

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

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2020 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ
МОСТОВОГО КРАНА НО 7,5-7,5-6

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2020 г.

Руководитель работы
доцент

_____ П.Г. Вигриянов
_____ 2020 г.

Экономическая часть
Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы ФТТ-533

_____ Прошак С.В.
_____ 2020 г.

Нормоконтролер
ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев

Златоуст 2020

АННОТАЦИЯ

Прошак С.В. Модернизация привода передвижения мостового крана НО 7,5-7,5-6– г. Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП; 2020 г., 68 с., 32 ил., библиогр. Список – 30 наим., 8 листов чертежей ф. А1.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы по модернизации привода передвижения мостового крана НО 7,5-7,5-6.

Выбранная система управления электропривода с преобразователем частоты Schneider Electric ATV 320 обеспечивает высокую работоспособность и снижает аварийные остановки и не запланированные простои.

В ходе работы был поверен существующий электродвигатель и редуктор по производительности и нагреву, данное оборудование поверку прошло.

В экономической части был произведен расчет годового экономического эффекта который составил 30867,5 рублей, а срок окупаемости 2,9 года.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы анализа вредных и опасных производственных факторов, выбора нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса, защиты от поражения электрическим током при ремонте и эксплуатации мостового крана, расчета искусственного освещения, эргономика и производственная эстетика, противопожарная и взрывобезопасность, экологическая безопасность, обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Модернизация привода передвижения Мостового крана НО 7,5-7,5-6 Пояснительная записка				
Разраб.	Прошак С.В.			Лит.				Лист	Листов
Провер.	Вигриянов П.Г.			Д				4	68
Т. Контр.	Сандалов В.М.			Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст Кафедра ЭАПП					
Н. Контр.	Терентьев О.В.								
Утверд.	Сергеев Ю.С.								

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	7
2 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА МОСТОВОГО КРАНА И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	11
2.1 Описание устройства мостового крана	11
2.2 Анализ технологического процесса перемещения мост.....	20
3 РАСЧЕТ СИЛОВОЙ ЧАСТИ	22
3.1 Расчет моментов статических сопротивлений и поверочный расчет двигателя.....	22
3.2 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности	32
4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА	37
4.1 Выбор типа электропривода.	37
5 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....	52
4.2 Расчет дополнительных капитальных вложений	53
4.3 Годовой экономический эффект и сроки окупаемости	53
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	67

ВВЕДЕНИЕ

Электропривод большинства грузоподъемных машин характеризуется повторно - кратковременном режимом работы при большей частоте включения, широком диапазоне регулирования скорости и постоянно возникающих значительных перегрузках при разгоне и торможении механизмов. Особые условия использования электропривода в грузоподъемных машинах явились основой для создания специальных серий электрических двигателей и аппаратов кранового исполнения. В крановом электроприводе начали довольно широко применять различные системы частотного регулирования и дистанционного управления по радио каналу или одному проводу.

В настоящее время грузоподъемные машины выпускаются большим числом заводов. Эти машины используются во многих отраслях народного хозяйства в металлургии, строительстве, при добыче полезных ископаемых, машиностроении, транспорте, и в других отраслях.

Развитие машиностроения, занимающиеся производством грузоподъемных машин, является важным направлением развития народного хозяйства страны. [22].

Мостовой кран, НО 7,5-7,5-6 работает на предприятии ООО «ЗЗБО» в цехе №4, где проходит интенсивный технологический процесс по изготовлению металлоконструкций выпускаемой продукции.

Использование частотно-регулируемого асинхронного электропривода в механизмах подъемно-транспортного оборудования считается действенным способом увеличения технологичности производства.

Целью выпускной квалификационной работы является увеличение точности позиционированная.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений;
- описание устройства мостового крана и анализ технологического процесса;
- расчет силовой части привода перемещения моста;
- разработка электропривода;
- расчет технико-экономических показателей
- безопасность жизнедеятельности.

Объект: мостовой кран НО 7,5-7,5-6.

Предмет: электрический привод передвижения мостового крана.

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

В мостовых кранах механизмы передвижения размещают на мосту (для передвижения моста по крановым путям) и на тележке (для передвижения тележки вдоль пролета крана).

Механизм передвижения крана имеет приводной двигатель, объединённый с системой передач с ходовой частью крана, оборудованной приводными и не приводными ходовыми колесами [12].

Механизмы передвижения мостовых кранов исполняют по двум главным схемам расположения привода: с центральным или раздельным. При центральном приводе приводной двигатель установлен в средней части моста. В этом случае крутящий момент на приводные колеса передаётся трансмиссионным валом. При раздельном приводе каждое приводное колесо или группы приводных ходовых колес имеют индивидуальный привод. Механизмы перемещения кранов с центральным приводом в зависимости от типа приводного вала подразделяются на малые, средние и быстрые приводные валы.

Механизмы передвижения с тихоходным трансмиссионным валом изображен на рисунке – 1.1

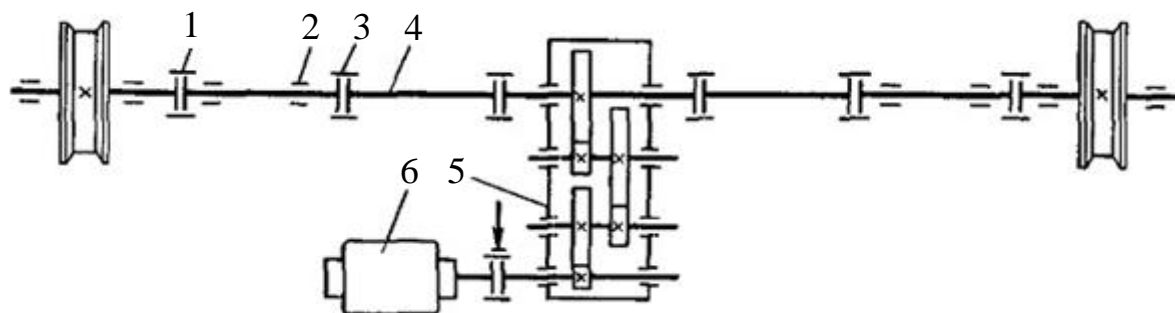


Рисунок 1.1 – Механизм передвижения с тихоходным трансмиссионным валом.

Этот механизм передвижения используется в мостовых кранах (тележках); он имеет двигатель 6, двух- или трехступенчатый редуктор 5 и трансмиссионный вал, который состоит из отдельных частей 4, соединенных между собой, а также с концами выходного вала редуктора и валами крановых колес обычно зубчатыми муфтами (1 или 3).

Трансмиссионный вал опирается на промежуточные опоры 2, количество которых в сочетании с самоустанавливающимися подшипниками должно соответствовать с количеством зубчатых муфт 1 или зубчатых полумуфт 3.

Когда вал вращается с угловой скоростью, равной угловой скорости ходовых колес, максимальный крутящий момент передается на ходовые колеса, и поэтому вал, муфты и подшипники имеют значительные размеры и вес. С увеличением грузоподъемности и пролета крана параметры этих элементов и их количество увеличиваются. Секции трансмиссионного вала могут быть сделанными сплошными или сварными из стальных бесшовных труб. Трансмиссионный вал из стальных бесшовных труб имеет массу, меньшую на 15—20 % меньше массы

цельного вала. Длину секций следует выбирать так, чтобы требуемая длина трансмиссионного вала соответствовала пролету моста.

Использование зубчатых муфт, а также опор с самоустанавливающимися подшипниками позволяет получить необходимое выравнивание соединяемых вставок и обеспечить функционирование трансмиссионного вала. Трансмиссионный вал механизма передвижения имеет частоту вращения, равную частоте вращения ведущих колес и передает значительный крутящий момент, следовательно вал, муфты и опоры получаются громоздкими, а механизм имеет большую массу. Несмотря на эти проблемы, механизмы перемещения с тихоходным трансмиссионным валом широко распространены на мостовых кранах общего и специальных назначений, особенно в мостовых фермах [28].

Механизм перемещения моста со среднеходным представлен на рисунке 1.2, движение от электродвигателя 1 передается через редуктор 2 с уменьшенным передаточным числом, трансмиссионный вал 3 и дополнительные зубчатые передачи 4 ходовым колесам. Крутящий момент, передаваемый трансмиссионным валом, в несколько раз меньше крутящего момента, действующего на тихоходном валу крана при тех же параметрах, что значительно снижает его вес, массу зубчатых муфт и подшипников, то есть элементов, которые непосредственно связанных с валом. Однако наличие двух дополнительных редукторов или открытых зубчатых передач с большой суммарной массой не снижает общий вес механизма.

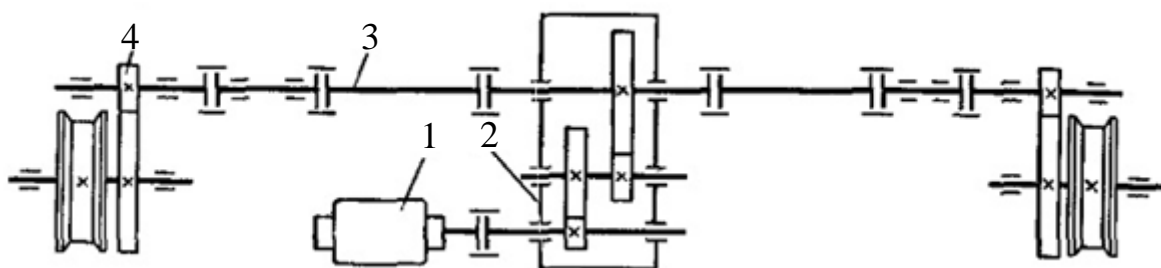


Рисунок 1.2 – Механизм перемещения со среднеходным трансмиссионным валом.

Для передачи крутящего момента с трансмиссионного вала на приводные ходовые колеса используют открытые зубчатые передачи, состоящие из шестеренок, надетых на концы трансмиссионного вала и зубчатых венцов, установленных на колесах либо дополнительные концевые редукторы, распложенные вблизи колес.

Использование муфт, промежуточных опор и вставок меньших габаритов позволяет уменьшить вес узлов трансмиссионного вала. Однако использование дополнительных открытых зубчатых передач или редукторов не приводит к значительному уменьшению общего веса механизма. Механизмы перемещения с открытыми зубчатыми передачами, имеют малую прочность и не нашли широкого применения в производстве.

Механизм перемещения крана с быстроходным трансмиссионным валом. Сборный трансмиссионный вал 1 механизма перемещения моста мостового крана имеет скорость вращения, равную скорости вращения вала двигателя 2 соединенного с ним, установленного в средней части моста [25]. От концов трансмиссионного вала вращение передается на два редуктора 3, а затем на колеса. Быстроходный вал в отличие от тихоходного имеет меньший диаметр (в 2-3 раза) и меньший вес (в 4-6 раз), но его использование требует высокой точности установки подшипников на жестких опорах и динамической балансировки вращающихся частей. Механизм перемещения с быстроходным трансмиссионным валом представлен на рисунке 1.3.

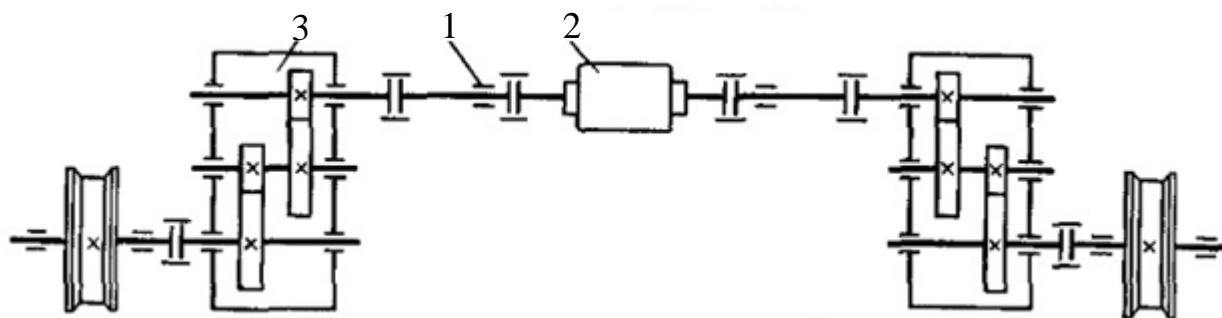


Рисунок 1.3 – Механизм перемещения с быстроходным трансмиссионным валом.

Выходной вал редуктора соединен с колесом и зубчатыми муфтами напрямую или с помощью промежуточного тихоходного вала. В рассмотренной схеме механизма перемещения трансмиссионный вал данного механизма перемещения имеет частоту вращения, равную скорости вращения приводного двигателя. В сравнении с механизмами перемещения, приведенными на рисунках 1.1, 1.2 он передает наименьший крутящий момент. Что позволяет при той же мощности приводного двигателя уменьшить в 2-3 раза диаметр трансмиссионного вала по сравнению с тихоходным валом и снизить его общий вес в 4-6 раз. Общий вес механизма перемещения с быстроходным валом, несмотря на наличие двух редукторов для больших пролетов, будет меньше массы механизма перемещения с тихоходным валом.

Однако из-за высокой скорости вращения установка быстроходного вала требует достаточной точности при его производстве, установке, балансировке. Использование опор увеличенной жесткости, предотвращают образование перекоса при деформации моста в горизонтальной плоскости. По этой причине механизмы перемещения с быстроходным валом используют на кранах с пролетами, не превышающими 20 м.

В настоящее время на отечественном рынке представлено огромное количество изготовителей мотор редукторов, таких как китайских, японских, европейских, американских и других. Большой диапазон выпускаемой продукции даёт возможность осуществления выбора редуктора с оптимальным сочетанием стоимости и функциональности.

Редуктора выпускают такие производители как, "Балканско ехо" (Болгария), "Katsu" (Япония), ОАО "Редуктор" (Россия), "ЛЭТЗ Лысковский электротехнический завод" (Россия), "Brevini" (Италия), "Siemens" (Германия), "HIMMEL" (Германия), "ELK" (Турция).

Мотор-редуктора выпускает и Китай, однако китайские редуктора, не отличаются высоким качеством.

В таблице 1.1 рассмотрены следующие производители мотор-редукторов.

Таблица 1.1 – Технические характеристики мотор редукторов.

Параметр	Крутящий момент на выходном валу	передаточное число	КПД	Масса	Режим работы	Стоимость
ВК 350	1300	2,9;2.3;1,2	0,91	77	ПВ-40	23000
ELK KD-100	750	7:7:1	0,81	35	ПВ-40	19000
ТР1160.25	1100	25	0,94	40	ПВ-40	47500
МС-0.75	1100	10-15-20	0,71	42,5	ПВ-40	27800
ЦЗВК 160	1100	10,0;12.5;16	0,64	138	ПВ-40	70000

Выводы по разделу один

1 Российские агрегаты отличаются своей дешевизной, высокими показателями надежности, хорошим качеством и более выгодными условиями доставки, благодаря географически близкого расположению производства.

