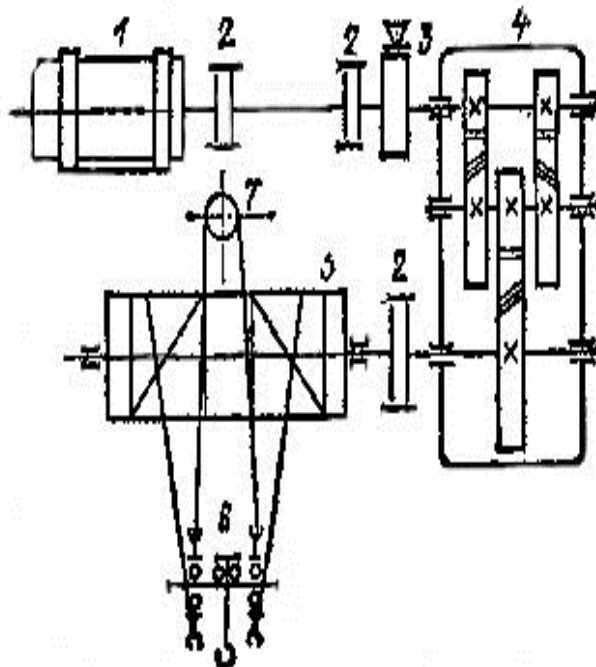


Рисунок 1 Кинематическая схема механизма подъёма

1 - двигатель; 2 - муфта; 3 - тормоз; 4 - редуктор; 5 - барабан; 6 - полиспаст; 7 - неподвижный блок полиспаста.

2. ПРОЕКТНО РАСЧЁТНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Расчет мощности и выбор электродвигателя

Правильный выбор мощности приводных двигателей является необходимым условием надёжной и экономической работы электропривода.

Установка двигателей большей, чем требуется мощности, связана с увеличением их габаритов, массы, стоимости, снижением коэффициента загрузки, а это в свою очередь вызывает ухудшение коэффициента полезного действия. Установка двигателей меньшей мощности по сравнению с требуемой может привести: к недопустимой перегрузке, к повышению температуры отдельных частей сверх допускаемой нормами, к сокращению срока их службы.

Поэтому для обеспечения нормальной работы электродвигателя необходимо, чтобы его мощность соответствовала требуемой, определяемой на основании технологических параметров оборудования.

Определим статическую мощность на валу электродвигателя подъемной лебедки при подъеме груза, следующим образом, в кВт [3]:

$$P_{\text{ст}} = \frac{(G + G_0) \cdot v_{\text{н}} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{нагр}}} \quad (4.1)$$

где $G = g \cdot m = 10^3 \cdot 5 \cdot 9,8 = 49000$ Н – масса поднимаемого груза;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

m – номинальная грузоподъемность, кг;

$G_0 = g \cdot m_0 = 10^3 \cdot 0,2 \cdot 9,8 = 1960$ Н – масса порожнего крюка;

m_0 – масса порожнего крюка, кг;

$v_{\text{н}} = 18 \text{ м/мин} = 0,3 \text{ м/с}$ – скорость подъема груза;

$\eta_{\text{нагр}} = 0,75$ – к.п.д. нагрузки.

$$P_{\text{ст}} = \frac{(4900 + 1960) \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{0,75} = 20,384 \text{ кВт.}$$

Мощность приложенная к валу электродвигателя при подъеме порожнего захватывающего приспособления, кВт:

$$P_{\text{пор}} = \frac{G_0 \cdot v_{\text{н}} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{хх}}} \quad (4.2)$$

где $\eta_{\text{хх}}=0,42$ – к.п.д. механизма в режиме холостого хода.

$$P_{\text{пор}} = \frac{1960 \cdot 0,3 \cdot 10^{-3}}{0,42} = 1,4 \text{ кВт.}$$

Мощность на валу электродвигателя соответствующая весу груза, кВт:

$$P_{\text{гр}} = (G + G_0) \cdot v_{\text{с}} \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

где $v_{\text{с}}=v_{\text{н}}=0,3$ м/с - скорость спуска.

$$P_{\text{гр}} = (4900 + 1960) \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 15,3 \text{ кВт.}$$

Мощность на валу электродвигателя, вызванная силой трения, кВт:

$$P_{\text{тр}} = \frac{(G + G_0)}{\eta_{\text{нагр}}} \cdot (1 - \eta_{\text{нагр}}) \cdot v_{\text{с}} \cdot 10^{-3} \quad (4.4)$$

$$P_{\text{тр}} = \frac{(49000 + 1960)}{0,75} \cdot (1 - 0,75) \cdot 0,3 \cdot 10^{-3} = 0,51 \text{ кВт.}$$

Ввиду того, что $P_{\text{гр}} > P_{\text{тр}}$, работа электродвигателя происходит в режиме тормозного спуска. [3]

Расчёт мощности на валу электродвигателя в режиме тормозного спуска, кВт:

$$P_{\text{т.сп}} = (G + G_0) \cdot v_{\text{с}} \cdot \left(2 - \frac{1}{\eta_{\text{нагр}}}\right) \cdot 10^{-3} \quad (4.5)$$

$$P_{\text{т.сп}} = (4900 + 1960) \cdot 0,3 \cdot \left(2 - \frac{1}{0,75}\right) \cdot 10^{-3} = 10 \text{ кВт.}$$

Мощность приложенная к валу электродвигателя при спуске порожнего захватывающего приспособления, кВт:

$$P_{\text{сп.пор}} = G_0 \cdot v_c \cdot \left(\frac{1}{\eta_{\text{хх}}} - 2 \right) \cdot 10^{-3} \quad (4.6)$$

$$P_{\text{сп.пор}} = 1960 \cdot 0,3 \cdot \left(\frac{1}{0,42} - 2 \right) \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ кВт.}$$

Исходя из расчёта статических нагрузок определим график нагрузки механизма подъема козлового крана для наиболее характерного цикла работы

Необходимое время для подъема груза на высоту H :

$$t_{\text{p1}} = \frac{H}{v_{\text{н}}} = \frac{20}{0.3} = 66,7 \text{ с.}$$

где H -высота подъема груза, м.

Необходимое время для перемещения груза на расстояние L :

$$\text{Принимаем } t_{01} = t_{03} = 60 \text{ с.}$$

Необходимое время спуска груза:

$$t_{\text{p2}} = \frac{H}{v_{\text{н}}} = \frac{20}{0.3} = 66,7 \text{ с.}$$

Необходимое время для зацепления и отцепления груза:

$$t_{02} = t_{04} = 15 \text{ с.}$$

Необходимое время для подъема порожнего крюка:

$$t_{\text{p3}} = \frac{H}{v_{\text{н}}} = \frac{20}{0.3} = 66,7 \text{ с.}$$

Необходимое время для спуска порожнего крюка:

$$t_{\text{p4}} = \frac{H}{v_{\text{н}}} = \frac{20}{0.3} = 66,7 \text{ с.}$$

Суммарное время работы электродвигателя:

$$\sum t_p = t_{p1} + t_{p2} + t_{p3} + t_{p4} = 4 \cdot 66,7 = 266,8 \text{ с.}$$

Суммарное время пауз:

$$\sum t_0 = t_{01} + t_{02} + t_{03} + t_{04} = 60 + 15 + 60 + 15 = 150 \text{ с.}$$

Продолжительность включения, действительная, %:

$$\text{ПВ}_д = \frac{\sum t_p}{\sum (t_p + t_0)} \cdot 100\% \quad (4.7)$$

$$\text{ПВ}_д = \frac{266,8}{266,8 + 150} \cdot 100\% = 64\%$$

Эквивалентная мощность при суммарном времени работы электродвигателя, кВт:

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{P_{c1}^2 \cdot t_{p1} + P_{c2}^2 \cdot t_{p2} + P_{c3}^2 \cdot t_{p3} + P_{c4}^2 \cdot t_{p4}}{\sum t_p}} \quad (4.8)$$

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{20,384^2 \cdot 66,7 + 1,4^2 \cdot 66,7 + 10,2^2 \cdot 66,7 + 0,22^2 \cdot 66,7}{266,8}} = 11,4 \text{ кВт.}$$

Пересчитаем эквивалентную мощность включения соответствующего режима работы механизма крана, на стандартную продолжительность, кВт: [3]

$$P_{\text{э}} = P_{\text{экв}} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{дв}}}{\text{ПВ}_{\text{ст}}}} \quad (4.9)$$

$$P_э = 11,4 \cdot \sqrt{\frac{64}{40}} = 18,24 \text{ кВт}$$

Расчёт мощности электродвигателя с учётом коэффициента запаса, кВт: [3]

$$P_{дв} = \frac{P_э \cdot k_з}{\eta_{ред}} \quad (4.10)$$

где $k_з = 1,2$ – необходимый коэффициент запаса;

$\eta_{ред} = 0,95$ – общий к.п.д. редуктора.

$$P_{дв} = \frac{18,24 \cdot 1,2}{0,95} = 23,04 \text{ кВт}$$

Угловую скорость лебедки ,рад/с, и частоту вращения лебедки, об/мин, определим следующим способом:[3]

$$\omega_{л} = \frac{2 \cdot v_{н}}{D} \quad (4.11)$$

где D - диаметр барабана лебедки, м.

$$\omega_{л} = \frac{2 \cdot 0,3}{0,4} = 1,5 \text{ рад/с}$$

$$n_{л} = \frac{30 \cdot \omega_{л}}{\pi} \quad (4.12)$$

$$n_{л} = \frac{30 \cdot 1,5}{3,14} = 14 \text{ об/мин}$$

Рассчитанные значения мощности и значения стандартной продолжительности включения электродвигателя $PВ_{ст} = 40\%$, лягут в основу выбора электродвигателя.

2.1 Выбор типа электродвигателя механизма подъема

Задача расчета состоит в выборе приводного электродвигателя по справочнику и проверка его по перегрузочной способности, обеспечивающий условия пуска, а также выбор редуктора для механизма подъема козлового крана.

Основными параметрами выбора электродвигателя являются расчёты, сделанные выше. От правильного выбора двигателя по мощности зависит надежность работы электропривода и его энергетические показатели в процессе эксплуатации.

Выберем электродвигатель исходя из следующего:

$$\begin{aligned} P_{\text{ном}} &\geq P_{\text{дв}} \\ P_{\text{ном}} &\geq 23,04 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (4.13)$$

Таблица 1 - Паспортные данные асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором типа АИР225М8

Параметры двигателя	Значение параметра
1	2
Мощность, P_n	30 кВт
Частота вращения, n_n	735 об/мин
Ток статора, I_1	62,9 А
Коэффициент мощности, $\cos \varphi$	0,81
КПД, η_n	91 %
Максимальный момент, M_m	779,6 Нм
Напряжение, U	380 В
Частота, f	50 Гц
Продолжительность включения, ПВ _{ст}	40 %
$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = k_i = 6.6$	кратность пускового тока, о.е.
$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{н}}} = k_n = 2$	кратность пускового момента, о.е.

Проверяем выбранный электродвигатель по допустимой нагрузке и условию осуществимости пуска.

Данный электродвигатель должен соответствовать требуемым условиям: [3]

Первое условие допустимой нагрузки:

$$M_{\text{доп}} > M_{c.\text{max}}, \quad (4.14)$$

где $M_{c.\text{max}} = 9550 \cdot \frac{P_{c.\text{MAX}}}{n_n}$ Нм;

P_c - статическая мощность при подъеме груза, кВт;

n_n - частота вращения вала электродвигателя, об/мин.

$$M_{c.\text{max}} = 9550 \cdot \frac{20.384}{735} = 264.8 \text{ Нм}$$

$$M_{\text{доп}} = M_m = 779,6 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{доп}} = 779,6 \text{ Нм} > 264,8 \text{ Нм} = M_{c.\text{max}}$$

Таким образом первое условие выполняется.

Второе условие допустимой нагрузки:

$$M_{\text{ср.п}} \geq 1,5 M_{c.\text{max}}$$

где $M_{\text{ср.п}} = \frac{M_1 + M_2}{2}$ - средний пусковой момент, Нм;

$M_1 = 0,85 \cdot M_m = 0,85 \cdot 779,6 = 662,7 \text{ Нм}$ - максимальный момент двигателя при пуске, Нм;

$M_2 = (1,1 - 1,2) \cdot M_n = 1,2 \cdot 264,8 = 317,8 \text{ Нм}$ - минимальный момент двигателя, Нм;

$$M_{\text{н}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} = 9550 \cdot \frac{30}{735} = 389.8 \text{ Нм} - \text{номинальный момент развиваемый двигателем.}$$

мый двигателем.

$$M_{\text{ср.п}} = \frac{662.7 + 317.8}{2} = 490.25 \text{ Нм}$$

$$1,5 M_{\text{с.маx}} = 1,5 \cdot 264,8 = 397,2 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{ср.п}} = 490,25 \text{ Нм} > 397,2 \text{ Нм} = 1,5 \cdot M_{\text{с.маx}}$$

Таким образом второе условие выполняется.

Третье условие допустимой нагрузки:

$$M_2 \geq 1,2 M_{\text{с.маx}}$$

$$1,2 \cdot M_{\text{с.маx}} = 1,2 \cdot 264,8 = 317,7 \text{ Нм.}$$

$$M_2 = 317,8 \text{ Нм} \geq 317,7 \text{ Нм} = 1,2 \cdot M_{\text{с.маx}}$$

Таким образом третье условие выполняется.

В виду того, что электродвигатель АИР225М8 соответствует параметрам выбора, то для привода механизма подъема козлового крана выбираем электродвигатель данной марки.

2.2 Выбор типа редуктора.

Редуктор- механизм для согласования скорости вращения барабана лебедки механизма подъема и вала электродвигателя. Редуктор выбирают по мощности, передаточному числу и скорости вращения. [2]

Определим передаточное число редуктора:

$$i_p = \frac{n_H}{v_H \cdot v_{II}} \quad (4.16)$$

где D - диаметр барабана лебедки, м;

i_p - передаточное число системы полиспастов.

$$i_p = \frac{735}{14 \cdot 2} = 26.25$$

Таким образом исходя из полученных данных подойдёт редуктор марки РМ-750. Основным отличительным признаком модификации РМ-750 является картер для сбора масла, который находится в нижней части редуктора. В этом диапазоне РМ хорошо работает с высокооборотистыми двигателями, поэтому используются в основном для оборудования грузоподъемностью более 20-ти тонн.

- нагрузка постоянная и переменная, одного направления и реверсивная;
- работа длительная или с периодическими остановками, вращение валов в любую сторону;
- температура внешней среды от - 40°C до + 50°C;
- повышенная запыленность, агрессивная среда;
- редуктор РМ имеет климатическое исполнение У и Т, категорию размещения 1-4 по ГОСТ 15150-69

2.3 Выбор преобразователя частоты

Выбор преобразователя частоты выполняется из условия:

$$U_{\text{дв}} \leq U_{\text{пр}}; I_{\text{дв}} \leq I_{\text{пр}}$$

Большинство современных преобразователей частоты построено по схеме двойного преобразования.

Они состоят из следующих основных частей:

- звена постоянного тока
- силового трехфазного импульсного инвертора
- системы управления.

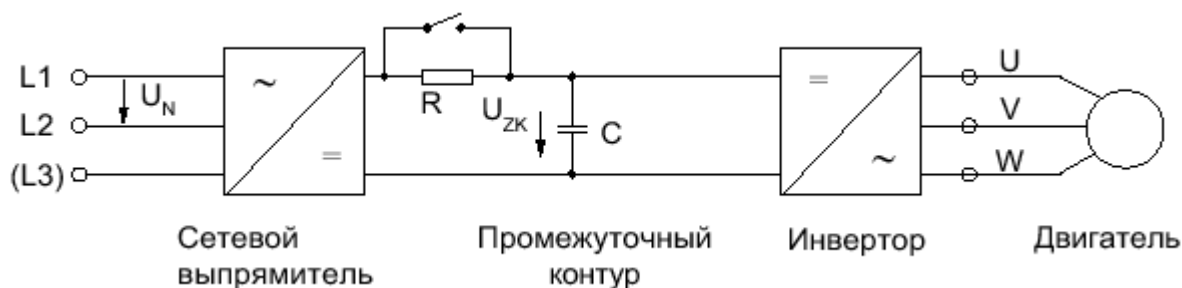


Рисунок 2. – Блок-схема силовой части преобразователя частоты

В соответствии с техническими требованиями к электроприводу и выбранным способ регулирования был выбран преобразователь частоты ВЕСПЕР ЕЗ-8100К. Модели ЕЗ-8100К-SP25L могут использоваться для управления приводами в большинстве общепромышленных механизмов. Она идеально подходит в тех случаях, когда требуется максимальная производительность, небольшие габариты преобразователя и низкая цена.

Таблица 2. Параметры преобразователя:

Наименование параметра	
Типоразмер	SP25L
Номинальная выходная мощность, кВА	7,5
Максимальная мощность двигателя, кВт	30
Номинальный ток, А	1.6
Номинальное напряжение сети, В	220
Количество фаз сети	3
Частота сети, Гц	(50÷60)±2
Температура хранения, °С	-20...+60
Рабочая температура, °С	-10...+40
Защитное исполнение	IP20
Относительная влажность	макс. 90% без росы

3. РАСЧЁТ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ РАЗОМКНУТОЙ САР

3.1 Расчет естественных механических и электромеханических характеристик системы регулируемого электропривода

Определим параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя по паспортным данным.

Паспортные данные электродвигателя АИР225М8:

номинальное линейное напряжение $U_{\text{лн}} - 380 \text{ В}$;

номинальная мощность двигателя $P_{\text{н}} - 30 \text{ кВт}$;

синхронная частота вращения $n_0 - 750 \text{ об/мин}$;

фазное напряжение $U_{\text{ф}} - 220 \text{ В}$;

к.п.д. в режиме номинальной мощности $\eta_{\text{н}} - 0,905$ (100 %-я нагрузка);

коэффициент мощности $\cos \varphi_{\text{н}} - 0,81$;

номинальное скольжение двигателя $s_{\text{н}} - 2,5 \%$;

кратность пускового момента $k_{\text{п}} = \frac{M_{\text{к}}}{M_{\text{н}}} = 1.40.4$;

кратность пускового тока $k_{\text{т}} = \frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{н}}} = 600..$;

кратность максимального момента $k_{\text{мах}} = \frac{M_{\text{к}}}{M_{\text{н}}} = 2.30.3$;

динамический момент инерции $J_{\text{дв}} = 0,61 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Синхронная угловая частота вращения двигателя:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.14 \cdot 750}{30} = 78,5 \text{ рад/с} \quad (4.17)$$

Номинальная частота вращения двигателя:

$$n_{\text{дв.н}} = (1 - s_{\text{н}}) \cdot n_0 = (1 - 0,025) \cdot 750 = 731 \text{ об/мин}$$

или

$$\omega_{\text{дв.н}} = (1 - s_{\text{н}}) \cdot \omega_0 = (1 - 0,025) \cdot 78,5 = 76,537 \text{ рад/с}$$

Номинальный момент двигателя:

$$M_{\text{дв.н}} = \frac{P_{\text{дв.н}} \cdot 10^3}{\omega_{\text{дв.н}}} = \frac{30000}{76,537} = 391,965 \text{ Нм} \quad (4.18)$$

Ток холостого хода асинхронного двигателя:

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - (p_* \cdot I_{1\text{н}} \cdot (1 - s_{\text{н}}) / (1 - p_* \cdot s_{\text{н}}))^2}{1 - (p_* \cdot (1 - s_{\text{н}}) / (1 - p_* \cdot s_{\text{н}}))^2}} = \quad (4.19)$$

$$= \sqrt{\frac{47,455^2 - (0,75 \cdot 62 \cdot (1 - 0,025) / (1 - 0,75 \cdot 0,025))^2}{1 - (0,75 \cdot (1 - 0,025) / (1 - 0,75 \cdot 0,025))^2}} = 16,196 \text{ А},$$

где $I_{1\text{н}} = \frac{P_{\text{н}}}{3 \cdot U_{\text{лф}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{н}}} = \frac{30000}{3 \cdot 220 \cdot 0,81 \cdot 0,905} = 62 \text{ А}$ – номинальный ток статора двигателя;

$I_{11} = \frac{p_* \cdot P_{\text{н}}}{3 \cdot U_{\text{лф}} \cdot \cos \varphi_{p_*} \cdot \eta_{p_*}} = \frac{0,75 \cdot 30000}{3 \cdot 220 \cdot 0,794 \cdot 0,905} = 47,455 \text{ А}$ – ток статора двигателя при частичной нагрузке;

$\eta_{p_*} = \eta_{\text{н}} = 0,905$ – КПД при частичной нагрузке;

$\cos \varphi_{p_*} = 0,98 \cdot \cos \varphi_{\text{н}} = 0,98 \cdot 0,81 = 0,794$ – коэффициент мощности при частичной нагрузке;

$p_* = \frac{P}{P_{\text{н}}} = 0,75$ – коэффициент загрузки двигателя;

Согласно формуле Клосса определим соотношение для расчета критического скольжения. В первом приближении принимаем $\beta=1$ (коэффициент, характеризующий соотношение активных сопротивлений статора и ротора):

$$s_{\text{к}} = s_{\text{н}} \cdot \frac{k_{\text{макс}} + \sqrt{k_{\text{макс}}^2 - (1 - 2 \cdot s_{\text{н}} \cdot \beta \cdot (k_{\text{макс}} - 1))}}{1 - 2 \cdot s_{\text{н}} \cdot \beta \cdot (k_{\text{макс}} - 1)} = \quad (4.20)$$

$$= 0,025 \cdot \frac{2,3 + \sqrt{2,3^2 - (1 - 2 \cdot 0,025 \cdot 1 \cdot (2,3 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,025 \cdot 1 \cdot (2,3 - 1)} = 0,117 \text{ о.е.}$$

Определим ряд промежуточных коэффициентов:

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_i \cdot I_{1H}} = 1 + \frac{16,196}{2 \cdot 6 \cdot 62} = 1,022;$$

$$A_1 = \frac{m \cdot U_{1\Phi}^2 \cdot (1 - s_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{\max} \cdot P_H} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0,025)}{2 \cdot 1,022 \cdot 2,3 \cdot 30\,000} = 1,004.$$

Активное сопротивление ротора, приведенное к обмотке статора:

$$R'_2 = \frac{A_1}{\left(\beta + \frac{1}{s_K}\right) \cdot C_1} = \frac{1,004}{\left(1 + \frac{1}{0,117}\right) \cdot 1,022} = 0,103 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление обмотки статора рассчитывается по следующему выражению:

$$R_1 = C_1 \cdot R'_2 \cdot \beta = 1,022 \cdot 0,103 \cdot 1 = 0,105 \text{ Ом.}$$

Определим параметр γ , который позволяет найти индуктивное сопротивление короткого замыкания:

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{s_K^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0,117^2} - 1^2} = 8,467. \quad (4.21)$$

Тогда:

$$X_{KH} = \gamma \cdot C_1 \cdot R'_2 = 8,467 \cdot 1,022 \cdot 0,103 = 0,892 \text{ Ом.}$$

Индуктивное сопротивление рассеяния роторной обмотки, приведенное к статорной:

$$X'_{2H} = \frac{0,58 \cdot X_{KH}}{C_1} = \frac{0,58 \cdot 0,892}{1,022} = 0,507 \text{ Ом.}$$

Найдём индуктивное сопротивление статорной обмотки, приведённое к статорной:

$$X_{1H} = 0,42 \cdot X_{KH} = 0,42 \cdot 0,892 = 0,375 \text{ Ом.}$$

Найдём ЭДС ветви намагничивания E_m наведенную потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме

$$\begin{aligned} E_m &= \sqrt{\left(U_{1\Phi} \cdot \cos \varphi_H - R_1 \cdot I_{1H}\right)^2 + \left(U_{1\Phi} \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H} - X_{1H} \cdot I_{1H}\right)^2} = \\ &= \sqrt{\left(220 \cdot 0,81 - 0,105 \cdot 62\right)^2 + \left(220 \cdot \sqrt{1 - 0,81^2} - 0,375 \cdot 62\right)^2} = 201,635 \text{ В.} \end{aligned} \quad (4.22)$$

Тогда индуктивное сопротивление намагничивания

$$X_{\mu\text{н}} = \frac{E_{\text{м}}}{I_0} = \frac{201,635}{16,196} = 12,449 \text{ Ом.}$$

По найденным значениям C_1 , R'_2 и $X_{\text{кн}}$ определим критическое скольжение:

$$s_{\text{к1}} = \frac{C_1 \cdot R'_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2}} = \frac{1,022 \cdot 0,103}{\sqrt{0,105^2 + 0,892^2}} = 0,117. \quad (4.23)$$

Индуктивность рассеяния статорной обмотки:

$$L_{1\sigma} = \frac{X_{1\text{н}}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}} = \frac{0,375}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 1,193 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.} \quad (4.24)$$

Индуктивность рассеяния роторной обмотки, приведенной к статорной:

$$L'_{2\sigma} = \frac{X'_{2\text{н}}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}} = \frac{0,507}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 1,612 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Индуктивность ветви намагничивания:

$$L_{\mu\text{н}} = \frac{X_{\mu\text{н}}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}} = \frac{12,449}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,04 \text{ Гн.}$$

Все расчёты производим используя параметры схемы замещения.

Таблица 3 – Параметры схемы замещения электродвигателя

R_1 , Ом	$X_{1\delta}$, Ом	$L_{1\delta}$, Гн	X_{μ} , Ом	L_{μ} , Гн	R'_2 , Ом	$X'_{2\delta}$, Ом	$L'_{2\delta}$, Гн	$X_{\text{кн}}$, Ом
0,105	0,375	$1,193 \cdot 10^{-3}$	12,449	0,04	0,103	0,507	$1,612 \cdot 10^{-3}$	0,892

3.2 Расчет естественных характеристик двигателя

Для того, чтобы построить естественную механическую характеристику двигателя определим критический момент машины в двигательном режиме:

$$M_{\text{к}} = \frac{m \cdot U_{1\phi}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot C_1 \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2} \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 87,5 \cdot 1,022 \cdot \left[0,105 + \sqrt{0,105^2 + 0,892^2} \right]} = 901,062 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Используя диапазон скольжения от 1 до 0, строим механическую характеристику асинхронного двигателя по формуле Клосса:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_K \cdot (1 + a \cdot s_K)}{\frac{s_K}{s} + \frac{s}{s_K} + 2 \cdot a \cdot s_K}, \quad (4.25)$$

где $a = \frac{R_1}{R'_2} = \frac{0,105}{0,103} = 1,022$.

Значения по оси скорости рассчитываются по выражению:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s).$$

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя отображена на рисунке 3.