2 Импортное оборудование обладает более широким рядом различных модификаций, что позволяет подобрать наиболее подходящий и оптимальный вариант. Немецкие изделия отличаются высочайшим качеством материала и сборки, они являются самыми дорогими. Итальянские образцы не рассчитаны на большие нагрузки. Образцы из Китая и Кореи не обладают высоким качеством сборки.

2 ОПИСАНИЕ УСТРОЙСТВА МОСТОВОГО КРАНА И АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

2.1 Описание устройства мостового крана

Однобалочный опорный мостовой кран – это грузоподъемное устройство, передвигающееся по рельсам (крановым путям), закрепленным на неподвижных опорах. Используемое с целью перемещение различных грузов. Перемещение груза происходит во всех трех плоскостях: это его подъем и опускание, перемещение вдоль самого крана, а также перемещение вдоль рабочей области.

Краны являются наиболее распространенными типами грузоподъемных машин, используемых в цехах на производствах в различных сферах деятельности.

Общий вид мостового однобалочного опорного крана представлен на рисунке 2.1.

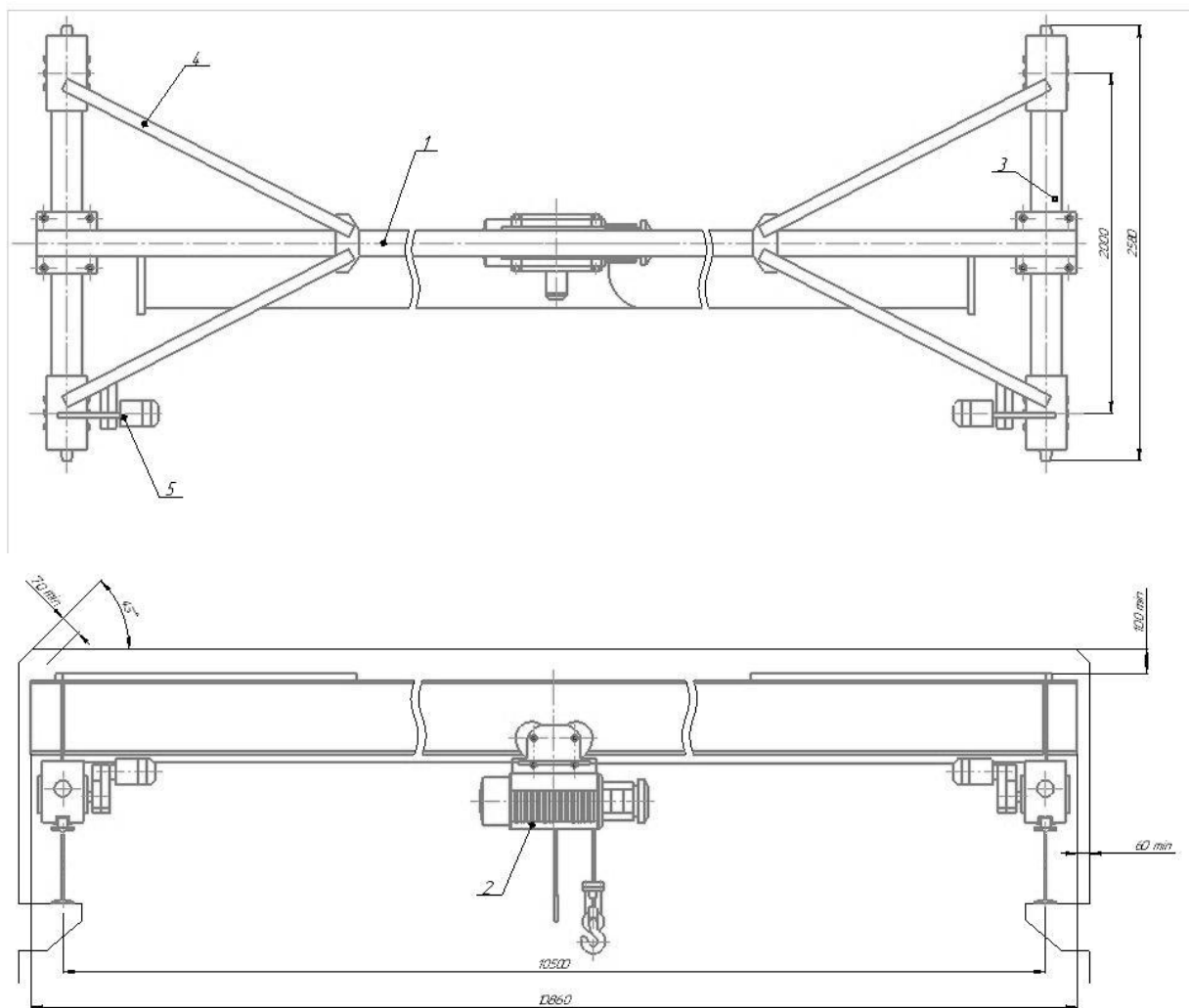


Рисунок 2.1 – Общий вид мостового крана.

В состав мостового крана входят 1 - балка несущая, 2 - таль электрическая, 3 - балка концевая, 4 - раскосы, 5 - мотор-редуктор.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР

Лист

11

Мост крана состоит из двух жестких главных балок, которые соединяются с концевыми (поперечными) балками при помощи сварных соединений 3, тем самым образуя с ними в плане раму.

В концевых балках установлены крановые колеса передвижения крана, передвигающиеся по подкрановым путям и рельсам. Собственная масса моста крана и тележки с грузом передается через концевые балки и ходовые колеса на подкрановый путь.

В качестве основной конструктивной формы главных балок является коробчатая балка с симметрично расположенным рельсом.

Горизонтальные вспомогательные балки такой конструкции удобны для установки механизма передвижения крана и для прохода обслуживающего персонала.

Мостовой кран передвигается по крановым путям (рельсам), на кране предусмотрены линейки ограничители, которые при сближении кран балок воздействуют на концевой выключатель и останавливают привод передвижения крана, путем размыкания контакторов цепи управления [6].

Механизм передвижения крана выполнен с отдельным приводом. При таком исполнении привода отсутствует длинный трансмиссионный вал, такие механизмы перемещения применяются на всех мостовых кранах в цехах производства бетонных заводов.

На мостовых кранах механизм перемещения с отдельным приводом имеет по одному приводу для каждой стороны моста, состоящему из электродвигателя 1 с тормозом 2 и редуктора 3, соединенного с приводным ходовым колесом. Кинематическая схема мотор - редуктора представлена на рисунке 2.4. Электродвигатели рассчитывают (каждый на 60 % общей требуемой мощности) с учетом возможной неравномерности их загрузки. Механизм перемещения с отдельным приводом представлен на рисунке 2.2.

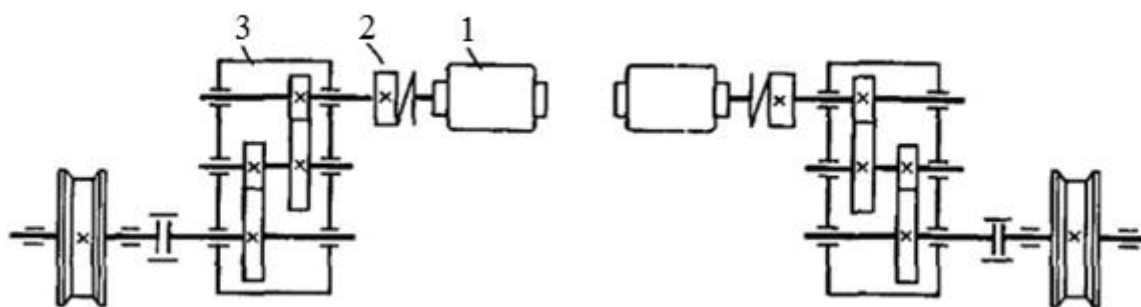


Рисунок 2.2 – Механизм перемещения с отдельным приводом

Данный механизм состоит из двух самостоятельных электроприводов, расположенных на мосту крана вблизи концевых балок, и служит для перемещения ходовых колес.

Использование отдельного механизма перемещения позволяет отказаться от длинных трансмиссионных валов, снизить затраты на эксплуатацию и установку. С помощью данного привода перемещения каждая концевая балка моста приводится в движение собственным приводом, а соединение между приводами происходит через металлоконструкцию крана. На рисунке 2.3 изображена кинематическая схема механизма передвижения моста.

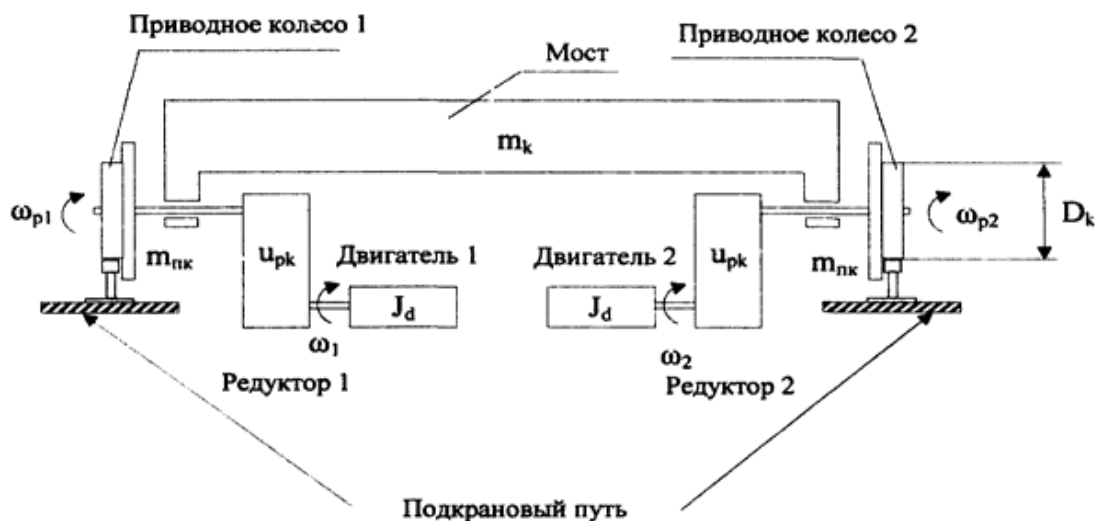


Рисунок 2.3 – Кинематическая схема механизма передвижения моста.

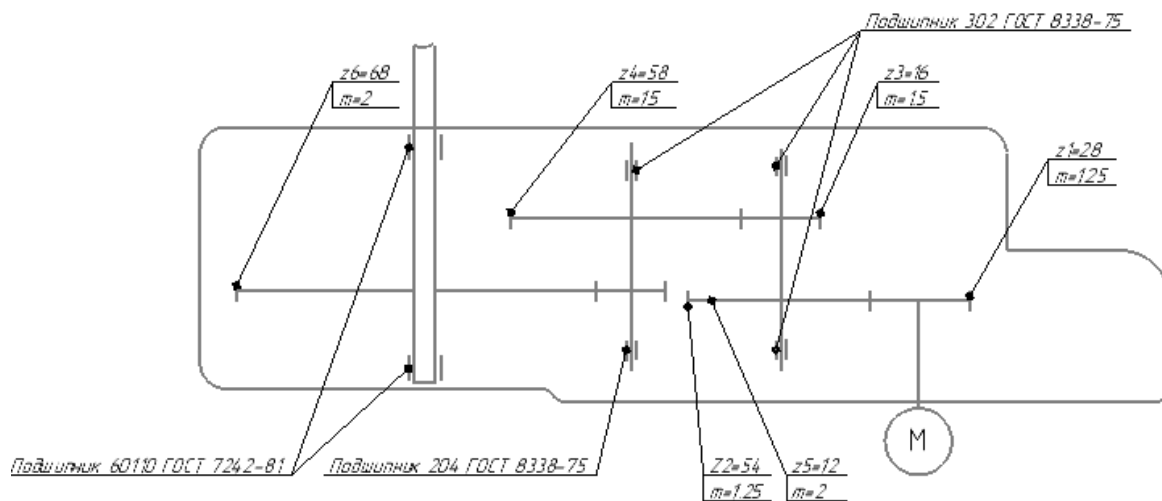


Рисунок 2.4 – Кинематическая схема мотор-редуктора.

Механизм подъема груза состоит из электродвигателя, грузового барабана, троса и концевого выключателя служащего для ограничения подъема какого либо объекта. Механизм подъема закрепляется с помощью болтов с проставочными шайбами и гайками на тележке, которая перемещается по рельсовому пути, закрепленному на мосту крана [7].

Электродвигатель механизма подъема соединен посредством муфты с редуктором, выходной вал которого связан с барабаном. На барабан механизма подъема наматывается стальной трос диаметром 12 мм, через систему полиспасов.

Ограничение высоты подъема крюковой подвески осуществляется с помощью конечного выключателя механизма подъема.

Подвод питающей линии к электродвигателю механизма передвижения производится силовым кабелем в металлорукаве для защиты от механических повреждений данного кабеля.

Для удержания крана на путях применены двухребордные колеса, колеса защищены стальными пластинами которые предохраняют их от возможного схода с рельс.

Для управления двигателем передвижения моста используются релейно-контакторные аппараты. Пуск асинхронного двигателя с коротко замкнутым ротором осуществляется при помощи магнитных пускателей. Магнитный пускатель состоит из контактора переменного тока и встроенных в него двух тепловых реле.

Схема управления пуском, торможением и реверсирование асинхронного двигателя с коротко замкнутым ротором представлена на рисунке 2.5.

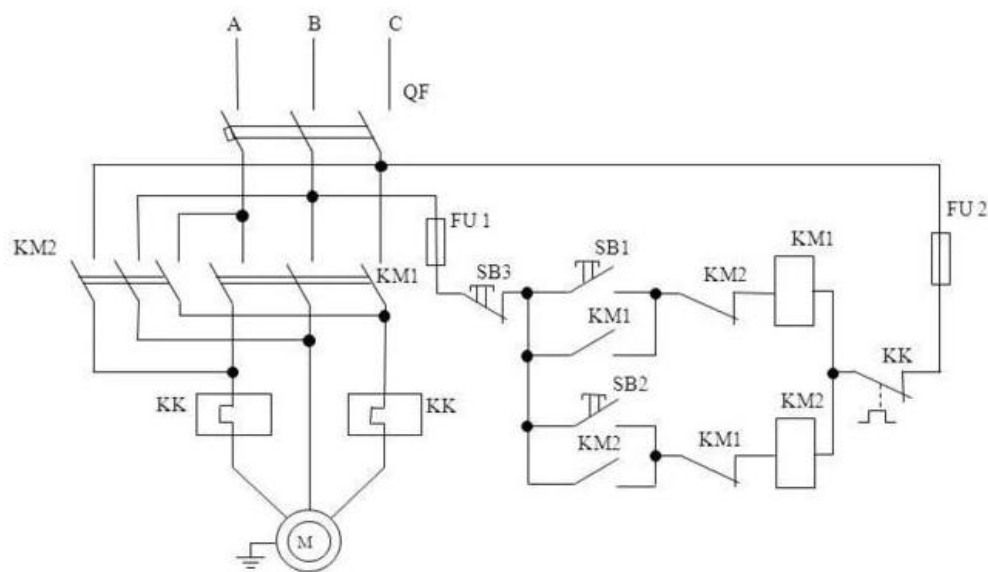


Рисунок 2.5 – Схема управления пуском, торможением и реверсирование двигателя

Схема предусматривает питание силовых цепей и управления от одного и того же напряжения. Если автоматический выключатель QF включен, то для пуска двигателя достаточно нажать кнопку SB1. При этом получит питание катушка контактора KM1, замыкая главные контакты в силовой цеп, и статор двигателя получает питание. Одновременно в цепи управления замыкается вспомогательный контакт KM1, блокирующий кнопку SB1, после чего кнопку не нужно больше удерживать в нажатом положении. При нажатии кнопки SB1 двигатель отключается.

ется от сети, катушка контактора КМ1 теряет питание и размыкает силовые контакты цепи статора. Для включения двигателя на противоположное направление вращения необходимо нажать кнопку SB2 катушка контактора КМ2 получает питание и замыкает силовые контакты КМ2, при этом две фазы на статоре двигателя переключаются. В схеме предусмотрена защита двигателя от коротких замыканий тепловыми реле КК. Тепловая защита служит для защиты двигателя от обрыва одной из фаз и защиты питающего провода от перегрузок пусковым током при застопоривании механизма. Во избежание короткого замыкания в цепи статора вследствие одновременного нажатия на обе кнопки SB1 и SB2 магнитные пускатели снабжены механической блокировкой препятствующей втягиванию одного контактора, если другой включен.

Режим работы двигателей механизма передвижения: повторно-кратковременный с реверсами и торможении противовключением.

2.1.2 Крановые колеса

Ходовые колеса кранов ГОСТ 28648-90, работающие на рельсовых путях, и их грузовых тележек различаются по форме обода колеса и по числу реборд (боковых выступов) [17].

По форме обода крановые колеса делят на цилиндрические и конические, а по числу реборд - на однорребордные, двухребордные и безребордные.

Колеса, соединенные с механизмом передвижения крана или тележки, называются приводными или ведущими, остальные колеса являются ведомыми. Приводными обычно выполняется половина всех колес крана, то есть из 4 колес установленных на мосту передвижения крана, 2 из них являются ведомыми и на них не устанавливается привода.

Ширина поверхности катания двухребордного колеса крана принимается на 30-40 мм больше ширины головки рельса, а для колес крановых тележек на 15- 20 мм, чем обеспечивается нормальная проходимость кранов и их тележек при недостаточно точно уложенных рельсах. Конструкция колес не стандартизирована.

В колеса мостового крана устанавливают различные подшипники, такие как шариковые, роликовые. Они могут быть установлены на неподвижной оси колеса или на валах приводного колеса, размещённых в буксах и скреплённых болтами к главной опоре крана.

Колеса мостового крана находятся всегда под нагрузкой и поэтому они быстро изнашиваются. Так же следствием износа является металлическая пыль от работающего электроинструмента, которая оседает на крановые пути.

Поэтому к материалам, из которых произведены колеса, а также к их обработке и монтажу предъявляют высокие требования и стандарты.

Ходовые колеса кранов и тележек изготавливают из штампованных или цельнокатаных заготовок из стали 75, 65Г.

На износ реборд ходовых крановых колес оказывает правильная укладка подкрановых путей и правильная установка приводных и не приводных колес.

Если происходит перекося одного из ходовых колес то это приводит к перекося движущегося крана, это приводит к трению реборд о рельсы и более быстрому износу реборды ходового колеса.

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

При изменении меж рельсового расстояния кранового пути может происходить изнашивание реборд колеса. Иногда возможно заклинивание колеса крана, которое приводит к выходу из строя ходовой части крана.

Обслуживающий персонал при осмотре колёс мостового крана должен обращать внимание на износ деталей колеса, а именно на состояние реборды, а также на состояние подкранового пути.

Угол перекоса ходового колеса по отношению к оси концевой балки не должен превышать $0,002$ рад; максимальное угловое отклонение опорных поверхностей подбуксовых платиков для выкатных букс $0,002$ рад. Точность укладки подкранового пути регламентируют правила.

Приводные ходовые колеса 1 монтируют на валах 5, передающих на колесо крутящий момент от привода, а не приводные на вращающихся осях, не передающих крутящего момента. Валы или оси ходовых колес устанавливаются на подшипниках 4 в корпусах, называемых буксами 6. Ходовое двухребордное колесо изображено на рисунке 2.5.

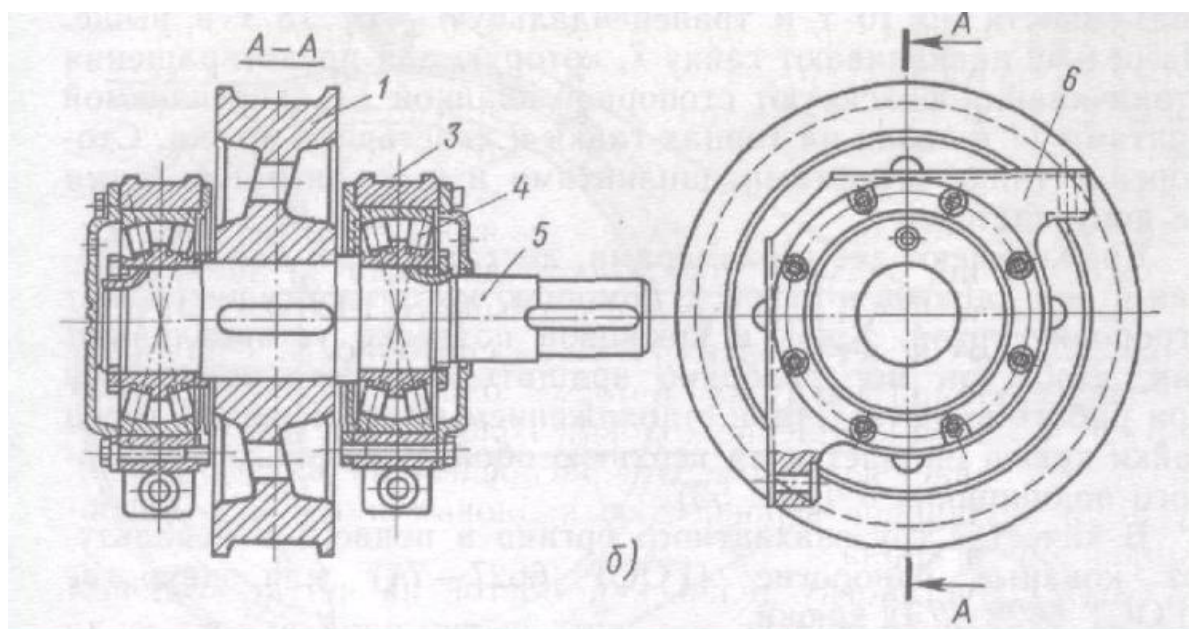


Рисунок 2.5 – Ходовое двухребордное колесо мостового крана.

Буксы колеса, выполняются съемными. Они служат для закрепления ходовых колес к раме моста.

Использование съемных букс упрощает ремонт и обслуживание колес, а также их замену при необходимости. Замена колеса осуществляется путем демонтажа буксы и дальнейшего выката ходового колеса.

Диаметры ходовых колес крана, которые применяются для привода передвижения моста не должны превышать 1 метра, нагрузка на ходовое колесо имеет ограничение.

Для мостовых кранов и тележек грузоподъемностью до 50 т ходовая часть выполняется с четырьмя колесами, 2 из которых ходовые, а другие 2 ведомые.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Важным условием применения нескольких механизмов передвижения является обеспечение синхронной частоты вращения всех приводных колес.

Для механизмов передвижения могут быть применены горизонтальные редукторы Ц2, вертикальные редукторы ВК и ВКУ, которые крепятся по средствам болтовых соединений на металлоконструкцию крана.

При выборе типа рельса необходимо обращать внимание на режим работы крана, а так же на величину давления ходовых колес.

Рельсы крепят к подкрановым балкам или укладывают по типу железнодорожных путей на специальные основания.

Применяются два типа крепления рельсов: неподвижное и подвижное.

Неподвижное крепление рельса к подкрановой балке, выполняется с применением сварочных работ.

2.1.3 Буферные устройства

Для смягчения ударов при наезде моста крана на концевые упоры, используются буферные устройства.

Эти устройства позволяют обезопасить эксплуатацию крана в случае неисправности концевых выключателей, и столкновении с другими кранами [19].

На рисунке 2.6 изображен эластичный буфер с монолитным рабочим резиновым элементом.

Буферное устройство имеет упругий резиновый элемент, который позволяет уменьшить кинетическую энергию массы моста в момент столкновения. Это устройство уменьшает возникающие повышение нагрузки в узлах, деталях и элементах конструкции крана.

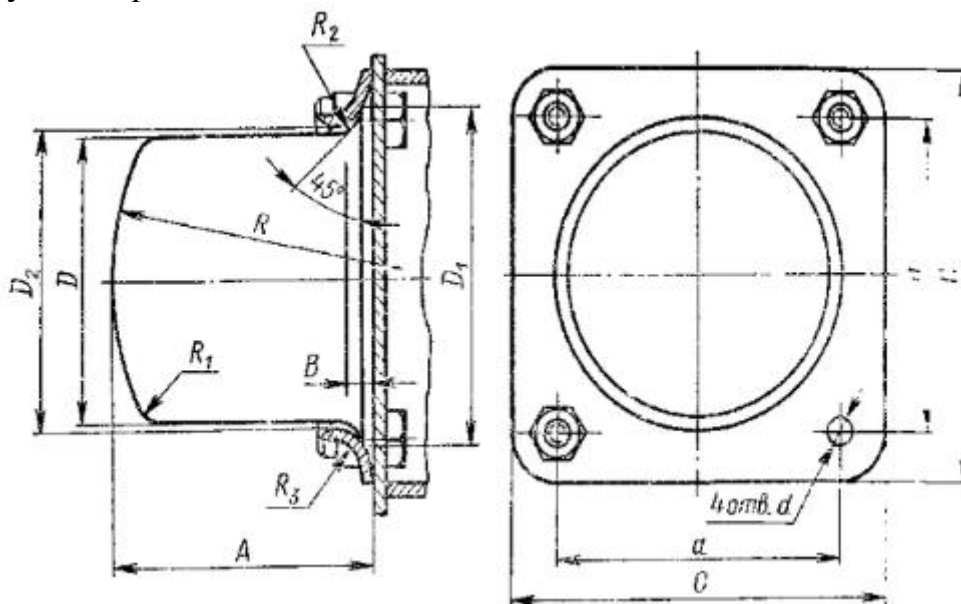


Рисунок 2.6 – Эластичный буфер с монолитным рабочим резиновым элементом.

По способу и месту установки различают подвижные и неподвижные буферные устройства.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Подвижные буфера устанавливаются на мостах и перемещаются вместе с ними, а неподвижные в конце рельсового пути. Подвижные буфера прикрепляются на мостах к концевым балкам.

Буферные устройства, изготовленные из резины просты в конструкции, компактны, просты в использовании.

В некоторых случаях для повышения энергоемкости и снижения отдачи упругих элементов резиновый буфер может быть набран из отдельных пластин.

Буфер при эксплуатации подвержен ударам и воздействию факторов внешней среды, это пагубно сказывается на его состоянии, что приводит к разрушению резиновой части буфера. При осмотре буфера резина на устройстве не должна иметь трещин и повреждений.

При обнаружении дефекта, данное буферное устройство подлежит ремонту или его полной замены.

2.1.4 Управление электрооборудованием

Мостовой однобалочный кран работает от электрической сети трёхфазного переменного тока, напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Цепь управления использует переменный ток, напряжение 380 В и частотой 50 Гц. Для приводов механизма передвижения мостового крана применены асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Обмотки электродвигателей для работы от трёхфазной сети напряжением 380 В соединены в звезду. Для передвижения моста применяется асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором серии АИР80 масса которого, составляет 20 кг.

Управление крановыми механизмами выполняется с помощью проводного кнопочного поста.

Крановый кнопочный пост представляет собой пластиковый корпус. Кнопочные элементы выведены наружу. Кнопки в крановом пульте одноходовые с одним положением.

Для подсоединения пульта к крану используются специальные кабели, армированные стальными тросиками, применение такого кабеля предохраняет жилы кабеля от разрывов.

Дополнительно, чтобы избежать разрыва кабеля применяется страховочный тросик. На рисунке 2.7 изображен общий вид кнопочного пульта управления мостовым краном ПКТ-63 на 6 кнопок. Подъем и опускание осуществляется с помощью кнопок 1-2, передвижение каретки 3-4, передвижение моста 5-6 [13].

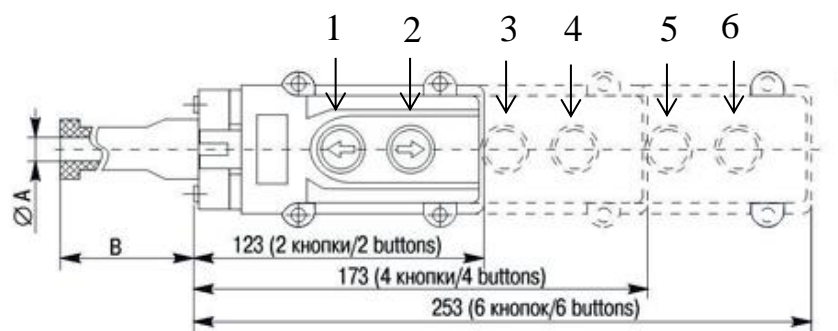


Рисунок 2.7 – Пульт управления мостовым краном ПКТ-63 на 6 кнопок.

2.1.5 Приборы безопасности

Кран оборудован приборами безопасности для надежной эксплуатации.

К этим приборам можно отнести: концевые выключатели механизма подъема груза, выключатели механизма передвижения моста крана, так же к этим приборам можно отнести и буферные устройства, описанные в пункте 2.1.3 [5].

Для мостового крана применяют рычажные концевые выключатели.

В качестве концевых выключателей подъема и передвижения используются выключатели типа OMRON D4B-4116N который изображен на рисунке 2.8.