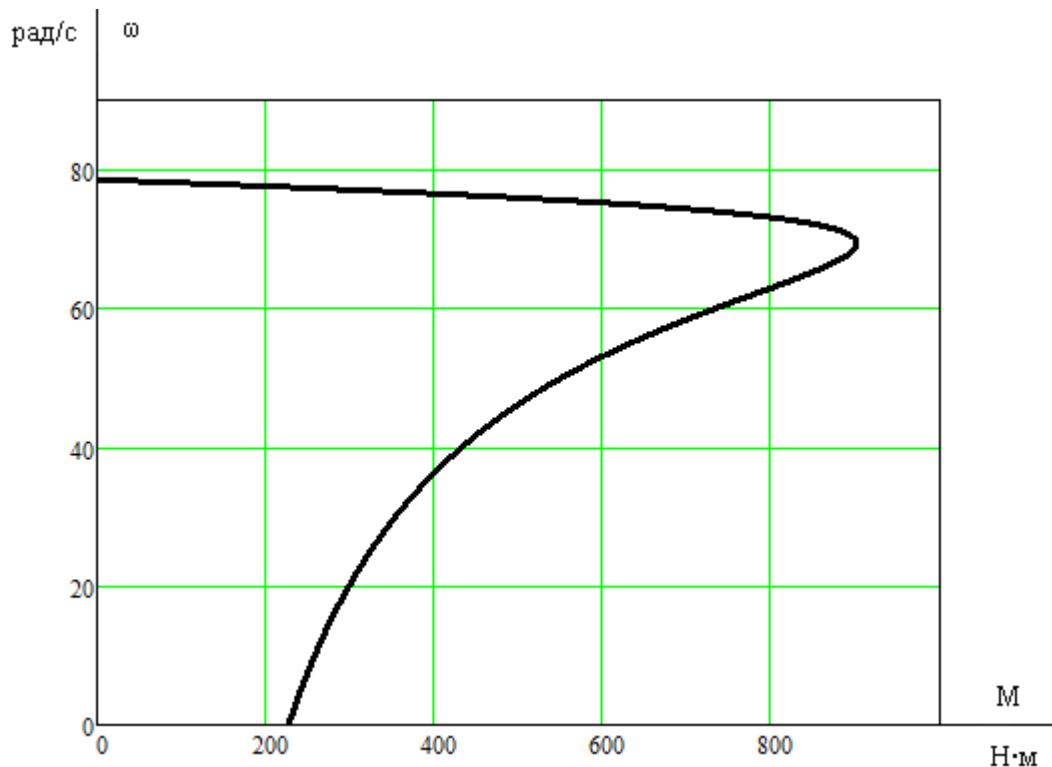


Рисунок 3 – Естественная механическая характеристика двигателя

Электромеханическая характеристика асинхронного двигателя представляет собой зависимость тока статора от скорости. Полагая, что ток намагничивания I_0 является реактивным ($I_{0A}=0$), ток статора I_1 через приведенный ток ротора можно найти по формуле:

$$I_1(\omega) = \sqrt{I_0^2 + (I'_2(\omega))^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I'_2(\omega) \cdot \sin \varphi_2(\omega)}, \quad (4.26)$$

где

$$I'_2(\omega) = \frac{U_{1\phi}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}}\right)^2 + X_{KH}^2}}; \quad \sin \varphi_2(\omega) = \frac{X_{KH}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R'_2}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}}\right)^2 + X_{KH}^2}}.$$

Используя диапазон изменения скорости от 0 до ω_0 , строим электромеханическую характеристику асинхронного двигателя по формулам для токов обмоток статора и ротора.

Естественные электромеханические характеристики двигателя отображены на рисунке 4.

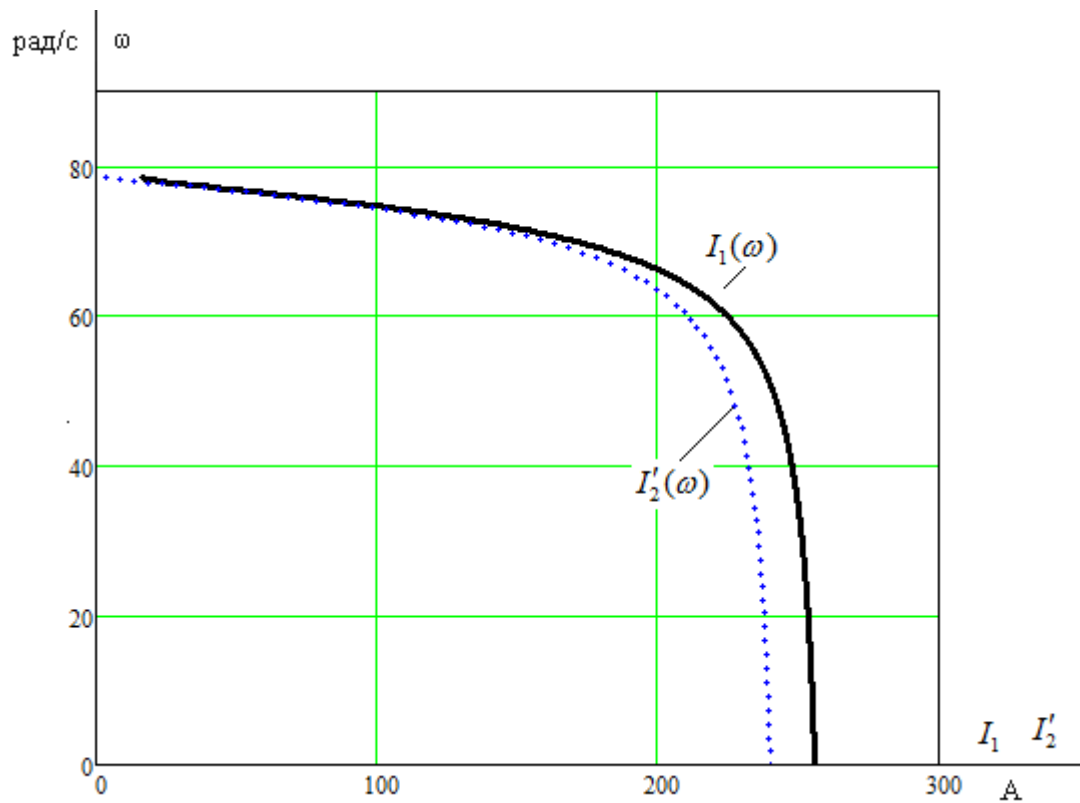


Рисунок 4 – Естественные электромеханические характеристики двигателя

3.3 Расчет искусственных (регулирующих) характеристик $\omega = f(I)$ $\omega = f(M)$ системы регулируемого электропривода для заданного диапазона регулирования скорости

Частота напряжения преобразователя: $f_{11} = 50$ Гц, $f_{12} = 45$ Гц,
 $f_{13} = 35$ Гц.

Возможность частотного регулирования скорости асинхронного двигателя — путём изменения частоты питающего напряжения — исходит из того обстоятельства, что скорость вращения электромагнитного поля статора пропорционально частоте питающего напряжения

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{P_n} \quad (4.27)$$

Также следует учесть, что поскольку с изменением частоты питающего напряжения изменяется и величина потока двигателя Φ_1 ,

$$\Phi_1 = \frac{E_1}{kf_1} \approx \frac{U_1}{kf_1}$$

то в основном, одновременно с изменением частоты питающего напряжения возникает необходимость регулирования его амплитуды. Необходимость регулирования напряжения при уменьшении частоты вниз от номинальной возникает из-за того что, уменьшение индуктивного сопротивления обмоток АД ток намагничивания будет возрастать, что приведет в свою очередь к насыщению магнитопровода двигателя и его перегреву. Регулирование напряжения следует производить таким образом, чтобы скольжение двигателя было минимальным.

При применении частотного способа регулирования скорости, асинхронный короткозамкнутый двигатель включается в питающую сеть с параметрами U_c и f_c через преобразователь частоты UF . В качестве преобразователей частоты, как правило, используются, в основном, полупроводниковые преобразователи частоты.

При использовании частотного регулирования величина относительного скольжения S_j зависит как от разности скоростей вращающегося электромагнитного поля и ротора — абсолютного скольжения $S_a = \omega_0 - \omega$, так и от относительного значения f_{1*} частоты питающего напряжения

$$\frac{f_{1j}}{f_{1H}} = f_{1*} \quad (4.28)$$

$$S_j = \frac{\omega_{0j} - \omega}{\omega_{0j}} \quad (4.29)$$

Имея в виду f_{1j} , ω_{0j} , S_j — регулируемые значения частоты напряжения статора и соответствующие значения скорости вращения и скольжения;

f_{1H} и ω_{0H} — номинальные значения частоты статора и скорость поля, соответствующие паспортным данным двигателя.

$$S_j = 1 - \frac{\omega}{\omega_{0H}}$$

При анализе электромеханических характеристик двигателя путём частотного регулирования. Таким образом в отличие от ранее приведенной схемы замещения в данном случае приходится учитывать, что реактивные сопротивления двигателя зависят от частоты питающего напряжения и изменяются с изменением частоты.

$$X_{1j} = X_{1H} \cdot f_{1*} ; X_{\mu j} = X_{\mu H} \cdot f_{1*} ;$$

$$X'_{2j} = X'_{2H} \cdot f_{1*} ; X_k = X_{kH} \cdot f_{1*} .$$

В связи с этим нужно заметить, что при номинальной частоте 50Гц индуктивное сопротивление контура намагничивания $X_{\mu H}$ на порядок (для машин малой мощности) или на два порядка (для машин большой мощности) больше,

чем активное сопротивление обмотки статора r_1 . Поэтому при анализе и расчете электромеханических характеристик асинхронных двигателей, работающих при постоянной номинальной частоте питающего напряжения, сопротивлением r_1 обычно пренебрегают. Если же двигатель работает с переменной частотой напряжения, то при снижении частоты сопротивление r_1 , становится соизмеримым с реактивными сопротивлениями машины и учет сопротивления r_1 , является необходимым.

Мощность скольжения, выделяемая в цепи ротора, расходуется на нагрев обмоток ротора как следует из

$$P_s = M\omega_0 s_j = 3I_2'^2 r_2', \text{ откуда}$$

$$M = \frac{3I_2'^2 r_2'}{\omega_0 s_j} \quad (4.30)$$

Из схемы замещения, учитывая, что отношения $x_{1H}/x_{\mu H}$ и $x_{2H}'/x_{\mu H}$ гораздо меньше единицы и ими можно пренебречь, определим значение I_2'

$$I_2' = \frac{U_{1j}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 f_{1*}^2 + \left(\frac{R_1 R_2'}{s X_{\mu H} f_{1*}}\right)^2}} \quad (4.31)$$

Подставив (4.30) в (4.31), получим формулу для механических характеристик при переменных значениях величины и частоты напряжения питания

$$M = \frac{3U_{1j}^2 R_2'}{\omega_0 s_j \left[X_{KH}^2 f_{1*}^2 + \left(R_1 + \frac{R_2'}{s_j}\right)^2 + \left(\frac{R_1 R_2'}{s_j X_{\mu H} f_{1*}}\right)^2 \right]} \quad (4.32)$$

Заметим, что если продолжить то формула (4.32) станет идентичной формуле для механических характеристик нерегулируемого по частоте асинхронного двигателя.

Положив $dM/ds_j = 0$, найдем значения максимального момента и критического скольжения

$$M_k = \frac{3U_{1j}^2}{2\omega_{0j} \left[r_1 \pm \sqrt{(r_1^2 + x_{kH}^2 f_{1*}^2) \left(1 + \frac{r_1^2}{x_{\mu H}^2 f_{1*}^2} \right)} \right]} \quad (4.33)$$

$$s_{kj} = \pm r_2' \sqrt{\frac{1 + (r_1 / X_{\mu H} f_{1*})^2}{r_1^2 + X_{KH}^2 f_{1*}^2}} \quad (4.34)$$

Знак (+) соответствует двигательному режиму, Знак (-) – режиму рекуперативного торможения. Анализируя выражение (4.34), можно установить, что, если пренебрегать величиной активного сопротивления статора ($r_1=0$), то, для того чтобы при частотном регулировании (уменьшении частоты вниз от номинальной) сохранять критический момент постоянным, необходимо величину напряжения изменять пропорционально изменению частоты.

Поскольку двигатель постоянно находится под нагрузкой, то целесообразно использовать частотный закон регулирования $\frac{U_{1*}}{f_{1*}} = const$. Этот закон регулирования теоретически предполагает получение семейство характеристик с постоянным моментом. В реальных условиях активное сопротивление статора R_1 вызывает падение напряжения и происходит нарушение оптимальности регулирования. Для обеспечения требуемой точности следует компенсировать падение напряжения в статорной цепи.

На рисунке 5 представлены искусственные механические характеристики для данного закона регулирования. На рисунке 6 искусственные электро-механические характеристики для данного закона регулирования.

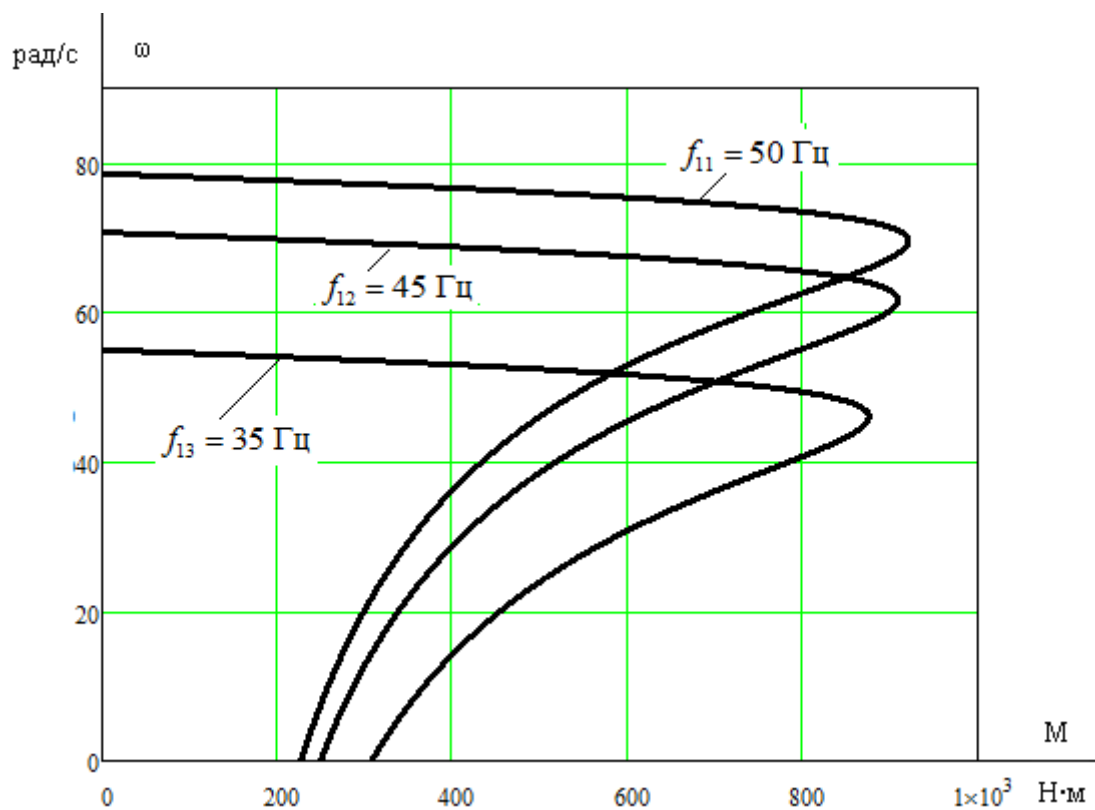


Рисунок 5 - Механические характеристики асинхронного двигателя при законе управления $\frac{U_{1*}}{f_{1*}} = \text{const}$