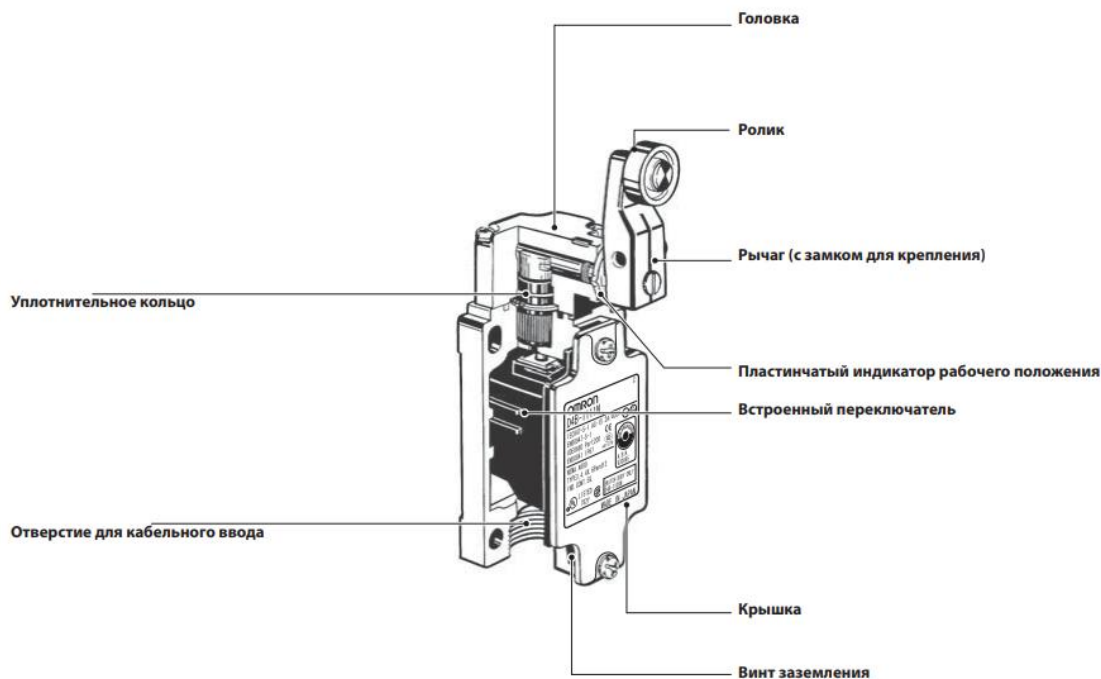


Рисунок 2.8 – Концевой выключатель безопасности OMRON D4B-4116N.

Для защиты электрооборудования мостового крана от короткого замыкания и лиц его обслуживающих, применяется рубильник и автоматический выключатель.

Рубильник и автоматический выключатель располагается в силовом шкафу.

Силовой шкаф расположен на высоте 1,7 м от уровня пола. Шкаф закрывается на ключ, который находится у обслуживающего персонала. В случае возникновения аварийной ситуации, доступ к ручке рубильника остаётся свободным.

2.1.6 Требования к источнику питания мостового крана

Напряжение на мостовой кран подается от промышленного стабилизатора напряжения “Ресанта”, по средством кабельной линии. Кабели проложены в металлорукаве и в защитном лотке, располагающемся вдоль стен цеха.

Все электрооборудование крана подключаются к силовому шкафу крана с помощью силовых кабелей, прокладываемых в трубах.

2.1.7 Технические характеристики мостового крана

Основные технические характеристики мостового однобалочного опорного крана НО 7,5-7,5-6 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики мостового крана.

Параметр	Величина
Грузоподъемность крана, т	7,5
Высота подъёма, м	6
Пролет крана, м	7,5
База крана, м	2,0
Кратность полиспасов	4/1
Масса испытательных грузов при статических испытаниях, т	9,375
Масса испытательных грузов при динамических испытаниях, т	8,25
Высота крана от уровня головки рельс, м	0,98
Расстояние по вертикали от головки рельса до центра буфера крана, мм	180
Скорость передвижения крана, м/с	0,4
Место управления	Работа с пола
Способ управления	С пульта
Максимальная нагрузка колеса крана на рельс, кН	По вертикальной плоскости 50,0
	По горизонтальной плоскости 6,5
Тип кранового рельса	КР70(Р43)
Вес моста, т	15
Радиус шейки ходового колеса, м	0,130
Диаметр ходового колеса, м	0,80
Производительность крана, т	51,1

2.2 Анализ технологического процесса перемещения моста

Мостовой кран используется для технологических нужд промышленного предприятия и эксплуатируется на участке сборки цеха № 4 производства ООО «ЗЗБО». Кран предназначен для погрузки и разгрузки различных металлоконструкций и других производимых изделий.

На рисунках 2.10 и 2.11 представлены циклограмма работы мостового крана и тахограмма работы привода передвижения моста.

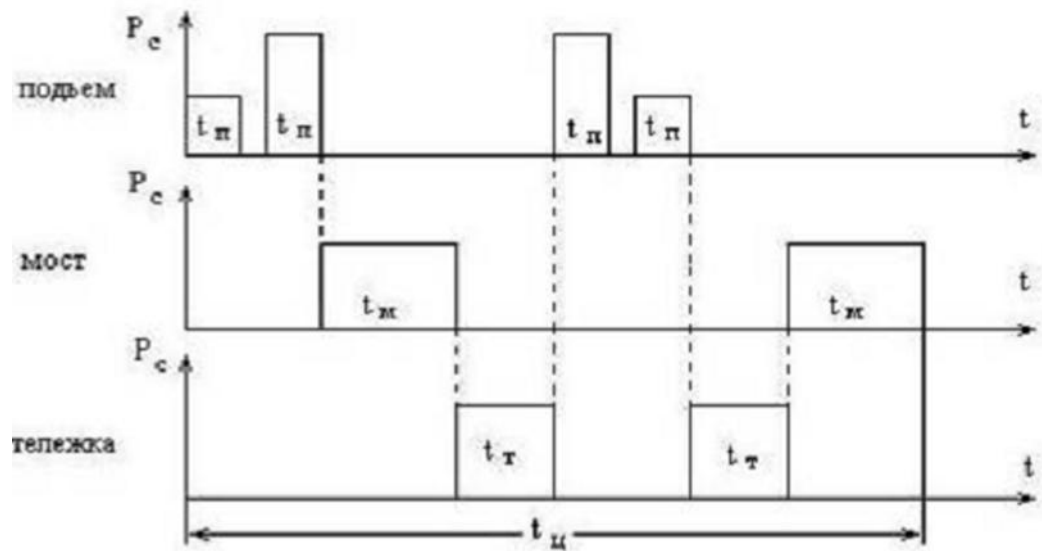


Рисунок 2.10 – Циклограмма работы крана

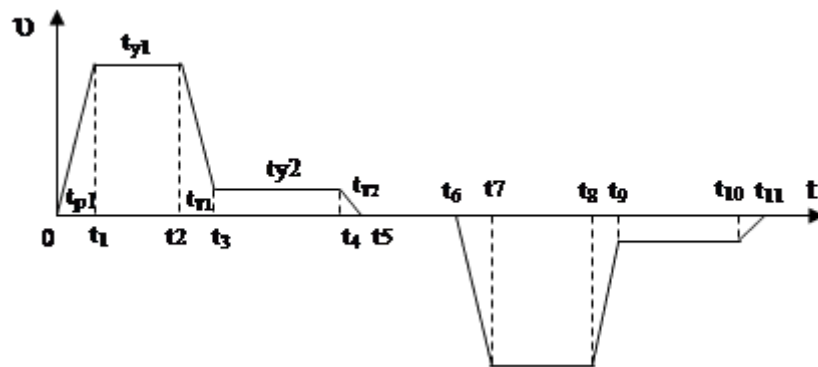


Рисунок 2.11 – Тахограмма привода передвижения моста

На промежутке от 0 до t_1 происходит разгон моста до максимальной скорости, t_1-t_2 движение моста на установившейся максимальной скорости, t_2-t_3 торможение до минимальной скорости, t_3-t_4 движение моста до установившейся минимальной скорости, t_4-t_5 торможение моста до его полной остановки, t_5-t_6 пауза в движении, t_6-t_{11} движение в обратную сторону.

Выводы по разделу два

В данном разделе рассмотрены технические характеристики крана, была разработана нагрузочная диаграмма и тахограмма работы.

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

3 РАСЧЕТ СИЛОВОЙ ЧАСТИ

3.1 Расчет моментов статических сопротивлений и поверочный расчет двигателя

Расчет производится по [8].

На основе заданных путей перемещения l , установившейся скорости V_y и допустимого ускорения a рассчитываем:

Время пуска t_{Π} до установившейся скорости с допустимым ускорением, время торможения t_T от установившейся скорости до остановки, при движении влево и вправо:

$$t_{\Pi} = t_T = \frac{V_{\text{НОМ}}}{a}; \quad (3.1)$$

$$t_{\Pi} = t_T = \frac{0,64}{0,4}.$$

Путь, проходимый за время пуска(торможения) моста крана:

$$L_{\Pi} = L_T = \frac{V_{\text{НОМ}}^2}{2a}; \quad (3.2)$$

$$L_{\Pi} = L_T = \frac{0,64^2}{2 * 0,4} = 0,512 \text{ м.}$$

Время установившегося режима движения t_y со скоростью v_y , соответственно при движении влево и вправо:

$$t_{y1} = t_{y2} = \frac{L - (L_{\Pi} + L_T)}{V_{\text{НОМ}}}; \quad (3.3)$$

$$t_{y1} = t_{y2} = \frac{25 - (0,512 + 0,512)}{0,64} = 37,46 \text{ с.}$$

Для рабочей машины определяем основные рабочие усилия, места приложения сил трения, рассчитываем статические моменты на валу рабочего органа для всех режимов работы.

Статический момент на валу рабочего органа при движении моста, учитывающий трение колес о рельсы, складывается из моментов сил трения и моментов сил трения качения:

$$M_{\text{рост}} = K_p (M_{\text{ТР}} + M_{\text{КАЧ}}) \quad (3.4)$$

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

Момент силы трения при движении моста с грузом:

$$M_{\text{ТР1}} = \frac{(G_1 + G_2 + Q)d_{\text{СТ}}\mu g}{2}; \quad (3.5)$$

$$M_{\text{ТР1}} = \frac{(3425 + 2000 + 7500) * 0.1 * 0.02 * 9.8}{2} = 160,4 \text{ Нм.}$$

Момент силы трения при движении тележки с грузом:

$$M_{\text{ТР1}} = \frac{(G_1 + G_2)d_{\text{СТ}}\mu g}{2}; \quad (3.6)$$

где G_1 – масса тележки мостового крана, кг;

G_2 – масса магнита с крюком, кг;

Q – масса груза, кг;

$d_{\text{СТ}}$ – диаметр ступицы, м;

$g = 9,8$ – ускорение свободного падения, м* с²;

μ – коэффициент трения в подшипниках ступиц колес 0,02.

$$M_{\text{ТР1}} = \frac{(3425 + 7500) * 0.1 * 0.02 * 9.8}{2} = 58,25 \text{ Нм.}$$

Момент силы трения качения при движении моста вправо:

$$M_{\text{КАЧ 1}} = (G_1 + G_2 + Q) fg; \quad (3.7)$$

$$M_{\text{КАЧ 1}} = (3425 + 2500 + 7500) \cdot 0,0004 \cdot 9,8 = 54,7 \text{ Нм.}$$

Момент силы трения качения при движении моста влево:

$$M_{\text{КАЧ2}} = (G_1 + G_2)fg; \quad (3.8)$$

$$M_{\text{КАЧ 1}} = (3425 + 2500) \cdot 0,0004 \cdot 9,8 = 23,3 \text{ Нм.}$$

Суммарный статический момент рабочего органа с грузом:

$$M_{\text{рост1}} = K_p(M_{\text{ТР}} + M_{\text{КАЧ}}); \quad (3.9)$$

где K_p - коэффициент, учитывающий трение реборд колес о рельсы, возникающее вследствие возможного перекоса тележки (в расчетах примем $K_p = 2,0$).

$$M_{\text{рост1}} = 2*(160,4 + 54,7) = 430,2 \text{ Нм.}$$

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Суммарный статический момент рабочего органа без груза:

$$M_{\text{рост } 2} = 2 \cdot (58,25 + 23,3) = 163,1 \text{ Нм.}$$

Далее рассчитаем динамические моменты рабочей машины, но предварительно необходимо определить моменты инерции рабочего органа:

$$J_{\text{PO}} = M \frac{D^2}{4}; \quad (3.10)$$

где M - массы поступательно движущихся частей, кг;

D - диаметр колеса, м.

При движении из крайнего левого положения:

$$J_{\text{PO1}} = (G_1 + G_2 + Q) \frac{D^2}{4}; \quad (3.11)$$

$$J_{\text{PO1}} = (3425 + 2500 + 7500) * \frac{0,32^2}{4} = 355,5 \text{ кг} * \text{м}^2.$$

При движении из крайнего правого положения:

$$J_{\text{PO1}} = (G_1 + G_2) \frac{D^2}{4}; \quad (3.12)$$

$$J_{\text{PO1}} = (3425 + 2500) \frac{0,32^2}{4} = 151,95 \text{ кг} * \text{м}^2.$$

Зная моменты инерции, можно определить динамические моменты для каждого режима рабочей машины при заданной величине допустимого ускорения:

$$M_{\text{РОдин1}} = J_{\text{POi}} \frac{2a}{D} \quad (3.13)$$

Разгон и торможение моста с грузом:

$$M_{\text{РОдин1}} = 355,5 * \frac{2 * 0,4}{0,32} = 888,7 \text{ Нм.}$$

Разгон и торможение моста без груза:

$$M_{\text{РОдин2}} = 151,9 * \frac{2 * 0,4}{0,32} = 379,75 \text{ Нм.}$$

Полный момент на валу рабочего органа складывается из статических и динамических моментов:

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

$$M_{PO} = M_{РОСТ} + M_{РОДИН} \quad (3.14)$$

Определим полные моменты для каждого из участков.

Участок №1 - разгон моста с грузом до установившейся скорости:

$$M_{PO1} = 430,2 + 888,7 = 1268 \text{ Нм.}$$

Участок №2 - равномерное движение моста с грузом:

$$M_{PO2} = 430,2 + 0 = 430,2 \text{ Нм.}$$

Участок №3 – торможение моста с грузом до его полной остановки:

$$M_{PO3} = 430,2 - 888,7 = -508,95 \text{ Нм.}$$

Участок №4 – разгон моста без груза до установившейся скорости:

$$M_{PO4} = 163,1 + 379,7 = 542,8 \text{ Нм.}$$

Участок №5 – равномерное движение моста без груза:

$$M_{PO5} = 163,1 + 0 = 163,1 \text{ Нм.}$$

Участок №6 – торможение моста без груза до полной его остановки:

$$M_{PO6} = 163,1 - 379,75 = -216,8 \text{ Нм.}$$

На основании полученных моментов на каждом участке рабочей машины можно рассчитать среднеквадратичное значение момента, в котором учтены не только статические нагрузки, но и часть динамических нагрузок:

$$M_{СРКВ} = \sqrt{\frac{\sum_{r=1}^m M_K^2 \cdot t_K}{\sum_{K=1}^m t_K}}, \quad (3.15)$$

где, M_K – момент на участке, Н·м;

t_K – длительность участка, с.