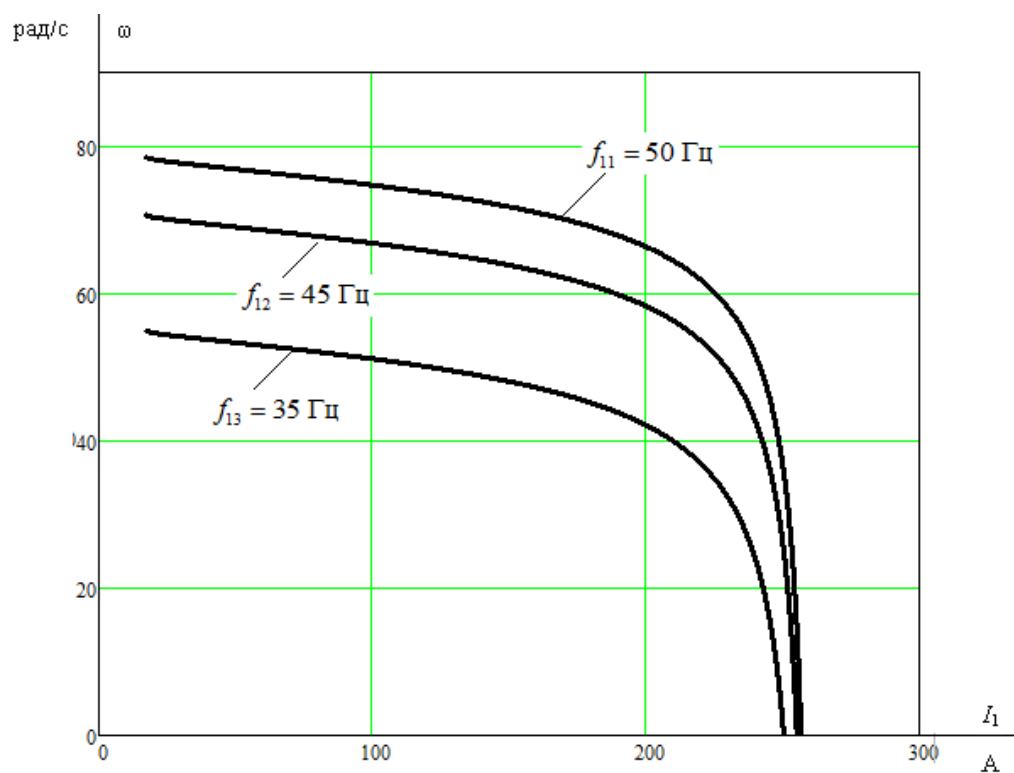


Рисунок 6 - Электромеханические характеристики асинхронного двигателя при законе управления $\frac{U_{1*}}{f_{1*}} = \text{const}$

3.4 Моделирование прямого пуска асинхронного двигателя

Имитационная модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат в программной среде представлена на рисунке 7.

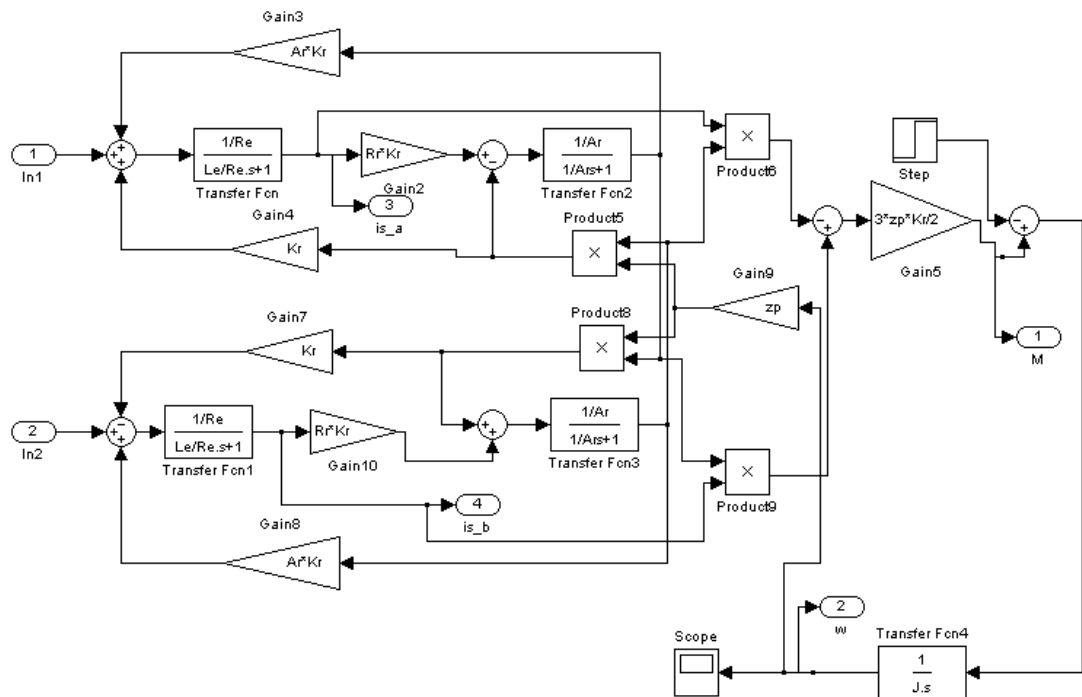


Рисунок 7 – Имитационная модель асинхронного двигателя в неподвижной системе координат в программной среде MATLAB Simulink

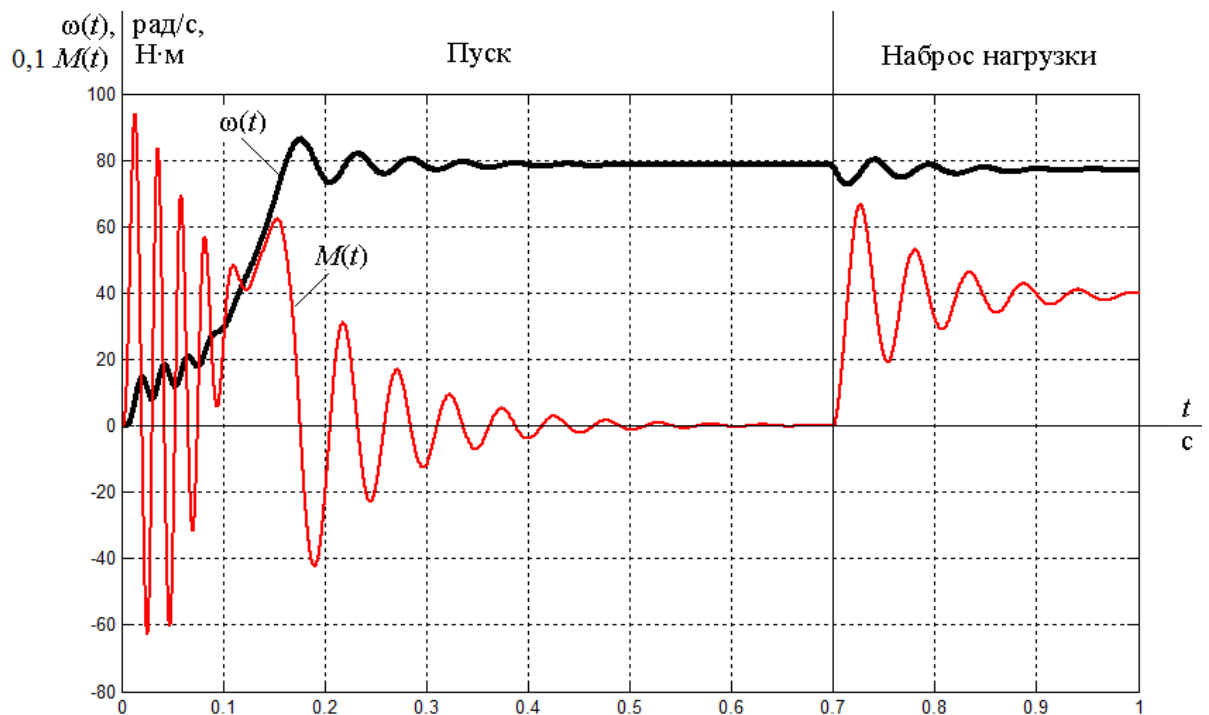


Рисунок 8 – Переходные процессы в АД при прямом пуске и набросе номинальной нагрузки

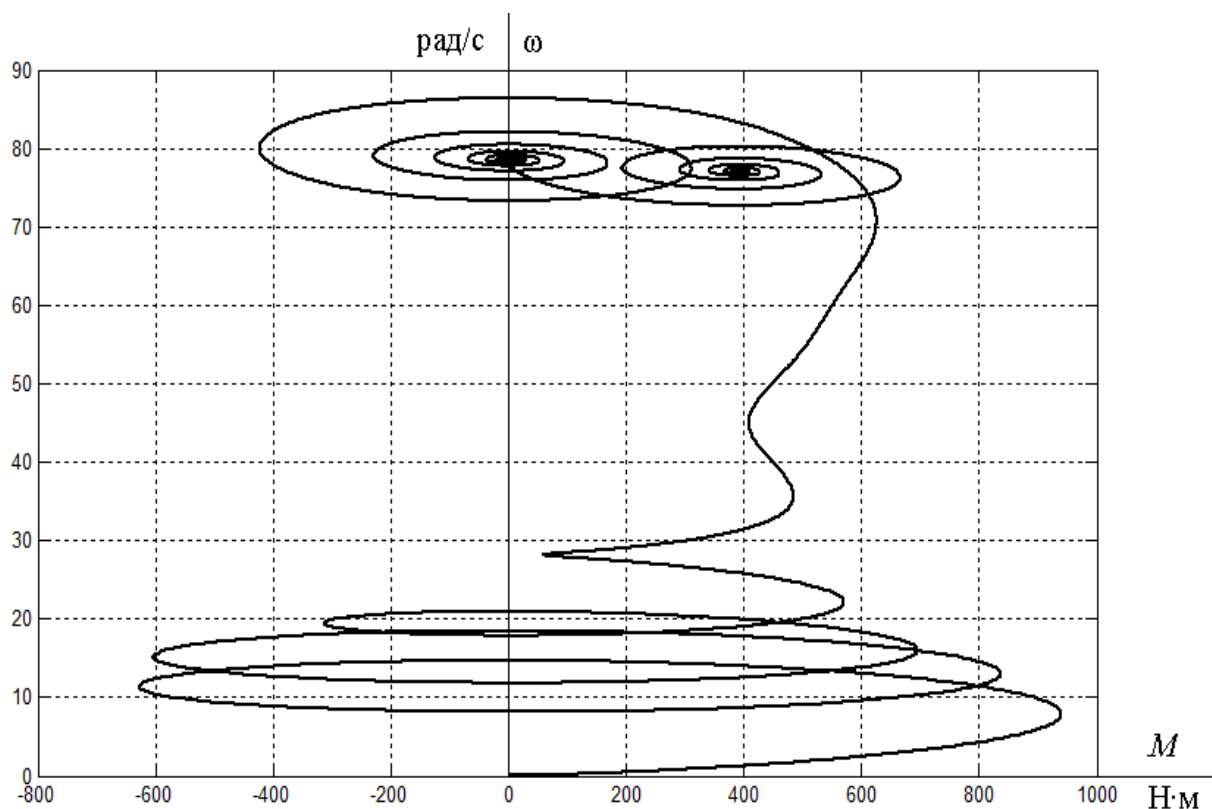


Рисунок 9 – Динамическая механическая характеристика АД при прямом пуске и набросе номинальной нагрузки

3.5 Моделирование прямого пуска электродвигателя с частотным законом управления $U/f=\text{const}$

Имитационная модель электропривода со скалярным управлением представлена на рисунке 10.