Определяем значение среднеквадратичного момента:

$$\sqrt{\frac{1268^2 + 1,6 + 379,7^2 * 37,46 + (-508,95)^2 * 1,6 + 542,8^2 * 1,6}{1,6 + 37,46 + 1,6 + 1,6 + 37,46 + 1,6}} = 441,4 \text{ Нм.}$$

При этом мощность двигателя рассчитывается по формуле:

										Лист
										25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР					

$$P_{ДВ} = k_1 * M_{СРКВ} \frac{2 * V_{НОМ}}{D} \sqrt{\frac{ПВ_{\Phi}}{ПВ_{КАТ}}}; \quad (3.16)$$

где $k_1=1.3 \dots 1.5$ – коэффициент, включающий в себя динамические нагрузки, которые могут быть обусловлены вращающимися элементами электрического привода, то есть редуктором и двигателем, а также механические потери в самом редукторе;

D – диаметр колеса моста, м;

$V_{НОМ}$ – номинальная скорость движения моста, м/с;

$ПВ_{\Phi}$ – фактическое значение продолжительности включения привода;

$ПВ_{КАТ}$ – ближайшее к $ПВ_{\Phi}$ каталожное значение продолжительности включения для электрических двигателей выбранной серии.

Рассчитаем фактическое значение продолжительности включения, зная длительность времени работы электропривода:

$$t_p = \sum t_i; \quad (3.17)$$

$$t_p = \sum t_i = 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 37,46 + 37,46 = 81,32с.$$

Время пауз составляет 75% от времени работы. Тогда определим непосредственное время пауз:

$$t_n = 0,67 * t_p; \quad (3.18)$$

$$t_n = 0,67 * 81 = 61с.$$

Соответственно время цикла будет равно:

$$t_u = t_n + t_p; \quad (3.19)$$

$$t_u = 81,3 + 61 = 142с.$$

Найдем фактическую продолжительность включения в %:

$$ПВ\% = \frac{t_p}{t_u} * 100; \quad (3.20)$$

$$ПВ\% = \frac{81,3}{142} * 100 = 58$$

Двигатель работает в режиме S3, так как время цикла меньше 10 минут. Далее рассчитаем мощность двигателя по формуле 3.16.

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР					

$$P_{\text{ДВ}} = 1,3 * 441,4 * \frac{2 * 0,064}{0,32} \sqrt{\frac{58}{40}} = 1154 \text{Вт.}$$

3.1.2 Предварительная поверка электродвигателя.

При поверке двигателя по конструктивному исполнению необходимо учитывать режим работы электропривода и условия эксплуатации оборудования. Для повторно-кратковременного режима работы произведена поверка имеющегося двигателя АИР80 при ПВ = 40 %, каталожная мощность которого равна 1,1 кВт [11].

Каталожные данные двигателя приводятся в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Каталожные данные двигателя перемещения моста.

Тип двигателя	$P_{\text{НОМ}}$, кВт	ПВ, %	$n_{\text{НОМ}}$, об/мин	η_n , %	$\cos\varphi$	M_{max} , Нм	$СД_{\text{д}}^2$, кгм ²	Пп/пн, А	Масса, кг
АИР80	1,1	40	1000	74	0,74	2,2	0,0048	2,89	20

Для дальнейших расчетов и построения механических характеристик паспортных данных двигателя недостаточно, поэтому произведем дополнительные расчеты.

Номинальная скорость вращения двигателя:

$$\omega_H = \frac{2\pi n_H}{60}; \quad (3.21)$$

$$\omega_H = \frac{2 * 3,14 * 100}{60} = 104,6 \text{ рад/с.}$$

Скорость холостого хода (идеальная):

$$\omega_{0H} = \frac{2\pi f}{2p}; \quad (3.22)$$

$$\omega_{0H} = \frac{2 * 3,14 * 50}{3} = 105 \text{ рад/с.}$$

Номинальное скольжение:

$$S_H = \frac{(\omega_{0H} - \omega_H)}{\omega_{0H}}; \quad (3.23)$$

$$S_H = \frac{(105 - 104,6)}{105} = 0,004$$

3.1.3 Определение передаточного числа и поверка редуктора.

Определение такого параметра редуктора, как передаточное число происходит посредством использования в расчетах номинальной скорости вращения выбранного двигателя и основной скорости движения главного исполнительного органа по следующей формуле:

$$U_p = \frac{\pi D n_H}{w_{OH} V_H}; \quad (3.24)$$

где D – диаметр основного колеса тележки крана, находящегося на выходном валу исследуемого редуктора и преобразующего вращательное движение вала в поступательное движение органа рабочей машины, м;

$n_{дв}$ – частота вращения вала электродвигателя, соединяемого с редуктором, об/мин.

$$U_p = \frac{3,14 * 0,32 * 1000}{60 * 0,64} = 25$$

Паспортные данные редуктора механизма передвижения моста приведены в таблице 3.2 [16].

Таблица 3.2 – Паспортные данные редуктора

Тип	Передаточное число
ТР1160.25	25

3.1.4 Приведение статических моментов к валу двигателя.

При проведении предварительных расчётов мощности требуемого электродвигателя по имеющимся техническим характеристикам рабочей машины были получены динамические и статические моменты рабочей машины.

По окончании выбора редуктора и двигателя, когда уже известны передаточное число выбранного редуктора, коэффициент полезного действия выбранного редуктора, моменты рабочей машины (статические), приведенные к валу основного электродвигателя, рассчитываются по следующей формуле:

$$M_{PC} = \frac{M_{рост}}{U_p} \quad (3.25)$$

Статический приведённый к валу двигателя момент для моста с грузом:

$$M_{PC} = \frac{1617,19}{25} = 64,69 \text{ Нм.}$$

Статический приведенный к валу двигателя момент для моста без груза:

$$M_{PC} = \frac{688,77}{3325} = 25,55 \text{ Нм.}$$

Статический момент в двигательном режиме (с грузом на валу):

$$M_{BC} = \frac{M_{PC}}{\eta_p}; \quad (3.26)$$

где η_p – КПД редуктора.

$$M_{BC} = \frac{64,69}{0,95} = 68,1 \text{ Нм.}$$

Статический момент в двигательном режиме (без груза на валу):

$$M_{BC} = \frac{27,55}{0,95} = 29 \text{ Нм.}$$

В момент работы электропривода в тормозных режимах механические потери в редукторе способствуют уменьшению нагрузки на электропривод, при этом моменты на валу двигателя определяются по формуле:

$$M_{BCT} = M_{PC} \eta_p \quad (3.27)$$

Статический момент на валу двигателя в тормозном режиме (движение с грузом):

$$M_{BCT} = 64,69 * 0,95 = 61,45 \text{ Нм.}$$

Статический момент на валу двигателя в тормозном режиме (движение без груза):

$$M_{BCT} = 64,96 * 0,95 = 26,17 \text{ Нм.}$$

Статические приведенные моменты системы электрический привод – рабочая машина должны быть рассчитаны для каждого рабочего участка с учетом режима работы электродвигателя по следующей формуле:

$$M_c = M_{BC} \pm M_{XX}; \quad (3.28)$$

где M_{XX} – момент холостого хода.

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

$$M_{XX} = \frac{P_{XX}}{w_{0H}} \quad (3.29)$$

$$M_{XX} = \frac{220}{105} = 2,1 \text{ Нм.}$$

Тогда в двигательном режиме.
с грузом:

$$M_{CD} = 68,1 + 2,1 = 70,2 \text{ Нм.}$$

Без груза:

$$M_{CD} = 29 + 2,1 = 31,1 \text{ Нм.}$$

В тормозном режиме.
с грузом:

$$M_{CD} = 61,45 - 2,1 = 59,35 \text{ Нм.}$$

Без груза:

$$M_{CD} = 26,17 - 2,1 = 24,07 \text{ Нм.}$$

3.1.5 Приведение моментов инерции к валу двигателя.

Конечный момент инерции системы, приведенный к валу двигателя, может быть рассчитан по следующей формуле:

$$J = \delta J_D + J_{PP}; \quad (3.30)$$

где J_D – момент инерции ротора электрического двигателя;

$\delta=1,2$ – коэффициент, который учитывает момент инерции остальных элементов электрического привода;

J_{PP} – Суммарный момент инерции, приведенный к валу двигателя, движущихся органов рабочей машины и связанных с ним движущихся масс.

$$J_{PP} = \frac{J_{PO}}{U_p^2} \quad (3.31)$$

С грузом:

$$J_{PP} = \frac{335,5}{25^2} = 0,57 \text{ кг * м}^2$$

$$J = 1,2 * 0,11 + 0,57 = 0,632 \text{ кг * м}^2.$$

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

Без груза:

$$J_{\text{ПР}} = \frac{151,95}{25^2} = 0,23 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$J = 1,2 + 0,11 + 0,23 = 0,31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Необходимо определить пусковые моменты M_n и тормозные M_t моменты двигателя, при которых обеспечивается возможность разгона и торможения электропривода с заданным допустимым ускорением:

$$M_{\text{дин}} = J \frac{2aU_p}{D} \quad (3.32)$$

С грузом:

$$M_{\text{дин}} = 0,632 \frac{2 * 0,4 * 25}{0,64} = 39,8 \text{ Нм.}$$

Без груза:

$$M_{\text{дин}} = 0,31 \frac{2 * 0,4 * 25}{0,64} = 38,64 \text{ Нм.}$$

Рассчитываем пусковые моменты:

$$M_n = M_c + M_{\text{дин}} \quad (3.33)$$

Рассчитываем тормозные моменты:

$$[M_m] = [M_{\text{дин}}] - M_c \quad (3.34)$$

Для моста с грузом:

$$M_n = 35,1 + 39,8 = 74,9 \text{ Нм.}$$

$$[M_m] = 39,8 - 12,035 = 7,2 \text{ Нм.}$$

Для моста без груза:

$$M_n = 19,32 + 15,55 = 34,87 \text{ Нм.}$$

$$[M_m] = 19,32 - 12,035 = 7,2 \text{ Нм.}$$

Результаты расчетов записываем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты расчетов сведение в таблицу

Параметр	Размерность	С грузом	Без груза
M_{pc}	Нм	32,3	13,7
M_{bc}	Нм	34,05	14,5
$M_{вст}$	Нм	30,7	13,08
J	КГ*М ²	0,63	0,31
$M_{дин}$	Нм	39,8	34,87
$M_{п}$	Нм	74,8	34,87
$M_{т}$	Нм	9,9	7,2

3.2 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности

Используя, рассчитанные выше, значения пусковых и тормозных моментов, скоростей установившихся режимов и возможности выбранной схемы управления двигателем, рассчитаем:

Время переходных процессов:

$$t_{пп} = J \frac{\omega_c}{M_{cp} - M_{bc}} \quad (3.35)$$

С грузом:

$$t_n = t_{пп} = 1,27 \frac{100}{74,89 - 34,05} = 0,77c.$$

Без груза:

$$t_n = t_{пп} = 0,62 \frac{100}{34,87 - 14,5} = 0,77c.$$

Угол поворота вала двигателя за время переходного процесса:

$$a_{дв} = \frac{\omega_c t_{ппа}}{2} \quad (3.36)$$

С грузом:

$$a_n = a_m = \frac{100 * 0.77}{2} = 38,5 \text{ рад/с.}$$

Без груза:

$$a_n = a_m = \frac{100 * 0.77}{2} = 38,5 \text{ рад/с.}$$

Время работы с установившейся скоростью:

$$t_y = \frac{a - (a_{\Pi} + a_T)}{w_c}; \quad (3.37)$$

$$a = \frac{2Lu_p}{D}; \quad (3.38)$$

$$a = 2.25 * \frac{25}{0.32} = 1953.1 \text{ рад.}$$

С грузом:

$$t_y = \frac{1953,1 * (38,75 + 38,75)}{100} = 18.75 \text{ с.}$$

Без груза:

$$t_y = \frac{1953,1 * (38,75 + 38,75)}{100} = 18.75 \text{ с.}$$

Найдем угол поворота вала двигателя соответствующий величине перемещения в установившемся режиме:

$$a_y = a_{\Sigma} - (a_n + a_m) \quad (3.39)$$

Для механизма передвижения моста в грузовом и порожнем режиме:

$$a_y = 1953,1 - (38,8 + 38,8) = 1875,5 \text{ рад.}$$

Предварительную проверку двигателя по нагреву осуществляется по величине среднеквадратичного момента:

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 * t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{\text{ДОП}}; \quad (3.40)$$

$$M_{\text{СРКВ}} = 28,05 \text{ Нм.}$$

Допустимый момент по нагреву:

$$M_{\text{ДОП}} = k M_{\text{КАТ}} N \sqrt{\frac{ПВ_{\text{кат}}}{ПВ_{\Phi}}}; \quad (3.41)$$

$$M_{\text{доп}} = 0,4 * 37,32 * \sqrt{\frac{25}{18}} = 52,8 \text{ Нм.}$$

Для асинхронных двигателей, метод эквивалентного момента дает значительные погрешности. Для этих двигателей следует величину допустимого по нагреву момента $M_{\text{доп}}$ снижать на 15-20% (коэффициент k).

Двигатель подходит по условиям нагрева т.к. $M_{\text{доп}} > M_{\text{срkv}}$.

В таблице 3.4 представлены результаты по предварительной проверки двигателя по нагреву и производительности.

Таблица 3.4 – результаты предварительной проверки двигателя по нагреву и производительности

Параметр	Размерность	Величина	
		С грузом	Без груза
$t_{\text{пп}}$	С	0,77	0,77
t_v	С	18,73	18,73
$a_{\text{п}}$	Рад	38,5	38,5
$a_{\text{т}}$	Рад	38,5	38,5
$a_{\text{дв}}$	Рад	1953,1	
$M_{\text{кат}}$	Н*м	37,32	
$M_{\text{срkv}}$	Н*м	28,05	
$M_{\text{доп}}$	Н*м	52,8	

Искусственная механическая характеристика двигателя представлена на рисунке 3.1.