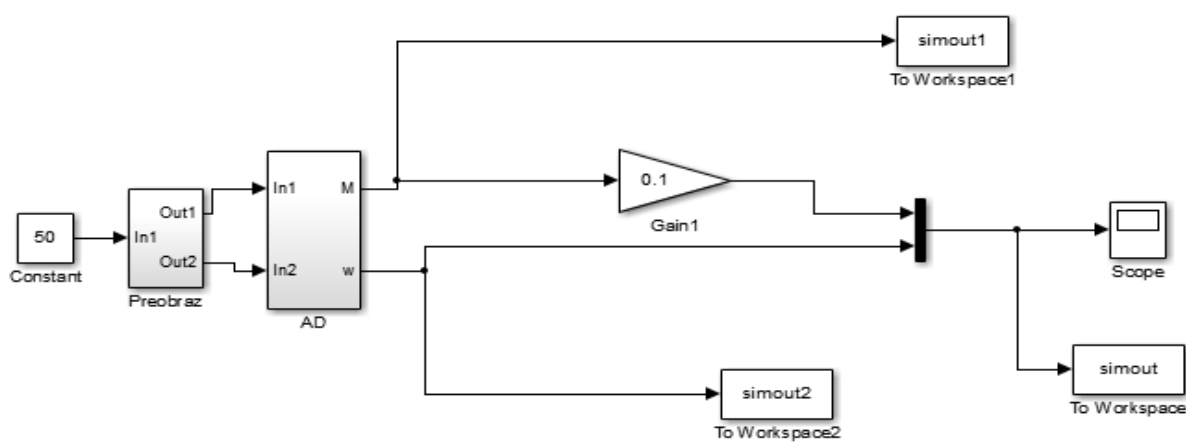


Рисунок 10– Имитационная модель электропривода со скалярным управлением

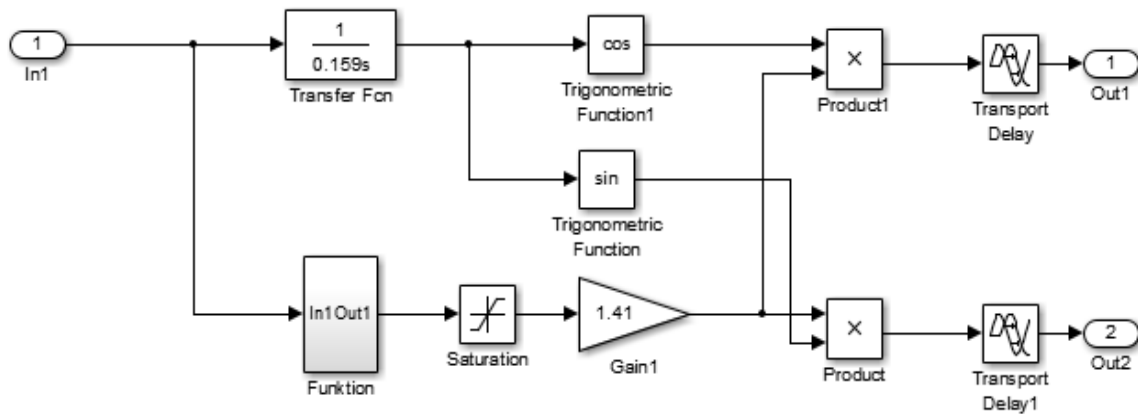


Рисунок 11 – Имитационная модель двухфазного преобразователя частоты

%Параметры двигателя

```
f=50;
Rs=0.105;
Rr=0.103;
Ls_=0.375/(2*pi*f);
Lr_=0.507/(2*pi*f);
Lm=12.449/(2*pi*f);
p=8;
J=0.61;
Ls=Ls_+Lm;
Lr=Lr_+Lm;
zp=p/2;
Kr=Lm/Lr;
Re=Rs+Rr*Kr^2;
Le=Ls-Lm^2/Lr;
Uamp=220*sqrt(2);
Ar=Rr/Lr;
Wref=2*pi*f;
```

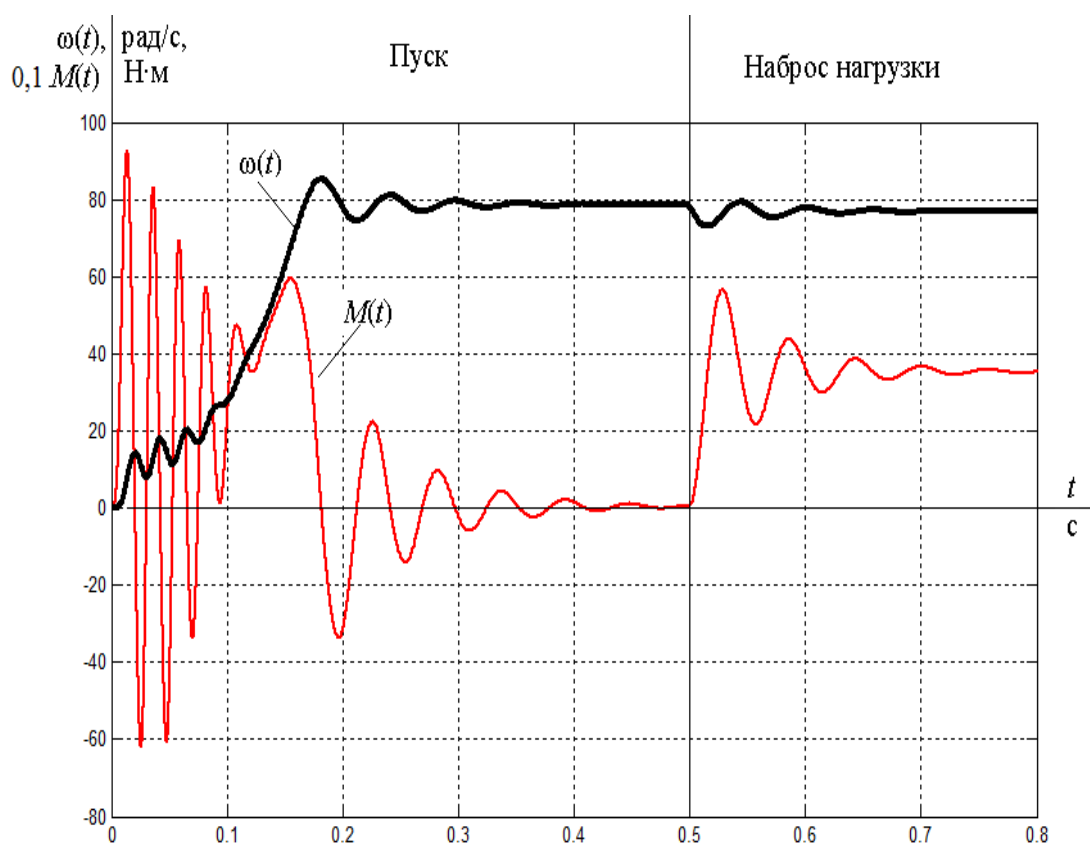


Рисунок 12 – Переходные процессы при пуске электропривода с частотным законом регулирования скорости $U/f=\text{const}$ при значении частоты $f=50$ Гц

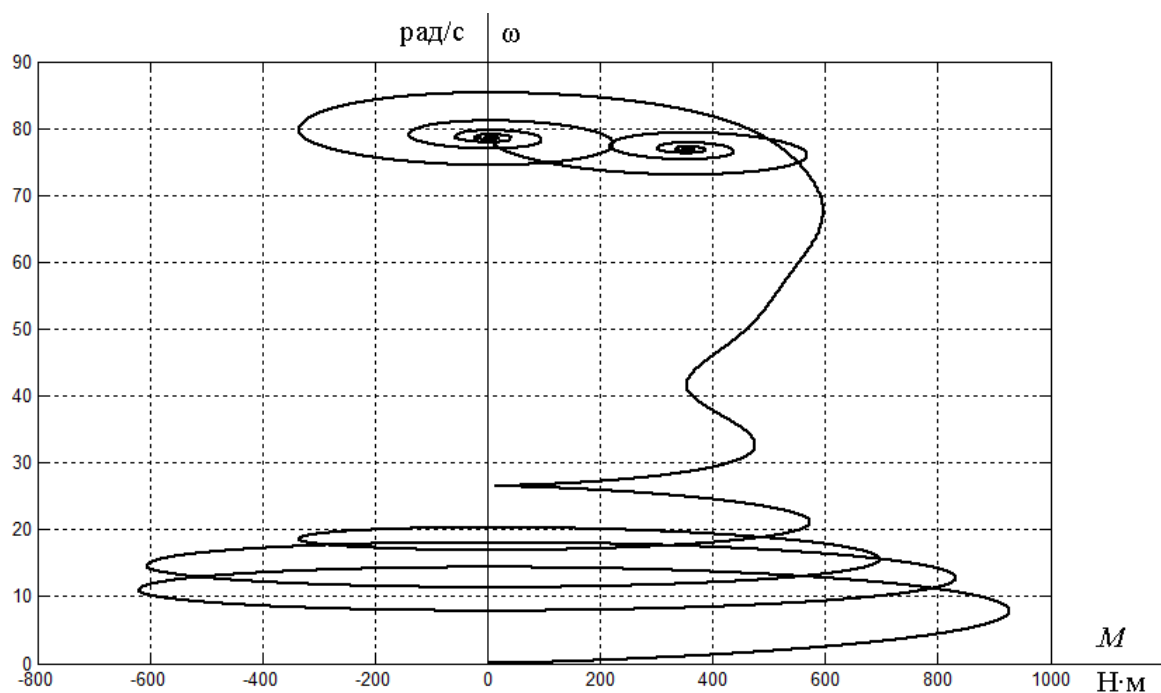


Рисунок 13 – Динамическая механическая характеристика при пуске электропривода с частотным законом регулирования скорости $U/f=\text{const}$ при значении частоты $f=50$ Гц

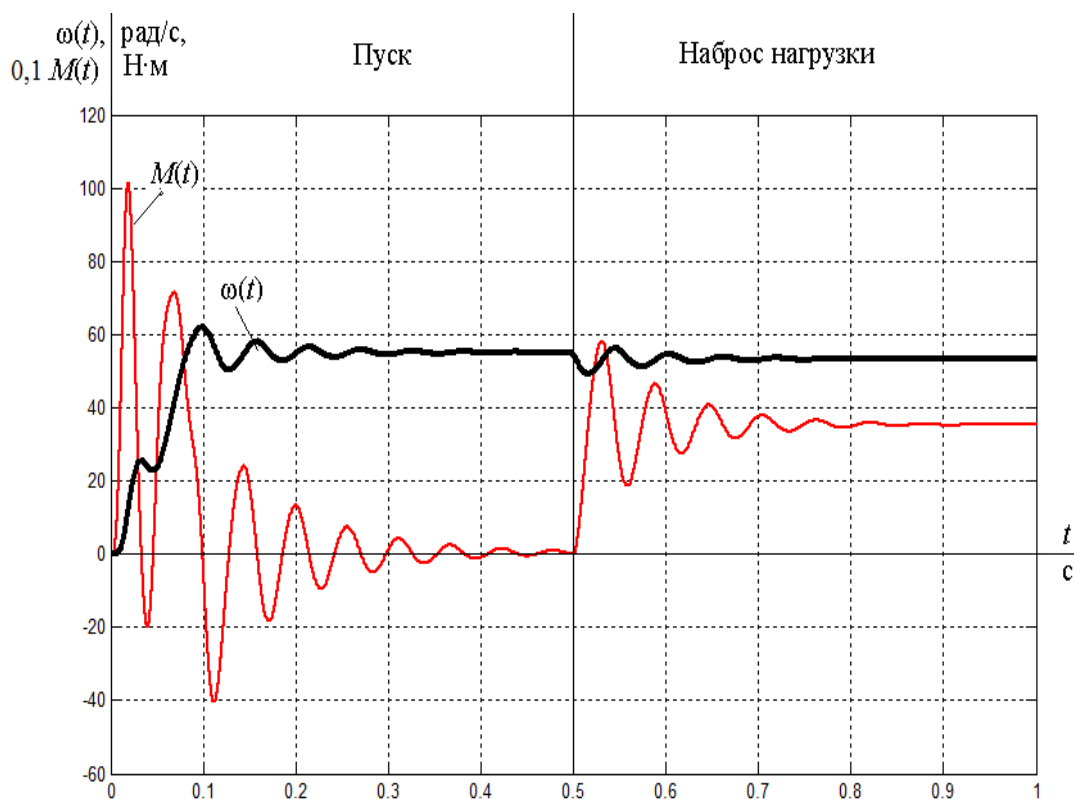


Рисунок 14 – Переходные процессы при пуске электропривода с частотным законом регулирования скорости $U/f=\text{const}$ при значении частоты $f=35$ Гц

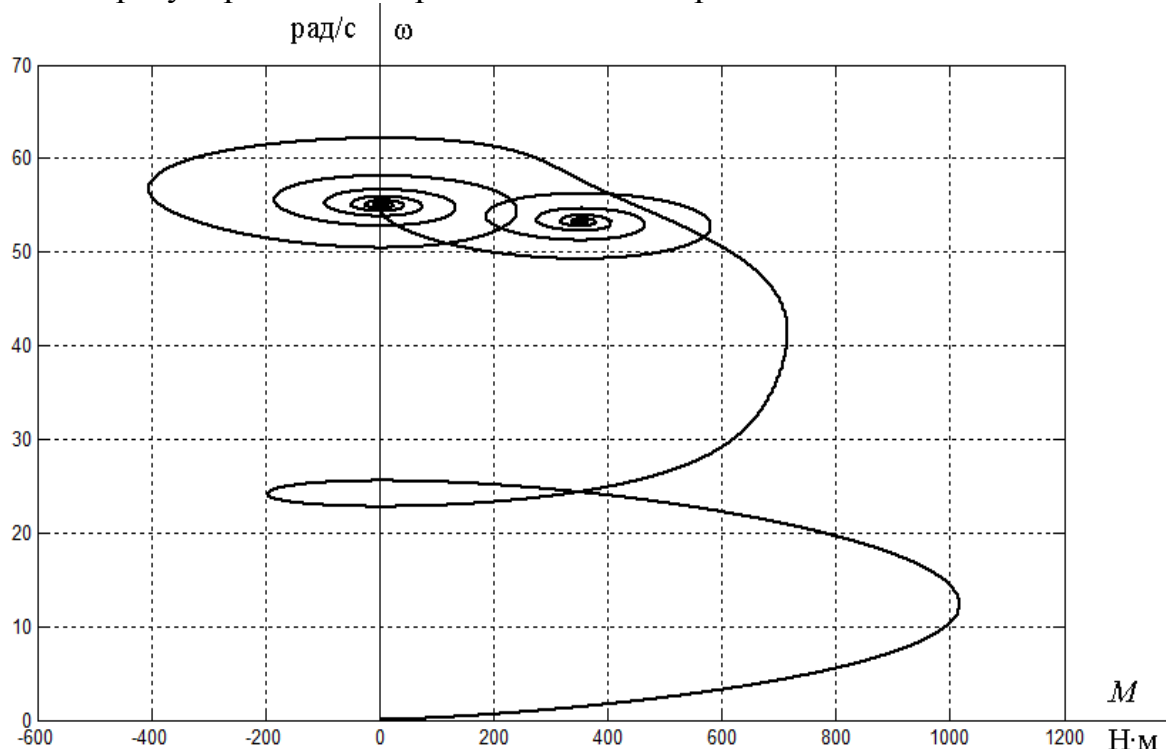


Рисунок 15 – Динамическая механическая характеристика при пуске электропривода с частотным законом регулирования скорости $U/f=\text{const}$ при значении частоты $f=35$ Гц

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является рассмотрение технического проекта с точки зрения его использования.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка потенциала и перспективности выполнения технического проекта с помощью SWOT-анализа;
- организация работ;
- определение сметы проекта;
- определение ресурсной эффективности проекта.

Оценка разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для выполнения технологического проекта. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы будущего проекта.

4.1 SWOT-анализ технического проекта

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ технического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [14].

На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения: «+» – сильное соответствие; «-» – слабое соответствие. При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта; Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности; У – угрозы.

Таблица 4.1 - Матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта: С1. Надежность обеспечения бесперебойной работы. С2. Большая экономия потребляемой эл.энергии. С3. Квалифицированный персонал. С4. Повышение безопасности производства С5. Небольшие затраты на ремонт оборудования	Слабые стороны проекта: Сл1. Повышенный уровень шума при работе. Сл2. Высокая стоимость оборудования. Сл3. Большой срок поставки оборудования и комплектующих.
Возможности: В1. Экономия производительности энергоблоков В2. Уменьшение себестоимости путем внедрения новых технологий. В3. Дополнительное резервное питание козлового крана. В4. Повышение стоимости конкурентных систем.	В1С1С2С3С4; В2С1С2С4С5; В3С1С4С5; В4С1С2С5.	В1Сл2; В2Сл1; В4Сл2.
Угрозы: У1. Исчезновение питания козлового крана. У2. Негативные изменения в отношениях с поставщиками. У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции У4. Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства	У1С1С3; У2С5; У3С1; У4С3.	У1Сл3; У2Сл2; У4Сл2.

Интерактивные матрицы представлены в таблица 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	+	+	-	+	+
	B3	+	-	-	+	+
	B4	+	+	-	-	+
	Слабые стороны проекта					
		Сл1		Сл2		Сл3
	B1	-		+		-
	B2	+		-		-
	B3	-		-		-
	B4	-		+		-

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4	C5
	Y1	+	-	+	-	-
	Y2	-	-	-	-	+
	Y3	+	-	-	-	-
	Y4	-	-	+	-	-
	Слабые стороны проекта					
		Сл1		Сл2		Сл3
	Y1	-		-		+
	Y2	-		+		-
	Y3	-		-		-
	Y4	-		+		-

Анализ интерактивных матриц показывает, что актуальной стороной проекта является надежность, обеспечение бесперебойной работы и повышение безопасности производства, так как исчезновение питания подъемного механизма козлового крана может повлечь за собой нарушение сложного технологического процесса. Кроме того, большая экономия потребляемой электроэнергии и дополнительное резервное питание насоса показывает перспективность проекта в целом. Угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

4.2 Организация работ технического проекта

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в проектировании системы электроснабжения;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика выполнения проекта.

Важной частью данного проекта является составление графика проведения работ технического проекта (ТП), который предназначен для распределения обязанностей по выполнению работ и определения временных рамок производимой работы.

Для формирования рабочей группы выбираем двух человек: руководителя проекта и студента-бакалавра. Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ (таблица 4.4).

№ Раб	Наименование этапа	Исполнитель
1	Составление технического задания (ТЗ)	Руководитель проекта
2	Изучение литературы по теме	Дипломник
3	Сбор исходных данных – сбор параметров подъемного механизма козлового крана, двигателей, нагрузок;	Дипломник
4	Расчет на персональном компьютере нагрузок подъемного механизма козлового крана	Дипломник
5	Выбор элементов электропривода	Дипломник
6	Расчет параметров элементов силовой цепи	Руководитель проекта
		Дипломник
7	Оптимизация контура тока, скорости и потокосцепления	Дипломник
8	Построение механических и электромеханических характеристик	Руководитель проекта
		Дипломник
9	Проверка выполненных расчётов руководителем проекта	Руководитель проекта
10	Разработка функциональной схемы электропривода	Дипломник
11	Оформление пояснительной записки	Дипломник
12	Окончательная проверка научным руководителем. Сдача выпускной квалификационной работы	Руководитель проекта Дипломник

Таблица 4.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

В приведенной выше таблице 4.4 номерам этапов работы соответствуют следующие виды выполняемых работ:

№ 1 – составление технического задания (ТЗ) – включает в себя изучение первичной информации об объекте, формулировку требований к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 2 – изучение литературы – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – сбор исходных данных – сбор параметров подъемного механизма козлового крана, двигателей, нагрузок;

№4 – подготовка данных, ввод нагрузок в спецпрограмму на ПК, расчет на персональном компьютере нагрузок подъемного механизма козлового крана;

№ 5 – выбор оборудования – выбор элементов электропривода;

№ 6 – расчет элементов силовой цепи – расчёт предельных характеристик размокнутой цепи;

№7 – оптимизация контура тока, скорости и потокосцепления, выбирается способ регулирования скорости электродвигателя;

№8 – расчет и построение естественной механической и электромеханической характеристик электродвигателя;

№9 – проверка выполненных расчётов руководителем проекта;

№10 – анализ результатов расчётов, разработка функциональной схемы электропривода;

№11 – оформление расчётно-пояснительной записки

№12 – сдача проекта – в рамках дипломной работы включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение недочетов дипломником, подготовку к защите и защиту проекта.

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула [1]:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5},$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

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

Расчёт времени выполнения работ приведён в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Определение продолжительности выполнения работ

№ эта-	Наименование этапа	Кол-во человек	Трудоёмкость работ, чел-дни		
			Мин. возможная	Макс. воз- можная	Ожидаемая
1	Составление технического задания (ТЗ)	Руководитель проекта	1	1	1
2	Изучение литературы по теме	Дипломник	8	10	9
3	Сбор исходных данных – сбор параметров подъемного механизма козлового крана, двигателей, нагрузок	Дипломник	6	8	7
4	Расчет на персональном компьютере нагрузок подъемного механизма козлового крана	Дипломник	7	9	8
5	Выбор элементов электропривода	Дипломник	9	12	10
6	Расчет параметров элементов силовой цепи	Руководитель	15	19	17
		Дипломник	15	19	17
7	Оптимизация контура тока, скорости и потокоцепления	Дипломник	12	14	13
8	Построение механических и электромеханических характеристик	Руководитель	1	1	1
		Дипломник	10	12	11
9	Проверка выполненных расчётов руководителем проекта	Руководитель проекта	1	1	1
10	Разработка функциональной схемы электропривода	Дипломник	15	18	16
11	Оформление пояснительной записки	Дипломник	7	9	8
12	Окончательная проверка научным руководителем. Сдача выпускной квалификационной работы	Руководитель проекта	2	3	2
		Дипломник	5	7	6

Таблица 4.6 – План-график продолжительности работы

№	Вид работ	Испол- нители	T _{pi} , раб. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Фев	Март			Апрель			Май			Июнь
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
1	Составление технического задания (ТЗ)	РП	1											
2	Изучение литературы по теме	Д	9											
3	Сбор исходных данных – сбор параметров подъемного механизма козлового крана, двигателей, нагрузок	Д	7											
4	Расчет на персональном компьютере нагрузок подъемного механизма козлового крана	Д	8											
5	Выбор элементов электропривода	Д	10											
6	Расчет параметров элементов силовой цепи	Р	1											
		Д	17											
7	Оптимизация контура тока, скорости и потокосцепления	Д	13											
8	Построение механических и электромеханических характеристик	Р	1											
		Д	11											
9	Проверка выполненных расчётов руководителем проекта	РП	3											
10	Разработка функциональной схемы электропривода	Д	16											
11	Оформление пояснительной записки	Д	8											
12	Окончательная проверка научным руководителем. Сдача выпускной квалификационной работы	РП	2											
		Д	6											
Примечание: РП – Руководитель проекта, Д – Дипломник.														

Продолжительность выполнения технического проекта составит 108 рабочих дня. Из них:

105 дней – продолжительность выполнения работ дипломником;

6 дней – продолжительность выполнения работ руководителем проекта;

4.3 Определение сметы технического проекта

При планировании сметы технического проекта (ТП) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования сметы ТП используется группировка затрат по следующим статьям:

- полная заработная плата исполнителей разработки ТП;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1 Заработная плата исполнителей проекта

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где, $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. Дн

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{т}} + З_{\text{д}} + З_{\text{рк}}}{F_{\text{д}}},$$

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

$З_{\text{д}}$ – стимулирующие выплаты;

$З_{\text{рк}}$ – доплата с учетом районного коэффициента, (для Томска $K_{\text{рк}} = 1,3$).

$F_{\text{д}}$ – фонд рабочего времени персонала, раб.дн.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет основной заработной платы.

Исполнители	Оклад, руб	Доплата, руб	Районный коэффициент, руб	Месячный оклад, руб	Среднедневная заработная плата, руб	Продолжительность, дн	Основная ЗП, руб
Руководитель проекта	23300	2200	7650	33150	1275	6	7650
Студент-бакалавр	8000	-	2400	10400	400	105	42000
Итого							49650

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей проекта учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в табл.3.8.

Таблица 4.8 – Расчет полной заработной платы.

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Полная заработная плата, руб
Руководитель	0,15	7650	1150	8800
Бакалавр	0,12	42000	5000	47000
Итого				55800

4.3.2 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

$$З_{внеб} = 0,302 \cdot 55800 = 16,8 \text{ тыс.руб.}$$

4.3.3 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина составляет 16% от общей суммы затрат.

Результаты расчетов по затратам на полную заработную плату, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы и структура затрат приведена в таблице 3.9.

Таблица 4.9 – Расчет сметы проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс.руб.	Структура затрат, %
1. Затраты на полную заработную плату исполнителей проекта	55,8	64,5
2. Отчисления во внебюджетные фонды	16,8	19,5
3. Накладные расходы	13,9	16,0
Итого	86,5	100,0

Общая сумма затрат проекта по принятому варианту исполнения составляет 86,5 тыс.руб. Наибольшую часть суммы (64,5%) данного проекта составляет заработная плата исполнителям.

4.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Для определения ресурсоэффективности проекта по проектированию электропривода козлового крана рекомендуется рассмотреть следующие критерии:

- электробезопасность весовой коэффициент 0,25. Электробезопасность достигается за счет использования системы заземления.

- надежность весовой коэффициент достаточно высокий равен 0,25. Надежность электроснабжения обеспечивается дополнительным резервным питанием электропривода козлового крана, это позволяет обеспечить бесперебойность в электроснабжении.

- помехоустойчивость весовой коэффициент составляет 0,20. Помехоустойчивость достигается за счет классификации всех электроприемников по степени их помехоустойчивости и выбора точки их подключения с учетом электромагнитной обстановки. Эти меры позволяют снизить помехи электроприемников.

- степень влияния на окружающую среду весовой коэффициент не высокий 0,15 т.к. кран является источником загрязнения.

- удобство в эксплуатации весовой коэффициент не очень высокий 0,1 т.к. большие расстояния обслуживания электрических сетей.

- рост производительности труда пользователя, осуществляется в проекте благодаря повышению уровня автоматизации, что способствует росту производительности труда, но при этом капиталовложения возрастают, поэтому весовой коэффициент не высокий 0,1.

Весовые коэффициенты характеристик проекта приведена в табл.4.10.

Таблица 4.10. Сравнительная оценка характеристик проекта

Характеристика	Весовой коэффициент параметра	Оценка
Электробезопасность	0,25	5
Надежность	0,25	5
Помехоустойчивость	0,20	4
Степень влияния на окружающую среду	0,15	3
Удобство в эксплуатации	0,10	4
Способствует росту производительности труда пользователя	0,10	3
ИТОГО	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 4,5$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и безопасности позволяют судить о надежности системы.

В данном разделе рассмотрены и раскрыты следующие вопросы:

- произведен SWOT-анализ, который отражает преимущества положительных сторон проекта , а это показывает перспективность проекта в целом. Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

- составлен график занятости для исполнителей позволяющий оптимально скоординировать работу исполнителей.

- рассчитана смета затрат технического проекта, которая составила 86,5 тыс.руб.

- определен показатель ресурсоэффективности проекта, который имеет достаточно высокое значение – 4,5 (по 5- балльной шкале).

5. Социальная ответственность

В данной выпускной квалификационной работе был разработан электропривод переменного тока подъёмного механизма козлового крана. Целью данного раздела является анализ и оценка вредных, и опасных факторов труда, которые могут оказать воздействие на машиниста козлового крана, а также на обслуживающий персонал. Проведена разработка мер защиты от этих факторов, оценка условий труда и микроклимата рабочей среды. Так же в данном разделе, будут рассмотрены вопросы касающиеся непосредственно техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды, рекомендации по созданию оптимальных условий труда.

Описание рабочего места

К козловым относятся краны мостового типа, мост которых опирается на крановый путь, при помощи двух опорных стоек (стандарт СЭВ 723-77).

Для непосредственного управления грузоподъемным краном применяют кабины управления. Конструкция кабины управления грузоподъемным краном и место ее установки должны обеспечивать крановщику беспрепятственный обзор и видимость рабочей зоны крана от момента захвата груза, включая момент освобождения от него, соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.066—81 и гарантировать безопасную работу на кране. Компоновка и размеры кабины должны обеспечивать свободный доступ к оборудованию и возможность нахождения в ней второго помимо крановщика человека (стажера, ремонтного рабочего).

В зависимости от условий эксплуатации козловые краны оснащают кабинами управления: торцовыми, закрепленными на одной стороне моста (под галереями) и обеспечивающими односторонний обзор рабочей зоны крана и панорамными, закрепленными на середине моста или грузовой тележке и обеспечивающими круговой (панорамный) обзор. Последний тип кабин применяют на кранах с пролетом более 30 м и при загромождении рабочей площадки габаритными грузами. На консольных передвижных кранах торцевую кабину управления крепят под галереей консоли.

5.1 Анализ и выявление вредных факторов проектируемой производственной среды

Освещение

Часто работники того или иного производства сталкиваются с проблемой подкранового освещения. Проблема заключается в недостаточном уровне освещенности от приборов, установленных на кране. При передвижении кран образует под собой тень, которая значительно понижает освещенность на рабочих местах. Исходя из этого, краны следует оборудовать источниками света, обеспечивающими освещенность не ниже требуемого уровня.

Проверка осветительной установки крана заключается в контроле освещенности кабины крана и площадок приема и подачи груза (погрузочных площадок).

2. При проверке контролируют неравномерность освещенности и отсутствие ослепленности.