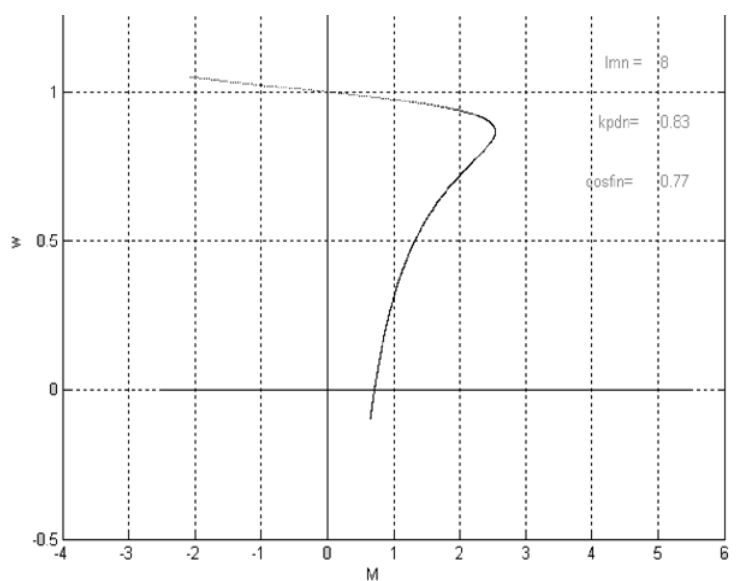


Рисунок 3.1 – Искусственная механическая характеристика

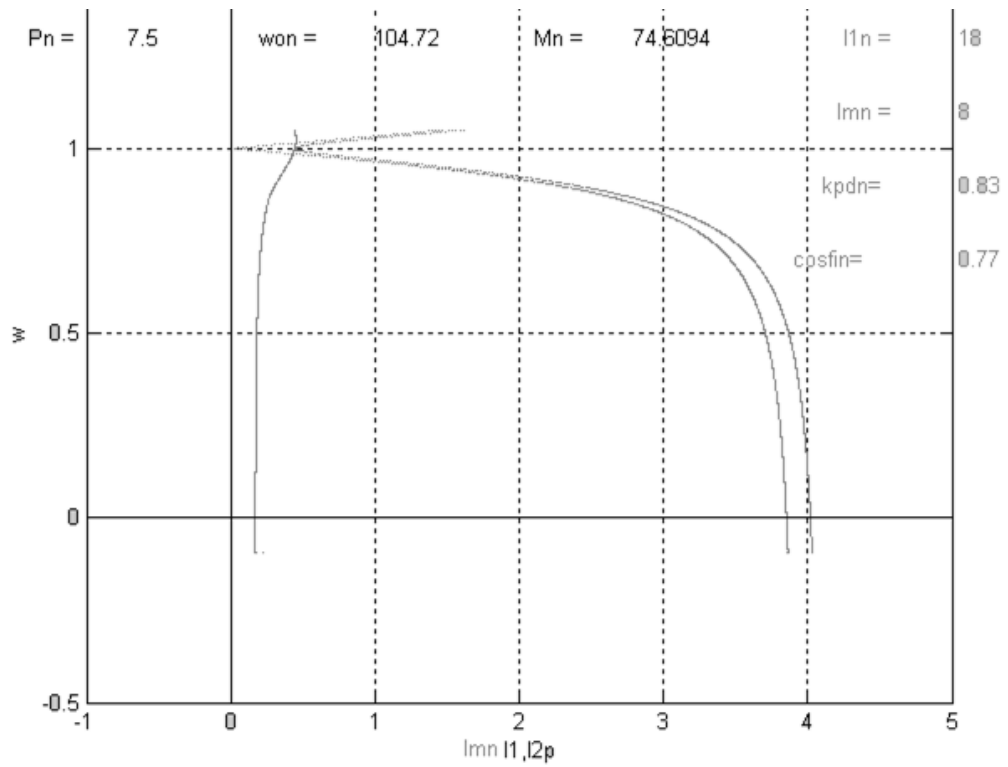


Рисунок 3.2 – Искусственные электромеханические характеристики двигателя.

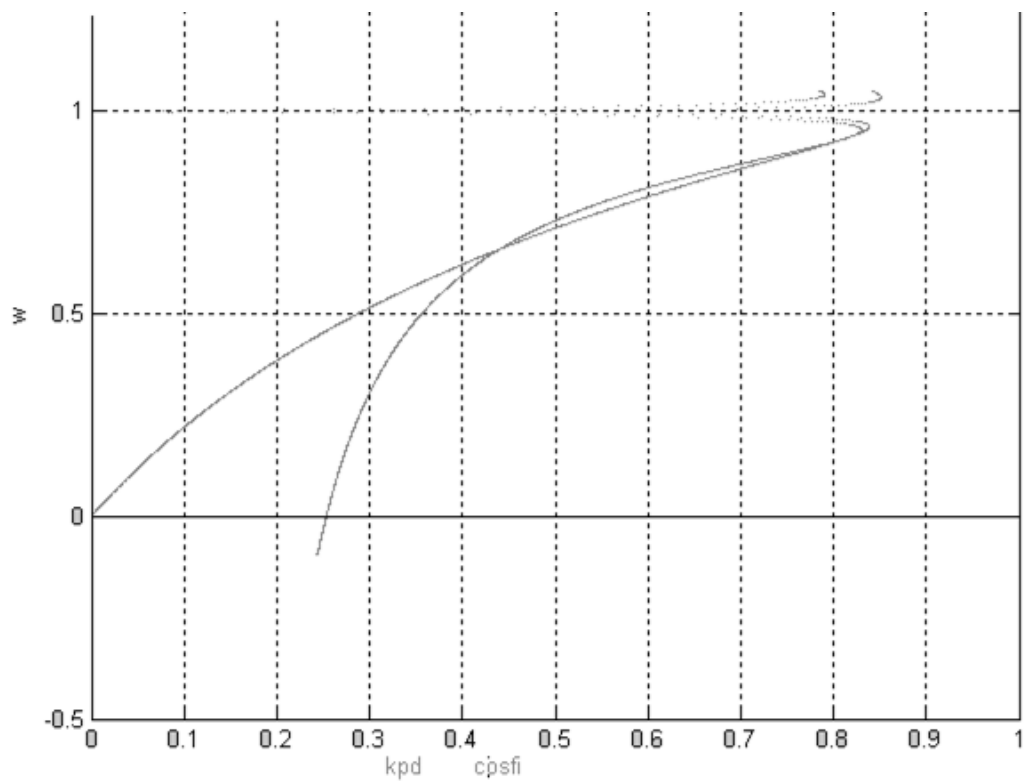


Рисунок 3.3 – Энергетические характеристики двигателя

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

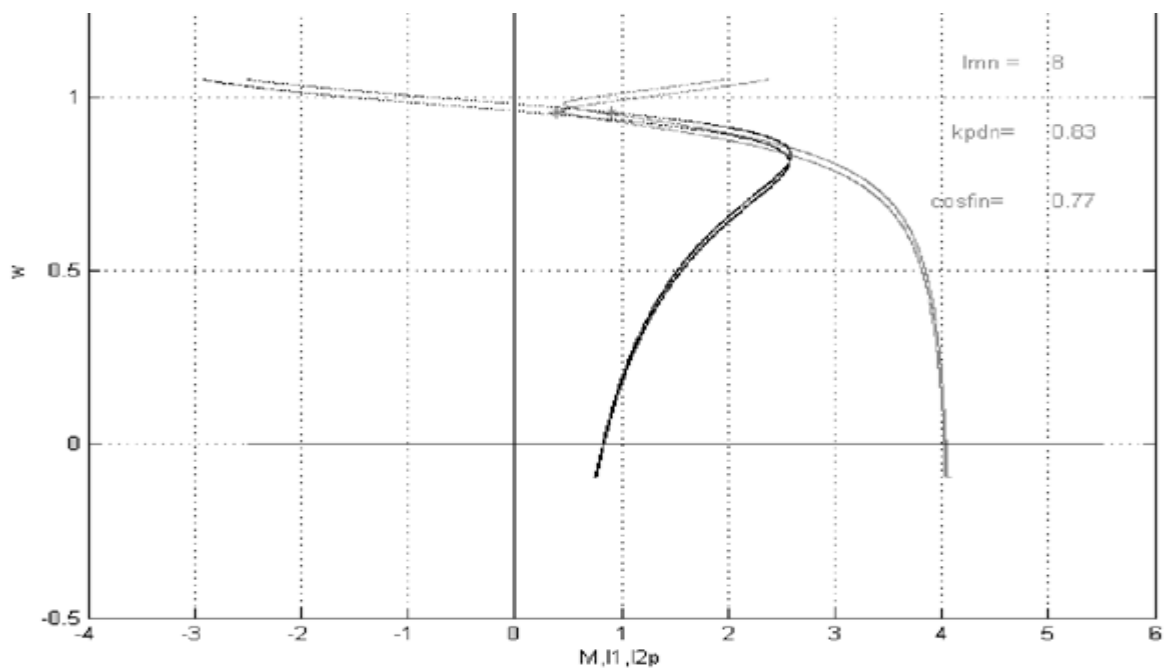


Рисунок 3.4 – Механические и электромеханические характеристики двигателя для грузового и порожнего режимов

Вывод по разделу три

На основании расчета выбран двигатель АИР 80 и проверен по нагреву. Был выбран редуктор ТР1160.25.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

4.1 Выбор типа электропривода.

4.1.2 Способ регулирования электропривода

Управление передвижением мостового крана осуществляется с помощью релейно-контакторной системы управления. Данный вид управления является не эффективным так как перегрузка элементов кинематической системы вследствие ударных динамических моментов, является основной причиной быстрого износа механической части кранового оборудования. Так же следует учесть тот факт, что при данной системе управления ударные моменты негативно сказываются на редукторах которые регулярно выходят из строя, поэтому необходимо постоянно иметь в запасе широкую номенклатуру запасных частей. Из за данного вида поломок происходит простой оборудования который сказывается на производительности.

Асинхронный двигатель является наиболее массовым электрическим двигателем. Эти двигатели выпускаются мощностью от 0,1кВт до нескольких тысяч киловатт и находят применение во всех отраслях хозяйства. Основным достоинством асинхронного двигателя является простота его конструкции и невысокая стоимость. Однако по принципу своего действия асинхронный двигатель в обычной схеме включения не допускает регулирования скорости его вращения. Особое внимание следует обратить на то, что во избежание значительных потерь энергии, а, следовательно, для короткозамкнутых асинхронных двигателей во избежание перегрева его ротора, двигатель должен работать в длительном режиме с минимальными значениями скольжения.

Скорость вращения поля статора определяется двумя параметрами частотой напряжения, подводимого к обмоткам статора, и числом пар полюсов двигателя. В соответствии с этим возможен способ регулирования скорости изменение частоты питающего напряжения посредством преобразователей частоты.

В настоящее время благодаря развитию силовой преобразовательной техники созданы и серийно выпускаются различные виды полупроводниковых преобразователей частоты, что определило опережающее развитие и широкое применение частотно-регулируемого асинхронного электропривода. Основными достоинствами этой системы регулируемого электропривода являются:

- плавность регулирования и высокая жесткость механических характеристик, что позволяет регулировать скорость в широком диапазоне;
- экономичность регулирования, определяемая тем, что двигатель работает с малыми величинами абсолютного скольжения, и потери в двигателе не превышают номинальных.

4.1.3 Выбор системы управления мостового крана

Асинхронный электропривод с частотным регулированием скорости дает возможность частотного регулирования скорости асинхронного двигателя регулирование путем изменения частоты питающего напряжения вытекает из того обстоятельства, что скорость вращения электромагнитного поля статора пропорциональна частоте питающего напряжения.

									Лист
									37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

Следует также учесть, что поскольку с изменением частоты питающего напряжения изменяется и величина потока двигателя, то в большинстве случаев одновременно с изменением частоты питающего напряжения необходимо регулировать и его амплитуду. Необходимость регулирования напряжения при уменьшении частоты вниз от номинальной связана с тем, что из-за уменьшения индивидуального сопротивления обмоток двигателя ток намагничивания будет возрастать, что приведет к насыщению магнитопровода двигателя и его перегреву. Регулирование напряжения следует производить таким образом, чтобы скольжение двигателя было минимальным [9].

Для реализации способа частотного регулирования асинхронный короткозамкнутый двигатель включается в питающую сеть с параметрами U_n и f_c через преобразователь частоты UF . В качестве преобразователя частоты в настоящее время используются полупроводниковые преобразователи. На рисунке 4.1 представлена схема включения асинхронного двигателя с питанием от преобразователя частоты.

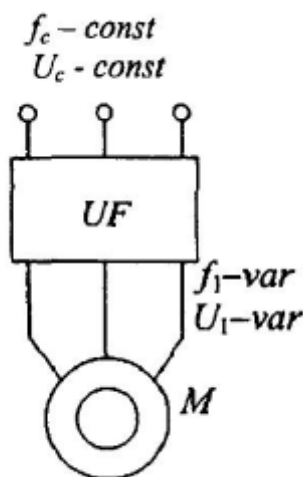


Рисунок 4.1 – Схема включения асинхронного двигателя с питанием от преобразователя частоты

При частотном регулировании величина относительного скольжения зависит как от разности скоростей вращающегося электромагнитного поля ротора абсолютного скольжения так и от относительного значения частоты питающего напряжения.

Для анализа электромеханических характеристик двигателя при частотном регулировании рассмотрим T образную схему замещения представленную на рисунке 4.2.

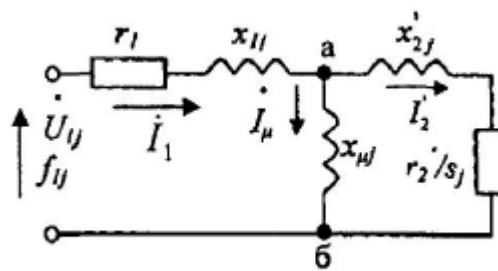


Рисунок 4.2 – Схема замещения

В данном случае приходится учитывать, что реактивные сопротивления двигателя зависят от частоты питающего напряжения и изменяются с изменением частоты.

В связи с этим нужно заметить, что при номинальной частоте 50 Гц индуктивное сопротивление контура намагничивания $x_{\mu n}$ на порядок или на два порядка больше, чем активное сопротивление обмотки статора r_1 .

Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном регулировании представлены на рисунке 4.3.

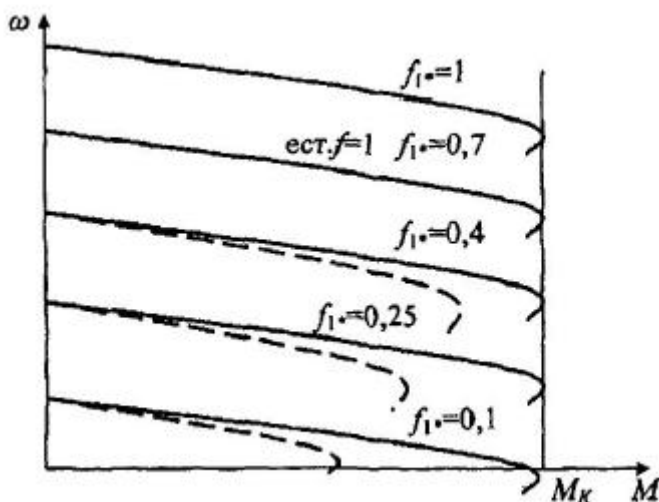


Рисунок 4.3 – Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном регулировании

Механические характеристики, соответствующие частотному регулированию при $r_1=0$ показаны сплошными линиями. В действительности при малых значениях частоты $f_1 < 0,3$ падение напряжения на сопротивлении r_1 существенно снижает величину напряжения, прикладываемаемого к контуру намагничивания.