3. Перед проведением измерений должны быть выбраны контрольные точки, в которых определяют значения освещенности.

4. Контрольные точки в кабине располагают на уровне рычагов управления.

На погрузочных площадках контрольные точки располагают под продольной осью моста крана по всей его рабочей длине в следующих местах:

под каждым светильником;

удаленных от света в промежуточных местах шагом не более 5 м. для измерения освещенности, создаваемой искусственными источниками света, следует применять переносные фотоэлектрические люкметры по ГОСТ 14841-80 и другие, имеющие погрешность не более указанной в ГОСТ 14841-80, при условии соответствия назначения прибора типам источников света, освещенность от которых измеряют.

5. Измерение освещенности от установок искусственного освещения производят в темное время суток, когда естественная освещенность не

превышает 0,1 лк, при условии исключения попадания прямого света луны на фотоэлемент люксметра.

6. При измерении освещенности следует в начале и конце измерений производить контроль напряжения в сети на распределительных щитках.

7. На погрузочных площадках измерение освещенности проводят на крюке при выключенных светильниках общего и включенных светильниках рабочего кранового освещения в горизонтальной плоскости на уровне земли, на высоте 2 м, и на высоте захвата груза во всех контрольных точках, указанных в данном приложении.

Если краны оборудованы захватами, грейферами и т.п. устройствами, исключающими участие стропальщиков, освещенность измеряют непосредственно на захвате в горизонтальной плоскости на высотах от уровня земли, равных минимальной и максимальной высоте переносимых грузов.

8. В кабинах кранов освещенность измеряют в горизонтальных плоскостях пультов и рычагов управления.

При измерении освещенности необходимо выполнять следующие требования:

в каждой точке проводят одно измерение;

на приемную пластину фотоэлемента не должна попадать тень от человека, проводящего измерения освещенности;

гальванометр люксметра при измерении должен находиться в положении, указанном на его шкале. Не допускается установка гальванометра на металлические поверхности.

Шум

Шум-беспорядочное сочетание различных по силе и частоте звуков; может оказывать неблагоприятное воздействие на организм. Длительное воздействие шума на организм человека приводит к развитию утомления, нередко переходящего в переутомление, к снижению производительности и качества труда. Особенно неблагоприятно шум действует на орган слуха, вызывая поражение слухового нерва с постепенным развитием тугоухости.

Источником шума является любой процесс, вызывающий местное изменение давления или механические колебания в твердых, жидких и газообразных средах. Шум имеет определенную частоту, или спектр, выражаемый в герцах, и интенсивность — уровень звукового давления, измеряемый в децибелах. Как уже указывалось, источниками шума и вибрации являются различные процессы, оборудование, явления, что создает определенные трудности в борьбе с ними и обычно требует одновременного проведения комплекса мероприятий как инженерно-технического, так и санитарно-гигиенического характера.

В общем случае средства защиты человека от шума делятся на коллективные и индивидуальные.

В соответствии с ГОСТ 12.1.029 снижения шума и вибрации в производственных условиях можно добиться следующими методами:

- устранение или уменьшение шума и вибрации непосредственно в источнике их возникновения;

- локализация источников шума и вибрации средствами звуко- и виброизоляции; звуко- и вибропоглощения;

- рациональное размещение технологического оборудования, машин, механизмов;

- акустическая обработка помещений (снижение плотности звуковой энергии в помещении, отражений от стен, перекрытий, оборудования и т.п.);

внедрение малошумных технологических процессов и оборудования, оснащение машин и механизмов дистанционным управлением, создание рационального режима труда и отдыха работающим и т.д.;

применение средств индивидуальной защиты;

использование лечебно-профилактических мероприятий.

Как показывает практика, наиболее эффективным является борьба с шумом в источнике его возникновения. Как правило, шум машин и механизмов возникает в результате упругих колебаний как всего механизма, так и его частей, отдельных деталей.

Для уменьшения механического шума следует своевременно проводить ремонт оборудования, шире применять принудительное смазывание трущихся поверхностей и балансировку вращающихся частей.

Значительное снижение шума (на 10-15 дБ) достигается при замене ударных процессов безударными, подшипников качения подшипниками скольжения, зубчатых и цепных передач клиноременными зубчатоременными передачами, прямозубых шестерен косозубыми металлическими или пластмассовыми, металлических деталей деталями из пластмасс и т. д. Электромагнитные шумы снижаются конструктивными изменениями в электрических машинах. Большое значение для снижения шума и вибрации имеет правильная планировка территории и производственных помещений, а также использование естественных и искусственных преград, препятствующих распространению звука. При проведении планировочных мероприятий учитывают расположение помещений и объектов относительно друг друга. Цехи с большим количеством шумящего оборудования должны быть сконцентрированы в глубине заводской территории или в одном месте, удалены от тихих помещений, ограждены зоной зеленых насаждений, частично поглощающих шум.

При невозможности или неэкономичности реализации противошумных мероприятий, а также для работы в аварийных условиях работающие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты от шума: противо-

шумными вкладышами (Беруши), наушниками и шлемофонами. Эффективность этих средств зависит от их конструкции, качества используемых материалов, силы прижатия, выполнения правил эксплуатации. Кабины, перемещающиеся вместе с грузовой тележкой, соединяют с последней с использованием резиновых прокладок или втулок, чтобы уменьшить передаваемые на кабину вибрации, возникающие при работе механизмов на тележке. Для снижения уровня шума целесообразно иметь ходовые колеса с пластмассовыми бандажами, а кузов кабины должен иметь звукопоглощающую обшивку. Кабина козлового крана должна быть оборудована: креслом с мягким сидением, спинкой, при необходимости – подлокотниками системой виброизоляции, кресло должно иметь регулировку как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. Кресла должны иметь воздухопроницаемое покрытие и III степень мягкости (ГОСТ 19917—80).

Вибрация

Предельно допустимый уровень (ПДУ) вибрации – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, должна производиться следующими методами:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценкой с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Вибрации при работе мостового крана возникают как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях. Допустимый уровень вибрации представлен в таблице 3. Вертикальные колебания кранового моста имеют диапазон частот 1,5–8,0 Гц. Горизонтальные колебания, которые передаются кабине управления в результате раскачивания груза, – диапазон частот 0,2–1,0 Гц. Учитывая, что резонансная частота колебаний органов человеческого те-

ла находится в диапазоне частот 1 – 15 Гц, машинист подвергается вертикальным колебаниям наиболее неблагоприятного спектра.

Таблица 5.11. – Допустимый уровень вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Общая транспортная: вертикальная горизонтальная											
	132	123	114	108	107	107	107	—	—	—	—
	122	117	116	116	116	116	116	—	—	—	—

Таким образом можно сделать вывод что условия труда машиниста крана соответствует кл. 3.1; 3.2.

Микроклимат

Параметры микроклимата в кабине определяются требованиями ГОСТ 12.1.005—76.

В отапливаемых цехах машиностроительных и других предприятий (с температурой окружающего воздуха от +10 до +28°C) применяют открытые кабины. В этом случае микроклимат на рабочем месте машиниста определяется состоянием воздушной среды помещения, в котором установлен кран. Поскольку по степени тяжести выполняемой работы работа машиниста может быть отнесена к категории легких физических работ с энергозатратами до 172 Дж/с, то оптимальными метеорологическими условиями на рабочем месте машиниста в открытой кабине управления являются следующие: температура (+19) —(+25) °С, относительная влажность — не более 75%, скорость движения воздуха — не более 0,2 м/с.

Краны, работающие в металлургических цехах с температурой воздуха в помещении до +60 °С, а также краны, эксплуатирующиеся на открытом воздухе с температурой от +40 до —40 °С, снабжаются закрытыми кабинами управления (рис. 4,6). При температуре окружающего воздуха менее +10°C

кабину оборудуют отопительными приборами, а при температуре более +28°C — принудительной вентиляцией или кондиционерами для обеспечения в кабинах оптимальных параметров микроклимата, указанных выше.

Охрана труда машиниста

При работе козлового крана на крановщика могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы. Опасные и вредные производственные факторы регламентируются ГОСТ 12.0.003-84. Безопасность труда при подъеме и перемещении грузов в значительной степени зависит от конструктивных особенностей подъемно-транспортных машин и соответствие их правилам и нормам техники безопасности. К опасным физическим факторам относятся: движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.); электрический ток, повышенная температура поверхностей оборудования и т.д.

Анализ производственного травматизма, связанного с эксплуатацией козловых кранов, показывает, что аварии и несчастные случаи происходят чаще всего из-за нарушения правил безопасности и эксплуатации. Наибольшее количество тяжелых травм происходит при перемещении грузов, подъеме и опускании, в первую очередь, из-за неправильной строповки груза или из-за несогласованных действий крановщика и стропальщика. А также других внешних факторов как нестационарные преграды (подвижное оборудование). Опасным фактором, на который стоит обратить внимание, является также груз, который поднимается, который и без осуществления ошибочных действий, при использовании исправных строп и правильной строповки может оказаться причиной травмы. Тяжелые несчастные случаи происходят при падении козловых кранов или значительных элементов конструкции. Это возможно при перегрузке крана или падении крана в конце подкрановой колеи из-за отсутствия ограничения движения и тупиковых упоров. Значитель-

ных ветровых нагрузок. Опасные факторы также могут возникнуть и привести к несчастным случаям при обзоре и ремонте крана через неправильную организацию этих работ, недостаточную квалификацию работников, нарушения установленных правил. Управление транспортными механизмами связано с повышенным напряжением зрительных анализаторов. Поэтому при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования необходимо значительное внимание уделить не только местному освещению (кабина машиниста, путь управления и др.), но и освещению всей зоны работы оборудования. Работа обслуживающего персонала требует постоянного повышенного внимания. Из-за этого в процессе трудовой деятельности возникает закономерный процесс - усталость. Установлено, что даже при незначительных физических нагрузках, но при работе с повышенной ответственностью за результаты работы наблюдается повышенная возбудимость нервной системы, постоянное нервное напряжение. Это приводит к усталости всего организма, следствием чего есть снижение внимания и работоспособности человека, который может привести к выполнению ошибочных действий.

5.2 Анализ и выявление опасных факторов проектируемой производственной среды.

Основные правила и техника безопасности при эксплуатации грузоподъемных кранов

К самостоятельному управлению краном допускаются лица, достигшие 18 лет и имеющие удостоверение на право управления козловыми кранами, прошедшие медицинское освидетельствование, проверку знаний Инструкции для крановщиков электрических кранов и Правил техники безопасности при производстве погрузочно-разгрузочных работ. В обязанности машиниста входит осмотр крана перед началом работы, стропальщик производит осмотр грузозахватных приспособлений. Для выполнения этих операций крановой бригаде выделяют соответствующее время.

Машинист крана обязан результаты осмотра и проверки механизмов крана занести в вахтенный журнал.

Машинист должен:

- правильно эксплуатировать кран и крановый путь, точно исполнять предписания инспектора технадзора и ответственного лица по надзору;
 - принимать немедленно меры по устранению неполадок, дефектов и неисправностей на кране, крановом пути и токоподводе;
 - регулярно вести вахтенный журнал; участвовать в ремонте и испытаниях кранового оборудования и сменных грузозахватных приспособлений.
- ‘Подойдя к крану, по сигнальной лампе в вводном шкафу при троллейном питании или по отключенному рубильнику при кабельной системе питания следует убедиться, что кран не под напряжением, повесить на вводное устройство плакат «Не включать — работают люди» и только после этого начать осмотр крана. Прежде всего осматривают механизмы крана — электродвигатели, тормоза, конечные выключатели, контролируют состояние канатов, блоков и крюков, надежность соединения балансиров, проверяют смазку передач, подшипников, состояние сальников. При кабельном токоподводе проверяют состояние кабельного барабана и его противовеса. Затем

осматривают (без разборки) электрооборудование кабины и шкафов управления, проверяют состояние противоугонных захватов, осветительных и сигнальных приборов.

Машинист не имеет права приступать к работе, если обнаружен один из следующих дефектов крана:

- крюк не вращается в обойме, а гайка, крепящая крюк, не имеет устройства, предотвращающего крюк от самоотвинчивания; износ крюка в зеве превышает 10%;

- блоки крюка или другого захватного органа не вращаются вокруг своих осей, оси не укреплены ригелями или другими запорными устройствами;

- канаты имеют порванные пряди, поджоги, узлы, вмятины или сверхнормативное количество порванных проволок;

- торможение крана слабое, заклепки на колодке задевают за поверхность тормозного шкива, износ тормозной ленты достигает 50%;

- у соединительных муфт нет шпилек или гаек на шпильках, отсутствуют или разбиты кожаные или резиновые кольца;

- редукторы, тормозные шкивы, подшипники, электродвигатели, а также другое оборудование крана не укреплены и смещаются при работе механизмов; – троллеи соприкасаются между собой или с металлоконструкцией крана, токосъемники соприкасаются со смежными троллеями, гибкие троллеи сильно свисают. При кабельном токоподводе противовес кабельного барабана заклинивает в направляющих, изоляция электропроводки повреждена, заземляющие устройства имеют обрывы;

- бездействуют блокировочные контакты, противоугонные средства, конечные выключатели или их рычаги не возвращаются в исходное положение, неисправно звуковое сигнальное устройство в кабине машиниста;

- отсутствуют резиновый коврик и диэлектрические перчатки в кабине машиниста, отсутствуют переносная лампа, плакат «Не включать — работают люди»;

- корпус контроллера и другое электрооборудование, а также металлоконструкция крана находятся под напряжением, бездействует световая сигнализация;

- снято ограждение механизмов или токоведущих частей электрооборудования;

- крановые пути и металлоконструкции имеют сверхнормативные отклонения. При работе крана допускается совмещение не более двух операций, например,: одновременный подъем груза и передвижение крана, передвижение крана и грузоподъемной тележки. Совмещение трех операций крана в случае отсутствия блокировки подъема и передвижения грузоподъемной тележки допустимо только при предотвращении аварии или несчастного случая. Если, перемещаясь, груз начинает раскачиваться, рекомендуется в тот момент, когда он отклонится от среднего положения, резко прекратить подъем и быстро опустить его на небольшую высоту.