Падение напряжения на индуктивном сопротивлении x_1 уменьшается с уменьшением частоты и поэтому не оказывает такого влияния на напряжение $U_{аб}$, как падение напряжения на активном сопротивлении r_1 механические характеристики имеют вид, показанный на рисунке 4.3. При малых значениях частоты, когда относительное значение падения напряжения на сопротивлении r_1 становится значимым, поток двигателя уменьшается и соответственно уменьшается максимальный момент.

Поэтому для того что бы регулировать скорость двигателя, сохраняя максимальный момент двигателя постоянным, нужно величину напряжения уменьшать в меньшей степени, чем уменьшается частота, в соотношении:

$$U_1 = U_{1н}f_{1*} + I_{1н}r_1(1 - f_{1*})$$

Такой способ регулирования напряжения называют пропорциональное регулирование с I_r компенсацией. Зависимость $U_{1*} = f(f_{1*})$ показана рисунке 4.4.

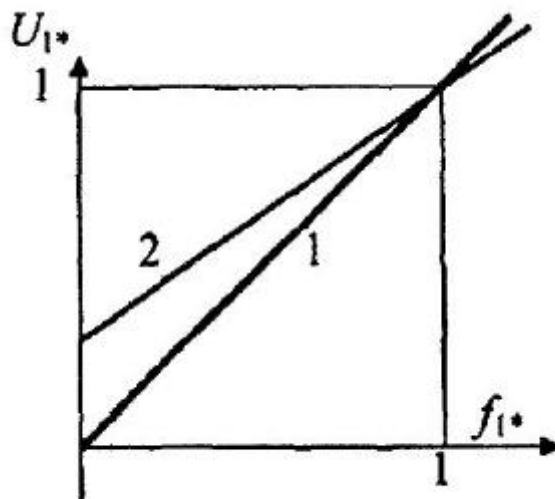


Рисунок 4.4 – Зависимость величины напряжения питания от частоты

Где; 1 - $U_{1*} = f(f_{1*})$;

2 - $U_1 = U_{1н}f_{1*} + I_{1н}r_1(1 - f_{1*})$.

Поскольку с увеличением частоты скорость двигателя увеличивается, то длительно допустимая мощность на валу двигателя остается примерно постоянной. Поэтому регулирование повышением частоты сверх номинального при сохранении постоянства напряжения относят к регулированию с постоянством мощности. Механические характеристики приведены на рисунке 4.5.

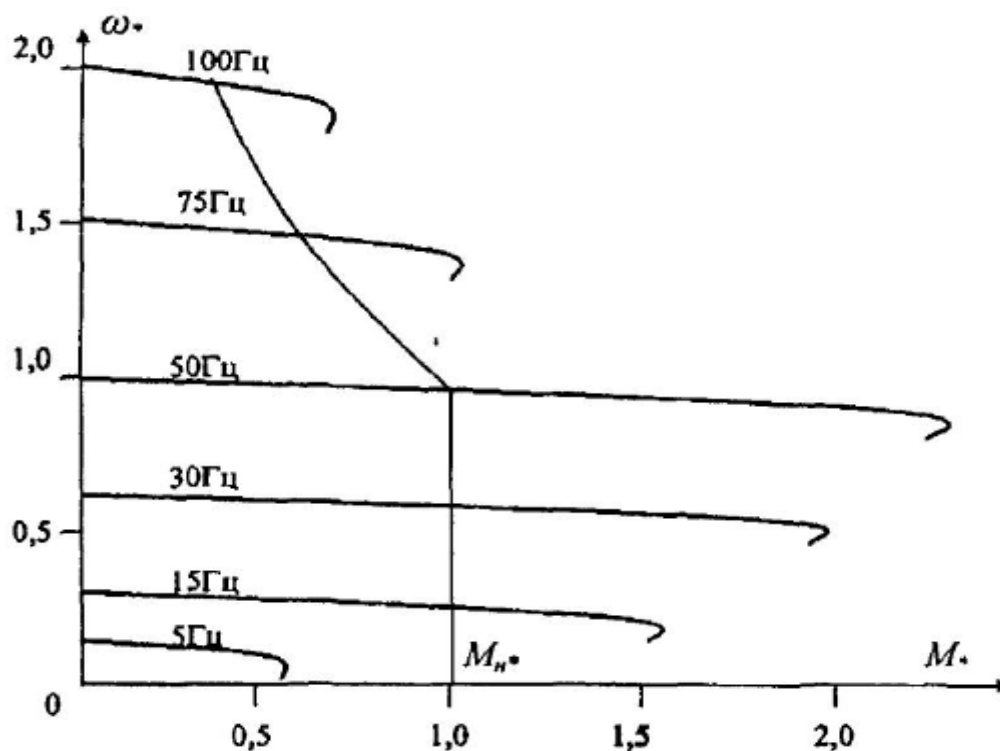


Рисунок 4.5 – Механические характеристики при частотном регулировании

4.1.4 Частотная система управления приводом

Асинхронные регулируемые электроприводы переменного тока обычно строятся на базе асинхронных двигателей с коротко - замкнутым ротором с частотным управлением. При этом в качестве источников питания применяются полупроводниковые преобразователи частоты, работающие в режиме источника напряжения или источника тока.

Целесообразный способ управления двигателем зависит от технических требований к системе электропривода. Структурная схема автоматизированного привода приведена на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 – Структурная схема автоматизированного привода

Исходя из этого, можно остановить свой выбор на системе преобразователь частоты - асинхронный двигатель. Данная система полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к системе.

Выбор частотного преобразователя будет являться правильным при соблюдении следующего условия: нагрузка на валу будет статичной, ток не будет превышать установленное значение, как для выбранного электродвигателя, так и для частотного преобразователя. Поэтому наиболее правильным принято считать выбор по максимальному значению потребляемого двигателем тока от частотного преобразователя с учетом максимальной перегрузочной способности последнего.

Выбор преобразователя осуществляется на основании номинальных данных предварительно выбранного двигателя:

$$U_{\text{нпч}} \geq U_{\text{нл}}$$

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{\text{н1}}$$

где $U_{\text{нл}}$, $I_{\text{н1}}$ – соответственно номинальные линейное напряжение и фазный ток статора двигателя;

$U_{\text{нпч}}$, $I_{\text{нпч}}$ – соответственно номинальные линейное напряжение и ток нагрузки преобразователя частоты.

Диапазон изменения выходной частоты преобразователя должен быть не менее требуемого диапазона изменения частоты питания двигателя. Преобразователь допускает работу двигателя при номинальной скорости с двукратным током нагрузки.

Частотный – регулируемый привод АП-140-А. Серии для управления общепромышленными асинхронными двигателями мощностью от 5,5-500 кВт, модель ОК75.

Структурная схема преобразователя представлена на рисунке 4.7.

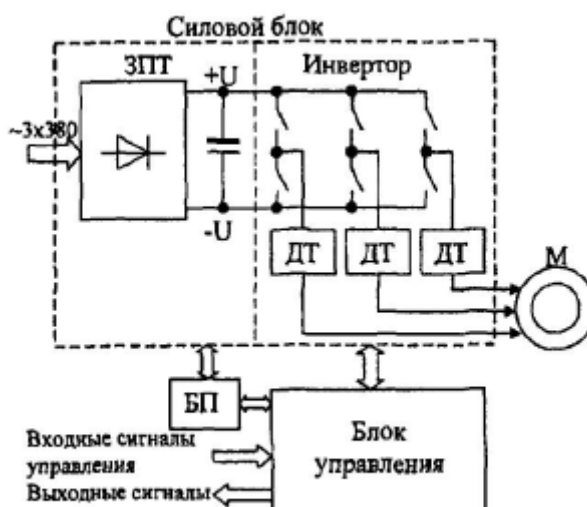


Рисунок 4.7 – Структурная схема преобразователей частоты АП-140

Преобразователь состоит из трех основных частей: неуправляемого выпрямителя с фильтром в цепи постоянного тока ЗПТ рисунок 4.8., мостового трехфазного инвертора, выполнено на IGBT приборах рисунок 4.9 и системы управления.

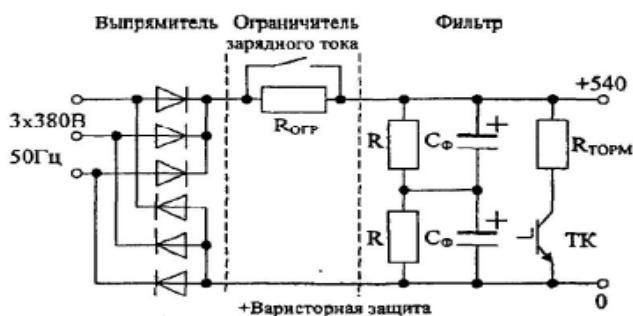


Рисунок 4.8 –Звено постоянного тока ЗПТ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

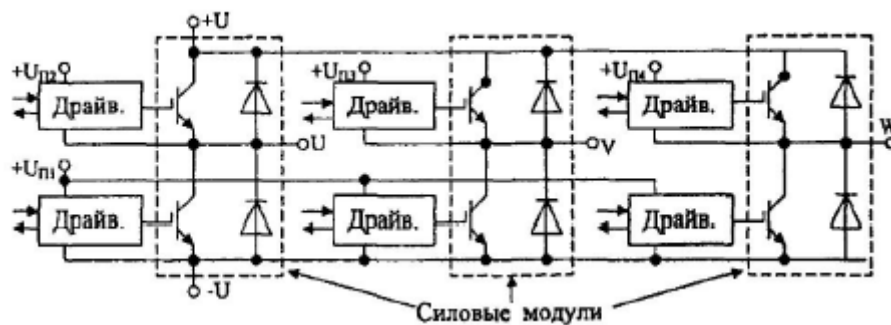


Рисунок 4.9 – Схема мостового трехфазного инвертора

Преимуществом частотной системы управления является снижение ударных нагрузок на механизмы передвижения, а так же сокращения критических нагрузок.

4.2 Описание электропривода

Электропривод АП-140. Инвертор посредством ШИМ-управления транзисторными ключами преобразует постоянное напряжение в переменное квазисинусоидальное регулируемой частоты f и амплитуды U . Через цепь постоянного тока передается активная мощность из сети к двигателю. Для циркуляции реактивной мощности, которая необходима для создания электромагнитного поля асинхронного двигателя, образуется цепь обмотки статора двигателя - обратные диоды, шунтирующие транзисторные ключи-конденсаторы фильтра. При заперении ключей индуктивные токи замыкаются через диоды на емкость фильтра, не вызывая перенапряжений.

Транзисторные ключи управляются драйверами, которые осуществляют гальваническую развязку силовых цепей от цепей управления и защиту транзисторов. Блок микропроцессорного управления включает в себя (рисунок 4.10), программируемый контроллер, аналого-цифровые преобразователи и пульт управления. Контроллер осуществляет широтно-импульсную модуляцию выходного напряжения преобразователя с функциональной зависимостью амплитуды напряжения от частоты $U=A+Bf$ (рисунок 4.11).



Рисунок 4.10 – Блок управления электропривода АП-140

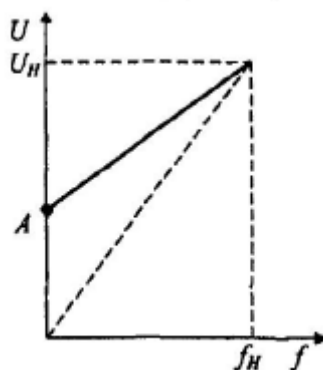


Рисунок 4.11 – Зависимость величины напряжения от частоты преобразователя

Коэффициенты А и В программируются. В Контроллере может быть программно реализован ПИД-регулятор технологического параметра который должен контролировать регулируемый электропривод. Сигналы обратной связи по этому параметру вводятся в контроллер через АЦП.

Все параметры, связанные с управлением приводом, заносятся в память контроллера с помощью программирующего устройства или персонального компьютера ПК.

При необходимости преобразователь может обеспечивать тормозной режим работы электропривода. Для этого в цепи постоянного тока предусмотрены транзисторный ключ ТК и разрядное сопротивление. Энергия торможения двигателя накапливается на конденсаторе фильтра, вызывая на нем повышение напряжения. Когда напряжение на конденсаторе фильтра достигнет определенной величины, открывается ключ ТК и избыток заряда конденсатора сбрасывается в тормозное сопротивление. Сопротивление $R_{огр}$ в цепи постоянного тока служит для ограничения тока заряда емкости фильтра при включении преобразователя в сеть.

При дальнейшей работе сопротивление $R_{огр}$ шунтируется.

Устройство АП-140 имеет следующие защиты:

- от перенапряжений по питанию;
- от повышения напряжения питания;
- от понижения напряжения питания;
- от короткого замыкания в нагрузке;
- от короткого замыкания фазы на землю
- от перегрева двигателя;
- от перегрузки;
- от ошибок управления.

В таблице 4.2 представлены характеристики основных способов управления электродвигателями используемых в частотных преобразователях.

Таблица 4.2 – Характеристики основных способов управления электродвигателями используемых в частотных преобразователях.

Метод управления электродвигателем		Диапазон регулирования скорости	Погрешность скорости, %	Время нарастания момента	Пусковой момент	Цена	Стандартные применения	
Скалярный		1:10	5-10	Не до-до-ступно	Низ-кий	Очень низ-кая	Насосы, компрессо-ры, вентиля-ция	
Векторный	Линейный	Полеорентиро-ванное управле-ние	>1:2 00	0	<1-2	Высо-кий	Высокопро-изводитель-ные: краны, лифты, транспорт и т.д.	
		Прямое управ-ление с ПЧМ	>1:2 00	0	<1-2	Высо-кий		
	Нелинейный	Прямое управ-ление моментом с таблицей включения	>1:2 00	0	<1	Высо-кий		Высо-кая
		Прямое само-управление	>1:2 00	0	<1-2	Высо-кий		Высо-кая

На рисунке 4.12 представлена временная диаграмма работы частотной схемы управления.

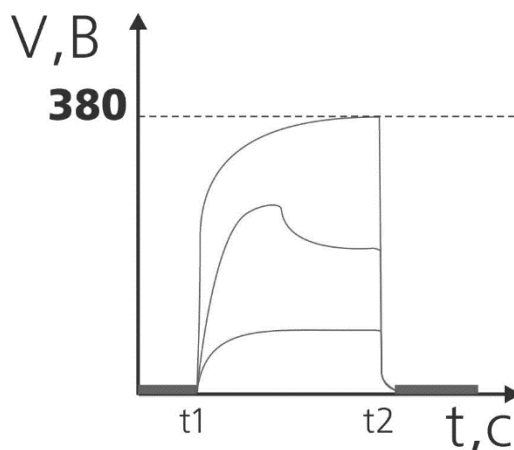


Рисунок 4.12 – Временная диаграмма работы частотной схемы управления.