Если масса груза близка к грузоподъемности крана, груз вначале поднимают на 100 мм, проверяют безотказное действие тормозов и лишь затем продолжают подъем и перемещение. Поднимая груз, необходимо следить, чтобы он не упирался в мостовое строение или опоры крана. Переме

-щать поднятый груз нужно на такой высоте, чтобы между ним и встречающимися на пути предметами был просвет не менее 0,5 м.

Механические опасности

Главным опасным фактором является то, что козловые краны имеют огромное количество вращающихся механизмов и частей оборудования, которые перемещаются и представляют опасность для крановщика и обслуживающего персонала. Для кранового оборудования постоянные перемещения самого крана являются необходимым условием технологического процесса перемещения грузов. Количество травм, причиненных частями подъемно-транспортных машин и механизмов, которые двигаются, составляет от 18 до 21 % от общего количества травм, связанных с эксплуатацией ПТМ и других транспортных механизмов. К опасным физическим факторам относятся:

движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.); электрический ток, повышенная температура поверхностей оборудования и т.д.

Электробезопасность

Электрооборудование крана должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.019 - 79, ГОСТ 12.2.007.0 - 75, ГОСТ 12.2.007.4 - 75; ГОСТ 12.2.007.6 – 93, ГОСТ 12.2.007.3 – 75, ГОСТ 12.2.007.12 - 88, ГОСТ 12.2.007.14-75: "Правил устройства электроустановок", "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей", и "Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей".

Система мероприятий по предупреждению поражения электрическим током включает:

- применение блокировок, которые исключают ошибочные действия обслуживающего персонала и препятствуют открытию оборудования при наличии напряжения;
- применение изоляционных покрытий на токоведущих частях электрооборудования;
- устройство защитных ограждений, которые исключают случайное прикосновение человека к аппаратам, которые находятся под напряжением;
- устройство защитного заземления и контроль его качества;
- применение защитного отключения;
- обязательное применение СИЗ и предупредительных плакатов при работе с электрооборудованием.

В сетях напряжением до 1000 В к основным средствам можно отнести диэлектрические перчатки. При напряжении больше 1000 В - перчатки, диэлектрические боты, калоши, резиновые коврики. К СИЗ отно-

сят также пассатижи, кусачки, ножи, отвертки и другой ручной инструмент с изолированными рукоятками.

Каждое из защитных средств имеет порядковый номер и клеймо, нанесенное несмываемой краской. Клеймо содержит основные данные об исправности защитного средства. Металлические детали и кожуха электроаппаратов в электрических установках необходимо заземлять в соответствии с правилами устройства заземлений и занулений. В инвентаре крана обязательно должны быть резиновый коврик, резиновые перчатки, защитные боты или калоши и другой диэлектрический инвентарь. Все эти защитные средства надо тщательно проверять перед каждой сменой, чтобы они не имели разрывов и проколов. Диэлектрические перчатки и боты один раз в шесть месяцев проходят испытания в лаборатории: их погружают в воду и пропускают через них ток; коврики испытывают, пропуская через два вращающихся электрода. Утечка тока при испытаниях, фиксируемая миллиамперметром, не должна превышать 2...5 мА.

Пожаробезопасность

Для крановщика пожар на кране особенно опасен: нет пути для отступления при развитии пожара, и помощь ему трудно оказывать из-за большой высоты крана. Пожары на кранах иногда возникают вследствие неисправностей электрооборудования.

Чаще всего горят обмотки тормозных электромагнитов переменного тока, перегревающиеся при неплотном соединении якоря магнита с сердечником. Реже возгораются обмотки электродвигателей. Но такие пожары, имеющие малые объем и границы, длятся 2—3 с и гаснут сами при отключении тока. Чтобы избежать недопустимого перегрева проводников, искрения и образования электрических дуг в машинах и аппаратах, электрооборудование для пожароопасных и взрывоопасных электроустановок необходимо выбирать в строгом соответствии с требованиями ПУЭ.

Требования пожарной безопасности соответствуют требованиям ГОСТ 12.1.004 - 91. Для тушения пожара на кранах применяют сухой огнетушитель типа ОУ-2, снабженный стальным баллоном с углекислым газом, сжатым до 17 Мпа.

Масляные тряпки и обтирочные концы следует складывать в специальные железные ящики с крышками и по мере заполнения их удалять.

В кабине крана запрещается разжигание каких-либо приборов, например паяльных ламп, переносных горнов, фонарей и т. п., имеющих открытое или закрытое пламя, и пользование ими.

Паяльные, сварочные и другие работы, связанные с образованием искр или пламени, производятся только в исключительных случаях при остановке крана и при невозможности демонтажа и выноса детали для производства работ снаружи машины. Курить как в кабине, так и на мосту крана запрещается.

5.3 Защита в чрезвычайных ситуациях. Перечень возможных ЧС на объекте

Основными причинами ЧС при эксплуатации мостовых и козловых кранов являются:

- 1) неисправность тормозов, концевых выключателей механизмов подъема груза, передвижения крана и тележки, блокировки двери кабины и люка для выхода на мост крана;
- 2) обрыв грузовых канатов;
- 3) разрушение металлоконструкций (опор, пролетных балок, тележек и т. д.);
- 4) неисправность кранового пути и тупиковых упоров;
- 5) угон крана ветром;
- 6) управление краном необученными рабочими;
- 7) неисправность электрооборудования и травмирование (поражение) работающего электрическим током;

8) несоблюдение требований промышленной безопасности при работе на мостовых кранах;

9) отсутствие или неисправность ограждений площадок и вращающихся частей;

10) несоблюдение мер безопасности, указанных в наряде-допуске при выполнении работ на крановых путях и проходных галереях;

11) неисправность канатов, грузозахватных органов и съемных грузозахватных приспособлений;

12) подъем груза при наклонном положении канатов;

13) неправильная строповка грузов, перегруз, или переполнение тары;

14) нахождение людей в полувагонах и на других транспортных средствах при их погрузке и разгрузке;

15) несоблюдение порядка и габаритов складирования грузов;

Безопасная эксплуатация мостовых и козловых кранов зависит от умелых и правильных действий машиниста, имеющего соответствующую квалификацию. Своевременное проведение ТО и ПТО.

5.4 Экологическая безопасность

В практическом отношении под окружающей средой понимают человека и природу, которые тесно связаны между собой, так как деятельность человека вольно или невольно влияет на природу — преобразует ее, поэтому необходимо строго оценивать и контролировать это влияние. Под охраной окружающей среды подразумевают совокупность мероприятий, направленных на рациональное использование природных ресурсов и на предотвращение их хищнического расходования и загрязнения природы продуктами деятельности человека. Указанные направления изучает наука — экология (от греческого слова — дом, жилище) — наука об отношениях растительных и животных организмов между собой и с окружающей средой.

Современный козловой кран в процессе работы является достаточно активным источником различных загрязнений:

материальных: твердых — пыль, продукты износа деталей и жидких — при утечке смазочных материалов и РЖГ; энергетических — тепловые выделения при нагревании сборочных единиц механизмов, шум и вибрация при возникновении неисправностей в механизмах и при подаче звуковых сигналов, а также электромагнитные поля, наводимые при работе кранового электрооборудования. Перемещаемые грузы также могут служить источником различных загрязнений.

Очевидно, что в проблеме охраны окружающей среды существуют два основных направления:

активное — ликвидация источников загрязнения, включающее рациональные и безопасные приемы управления грузоподъемным краном, правильное и своевременное регулирование механизмов и выполнение регламентных работ по ТО и ремонту кранов, уменьшение силы звука и длительности подачи звуковых сигналов и пр.;

пассивное (защитное) — изолирование и герметизация источников жидких материальных загрязнений (своевременный контроль состояния и замена поврежденных уплотнений), экранирование (поглощение, глушение)

энергетических источников: тепловых, электромагнитных полей и шума, а также гашение вибраций.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Наука о безопасности жизнедеятельности исследует мир опасностей, действующих во всех сферах человеческой деятельности, разрабатывает системы и методы защиты человека от опасностей и ликвидации отрицательных последствий воздействия опасных и вредных факторов.

В современном понимании безопасность жизнедеятельности изучает опасности производственной, бытовой, природной и городской среды как в условиях повседневной жизни, так и при возникновении чрезвычайных ситуаций техногенного и природного происхождения мирного и военного времени.

Основой законодательного обеспечения безопасности является основной закон государства – Конституция Российской Федерации.

В конституции Российской Федерации базовой статьей является статья 37, которая гласит:

"1. Труд свободен. Каждый имеет право свободно распоряжаться своими способностями к труду, выбирать род деятельности и профессию.

2. Принудительный труд запрещен.

3. Каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены, на вознаграждение за труд без какой бы то ни было дискриминации и не ниже установленного федеральным законом минимального размера оплаты труда, а также право на защиту от безработицы.

4. Признается право на индивидуальные и коллективные трудовые споры с использованием установленных федеральным законом способов их разрешения, включая право на забастовку.

5. Каждый имеет право на отдых. Работающему по трудовому договору гарантируются установленные федеральным законом продолжительность рабочего времени, выходные и праздничные дни, оплачиваемый ежегодный отпуск."

Статья 41 Конституции Российской Федерации провозглашает утверждение права каждого на охрану здоровья и медицинскую помощь.

"Соккрытие должностными лицами фактов и обстоятельств, создающих угрозу для жизни, здоровья людей влечет за собой ответственность в соответствии с федеральным законом".

Статья 42 Конституции Российской Федерации провозглашает:

«Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением».

В Трудовом кодексе Российской Федерации устанавливаются права и обязанности работодателей и работников в отношении охраны труда; оговариваются ограничения к труду в особо тяжелых условиях некоторых групп населения (беременных женщин и т.д.).

Далее в правовой основе БЖД идут нормативные акты: законы и подзаконные акты; нормативно-техническая документация, о которых пойдет речь ниже.

Правовые основы БЖД

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации (до 1992 г. РСФСР) и входящих в нее республик, а также подзаконные акты: указы президентов, постановления, принимаемые правительствами Российской Федерации (РФ) и входящих в нее государственных образований, местными органами власти и специально уполномоченными на то органами. Среди них, прежде всего, Министерство природных ресурсов РФ, Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, Министерство труда и социального развития РФ, Министерство здравоохранения РФ, Министерство РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий и их территориальные органы.

Правовую основу охраны окружающей среды в стране и обеспечение необходимых условий труда составляет закон РСФСР «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (1991 г.), в соответствии с которым введено санитарное законодательство, включающее указанный закон и нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности. Ряд требований по охране труда и окружающей среды зафиксировано в законе РСФСР «О предприятиях и предпринимательской деятельности» (1991 г.) и в законе РФ «О защите прав потребителей» (1992 г.).

Важнейшим законодательным актом, направленным на обеспечение экологической безопасности, является закон РФ «Об охране окружающей природной среды» (2002 г.).

Правовые вопросы природопользования регламентируются как Конституцией РФ (ст. 9, 36, 42, 58, 72), так и рядом федеральных законов, среди которых, прежде всего, следует указать Гражданский, Земельный и Водный кодексы РФ, законы: «О животном мире», «Об охране окружающей природной среды» и др., соответствующие нормативные акты Президента и Правительства РФ, субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления.

Основной законодательный акт, наиболее полно регулирующий общественные отношения в области воздушной среды, – Закон «Об охране атмосферного воздуха». В нем изложены основные положения по охране воздушного бассейна от загрязнения и шумов, от электромагнитного, радиационного и иного воздействий по предотвращению истощения кислородных запасов, рациональному использованию воздуха в хозяйственных целях и др.

ПЛАН ЭВАКУАЦИИ



Условные обозначения

- ← - основной путь эвакуации; ☎ - телефон для сообщения о пожаре;
- 🔥 - огнетушитель;
- 🚒 - пожарный кран;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работы разработан электропривода козлового крана ККС-32.

Произведена замена морально устаревшего электропривода на частотно-регулируемый асинхронный электропривод с новой механической частью.

Результаты аналитических расчетов и имитационного моделирования подтверждены правильность выбора силовых элементов – электродвигателя и преобразователя и системы автоматического управления регулируемого электропривода крана.

Система преобразователь частоты – асинхронный электродвигатель обеспечивает требуемые характеристики механизма подъема козлового крана, а система автоматического регулирования со скалярным управлением обеспечивает поддержание технологических параметров в режимах спуска и подъема с принятыми параметрами.

В экономической части выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы планирования, финансирования электропривода козлового крана. Построен график выполнения работ и занятости исполнителей, а также доказана экономическая целесообразность от внедрения спроектированного электропривода. В разделе социальная безопасность проекта освещены вопросы: производственной и экологической безопасности; техники безопасности; анализ опасных и вредных производственных факторов; пожарная безопасность; рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды и защите при ЧС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Сборник задач и примеров решений по электрическому приводу: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 368 с.: ил.
2. Кобзев А.П. Кобзев Р.А. Специальные краны: учебное пособие. – Старый Оскол: ТНТ, 2014. – 472с.
3. Справочник по электрическим машинам. В 2 т. Под общ. ред. Копылова И.П. Т.1. М., «Энергоатомиздат», 1988.
4. Чернышев А.Ю. Электропривод переменного тока: учебное пособие / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев, И.А. Чернышев; Томский политехнический университет.– Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 213 с.
5. ВЕСПЕР ЕЗ-8100К: Руководство по эксплуатации.
6. Поздеев А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых электроприводах. – Чебоксары: 1998. 172
7. Мощинский Ю. А., Беспалов В. Я., Кирякин А. А. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины по каталожным данным. – Электричество, 1998.
8. Справочник по автоматизированному электроприводу/ Под ред. Елисеева и Шинянского. – М.: Энергоатомиздат: 1983. 616 с.
9. Дементьев Ю. Н., Чернышев А. Ю., Чернышев И. А. Электрический привод: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008. – 224 с.
10. Борисов Ю.М. Соколов М.М.. Изд.2-е, перер. и доп. М., «Машиностроение», 1971, стр. 376.
11. Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.