Современный преобразователь частоты имеет компактное исполнение, пыле и влагозащищённый корпус, удобный интерфейс, что позволяет применять его в самых сложных условиях и проблемных средах. Диапазон мощности весьма широк и составляет от 0,4 до 500 кВт и более при стандартном питании 220/380 В и 50-60 Гц.

В наиболее распространённом частотно-регулируемом приводе на основе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором применяются скалярное и векторное управление. Скалярное управление строится на принципе постоянства отношения выходного напряжения преобразователя к его выходной частоте. То есть при изменении частоты амплитуда напряжения изменяется таким образом, что отношение максимального момента двигателя к текущему моменту нагрузки остается неизменным. Это отношение называется перегрузочная способность двигателя. Важным достоинством скалярного метода является возможность одновременного управления группой электродвигателей. Векторное управление, в свою очередь, позволяет существенно повысить точность поддержания выходной частоты, точность регулирования по скорости, а также точность поддержания момента.

Так же отличительной особенностью векторного регулирования является возможность управлять моментом на валу электродвигателя при его работе на частотах близких к нулю.

Рассматриваем преобразователь частоты фирмы Schneider Electric ATV320, технические характеристики которого представлены в таблице 4.2.

Преобразователь частоты состоит из клемм управления для подключения 1, порта связи для доступа к встроенным интерфейсам 2, силовых клемм для подключения нагрузки и защитной крышки 4 так же на крышке предусмотрена наклейка с монтажной схемой.

Общий вид преобразователя частоты представлен на рисунке 4.13.



Рисунок 4.13 - Общий вид преобразователя частоты Schneider Electric

Составим функциональную схему для привода передвижения моста крана с частотным преобразователем которая изображена на рисунке 4.2.

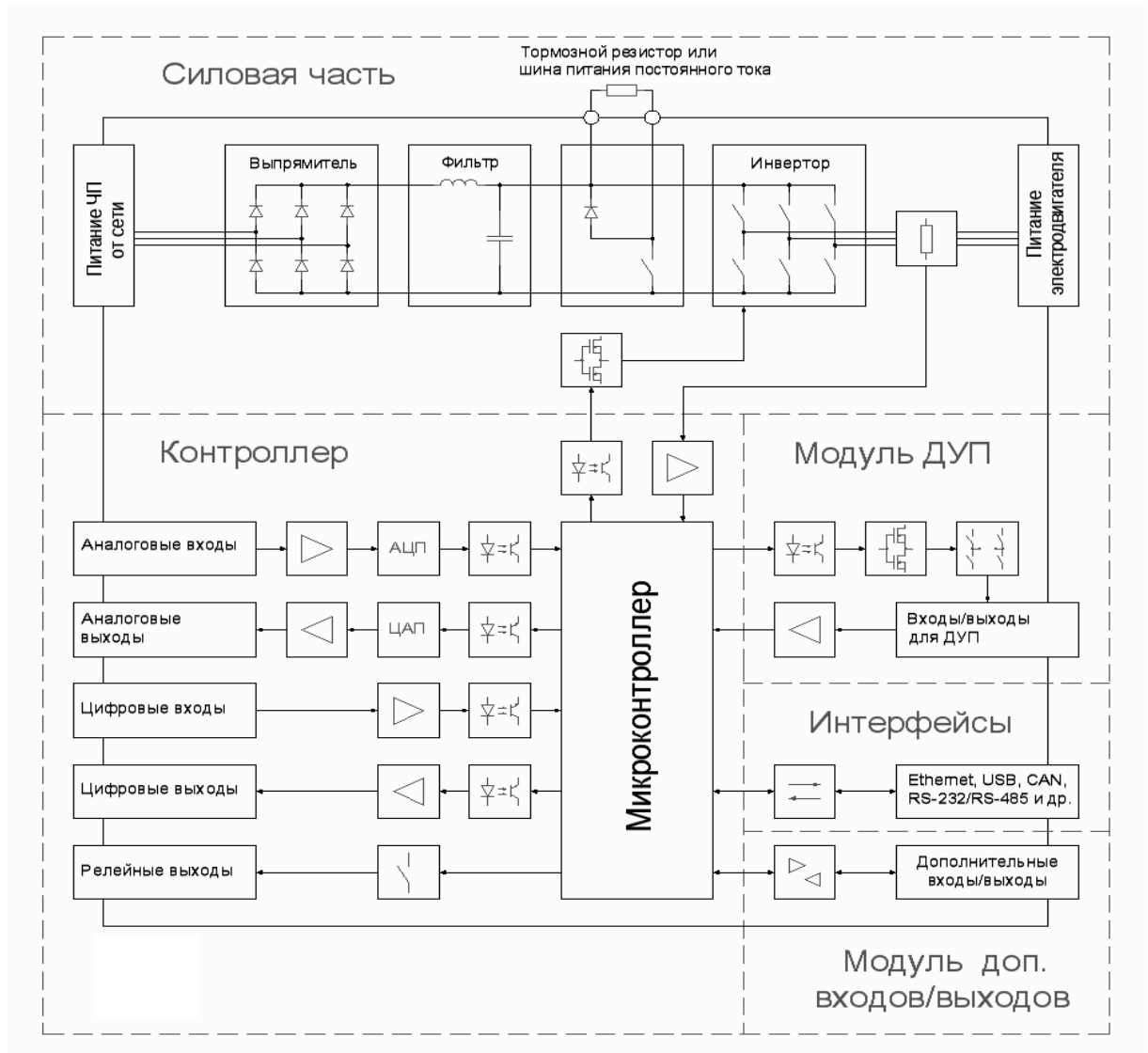
Основными элементами частотного преобразователя являются силовая часть (преобразователь электрической энергии) и управляющее устройство (контроллер). Современные частотные преобразователи обычно имеют модульную структуру, что позволяет расширять возможности устройства. Также зачастую имеется возможность установки дополнительных интерфейсных модулей и модулей расширения каналов ввода/вывода. Функциональная схема частотного преобразователя представлена на рисунке 4.14.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР

Лист

48



Обозначения:

- | | | | | |
|--|--|------------------------------------|--|------------------------------------|
| | | - усилители | | - инвертор |
| | | - развязка и согласование сигналов | | - реле |
| | | - развязка сигналов | | - контроллер интерфейса |
| | | - датчики тока | | - аналого-цифровой преобразователь |
| | | - драйверы | | - цифро-аналоговый преобразователь |

ЧП - частотный преобразователь

ДУП - датчик угла поворота

Рисунок 4.14 – Функциональная схема частотного преобразователя.

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

Таблица 4.2 - Технические характеристики частотного преобразователя

Параметр	Значение
Тип продукта	Привод с регулируемой частотой вращения
Назначение продукта	Асинхронные двигатели
Фильтр помех	Без фильтра
Степень защиты IP	IP20
Число фаз	3 фазы
Ток, А	11
Максимальный проходной ток, А	20,6 в течении 60с.
Диапазон мощности, кВт	3
Выходная частота, Гц	0,1...599
Функции защиты	STO(безопасное выключение крутящего момента) SLS(безопасная ограниченная скорость) SS1(безопасная остановка)
Протокол обмена данными	CANopen
Диапазон скоростей	1...100
Точность скоростей	+/-10%
Точность момента	+/-15%
Контур регулирования	Настраиваемый ПИД регулятор
Торможение до остановки	Подачей постоянного тока
Скорость передачи кб/с	4,8, 9,6, 19,2, 38,4 кб/с для Modbus 50 kbps, 125 kbps, 250 kbps, 500 kbps, 1 Mbps для CANopen
Количество адресов	1...127 для CANopen 1...247 для Modbus
Ширина, мм	140
Высота, мм	184
Глубина, мм	158
Вес, кг	2,2
Количество дискретных выходов	7
Изоляция	Между зажимами питания и управления
Уровень шума, дБ	52

Применение преобразователя частоты обеспечивает основные требования, которые предъявляются к электрическому приводу в соответствии с заданным технологическим процессом:

- абсолютная электрозащита двигателя от вероятных перегрузок по току, обрыва фаз, перегрева, и утечек электрического тока на землю;
- отсутствие пусковых токов, динамических ударов и плавную остановку электродвигателя, а также возможность изменения направления вращения;

- регулирование скорости вращения электрического двигателя (плавное) от нуля до номинального значения в тех технологических процессах, где ранее регулировки параметров не было;
- сниженное электропотребление за счет оптимального управления электрическим двигателем в зависимости от типа и характера нагрузки;
- одновременное управление несколькими электрическими двигателями от одного ПЧ;
- повышение долговечности и надежности работы промышленного оборудования, упрощение и удешевление его технического обслуживания.

Вывод по разделу четыре

На основе анализа выбрал регулируемый привод на базе частотного преобразователя Schneider Electric ATV320 .

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

5 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В экономической части выпускной квалификационной работы, рассмотрим затраты на ввод нового оборудования и сроки его окупаемости.

В таблице 5.1 рассмотрены цены на существующее оборудование.

Таблица 5.1– Стоимость на существующее оборудование.

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Двигатель АИР80	2	6500	13000
Редуктор ТР160.	2	48900	97800
Итого			110800

Рассмотрим стоимость нового оборудования, которое представлено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Стоимость нового оборудования.

Наименование	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Стоимость, руб.
Частотный преобразователь Schneider Electric ATV320	1	28700	28700
Итого			28700

Текущие затраты на годовой объем работ при имеющемся варианте:

$$S_1 = C_1 * S_{p1} + C_1 * S_{a1}; \quad (5.1)$$

где S_{p1} - затраты на текущий ремонт и содержание оборудования, 5% от стоимости оборудования;

S_{p2} - норма годовых амортизационных отчислений, 14%.

$$S_1 = 110800 \cdot 0,05 + 110800 \cdot 0,14 = 21052 \text{ руб / год.}$$

Текущие затраты на годовой объем работ при новом варианте:

$$S_1 = C_2 * S_{p2} + C_2 * S_{a2}; \quad (5.2)$$

где S_{p2} - затраты на текущий ремонт и содержание оборудования, 2% от стоимости оборудования;

S_{a2} - норма годовых амортизационных отчислений, 11%.

$$S2 = 28700 \cdot 0,02 + 28700 \cdot 0,11 = 3731 \text{ руб / год.}$$

4.2 Расчет дополнительных капитальных вложений

Дополнительные капитальные вложения при имеющемся варианте:

$$K1 = C1 * K_{oc1} \quad (5.3)$$

где K_{oc1} - дополнительные капитальные затраты на основные средства с учетом затрат на их транспортировку, монтаж и ввод в действие, в размере 10% от затрат на основное оборудование.

$$K1 = 110800 \cdot 1,1 = 121880 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения при новом варианте:

$$K2 = C2 * K_{oc2} \quad (5.4)$$

где K_2 - дополнительные капитальные затраты на основные средства с учетом затрат на их транспортировку, монтаж и ввод в действие, в размере 10% от затрат на основное оборудование.

$$K2 = 28700 \cdot 1,1 = 31570 \text{ руб.}$$

Дополнительные капитальные вложения по предлагаемому варианту:

$$\Delta K = K2 - K1 \quad (5.5)$$

$$\Delta K = 31570 - 121880 = -90310 \text{ руб.}$$

4.3 Годовой экономический эффект и сроки окупаемости

Годовой экономический эффект от применения модернизированной конструкции:

$$\mathcal{E}_r = (S1 - S2) - E_H \Delta K \quad (5.6)$$

где E_H - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений, который равен 0,15.

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

$$\mathcal{E}_r = (21052 - 3731) + 90310 \cdot 0,15 = 30867,5 \text{ руб/год.}$$

Срок окупаемости оборудования:

$$T_{\text{ок.}} = \frac{\Delta K}{\mathcal{E}_r}, \quad (5.7)$$

$$T_{\text{ок.}} = \frac{90310}{30867,5} = 2,9 \text{ года.}$$

Сравнительные экономические показатели модернизации в сравнение с существующей системой представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Сравнительный экономический анализ модернизации

Показатель	Размерность	Используемый вариант	Проектный вариант
Общая стоимость оборудования	руб.	110800	28700
Текущие затраты на годовой объем работ	руб.	21052	3731
Дополнительные капитальные вложения	руб.	121800	31570
Годовой экономический эффект	руб.	30867,5	
Срок окупаемости	лет	2,9	

Вывод по разделу пять

В результате модернизации получили положительный годовой экономический эффект, который составил 30867,5 рублей, а срок окупаемости 2,9 года.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1 Краткое описание производственного участка

Производство ЗЗБО состоит из двенадцати производственных цехов (общая площадь цехов более 22 000 м²), включает в себя современное технологическое оборудование обрабатывающие центры ЧПУ-автоматы, сварочные посты полуавтоматы, установка ЧПУ плазменной резки, ЧПУ гильотины и станки гибки, ленточные пилы ЧПУ. На производстве располагается свой литейный участок, окрасочный цех с дробеструйной обработкой и покрасочной камерой, цех порошковой окраски, цех цинкования деталей [1].

В каждом из цехов имеются мостовые однобалочные краны. Основной деятельностью завода является проектирование и производство бетонных заводов летнего и зимнего исполнения с подачей материалов скипом или лентой, установки стационарные или мобильные, производительностью от 15 до 144 куб. метров бетона за час работы. Производство асфальтобетонных заводов. Производство материалов, комплектующих для бетонных заводов: двухвальные бетоносмесители, эстакады, дозирующие комплексы, силосы цемента, шнековые транспортеры, блоки дозаторов цемента, воды и хим. добавок, модули утепления бетонных заводов, тепловые центры и многое другое.

Рассмотренный однобалочный мостовой кран расположен в цеху по сборке и сварке силосов цемента и теплового оборудования.

Производственный цех № 4 является капитальным зданием. Цех изготовлен на базе металла конструкции, состоящий из системы колонн, балок и ферм. На каркасе монтируются облегченные сэндвич панели.

В выпускной квалификационной работе было произведено изменение системы управления механизмом передвижения моста мостового крана.

6.2 Анализ производственных и экологических опасностей

Передвижные подъемные краны в процессе эксплуатации подвержены воздействию вибраций и ударов, в результате чего возможность повреждения электрокабелей и проводов на кранах гораздо выше, чем в электроприводах стационарных установок. При работе крана возможны перегрузки их механизмов в результате превышения паспортной грузоподъемности, неисправностей цепей управления, заклинивания механизмов, неотключения тормоза. Учитывая все выше изложенное, можно выделить основные факторы, связанные с эксплуатацией крана, воздействие которых на работника может вызвать его заболевание или травму, т.е. вредных и опасных производственных факторов. К таким факторам можно отнести

- поражение электрическим током. Источником поражения могут быть незащищенные и неизолированные электропровода, поврежденные электродвигатели, не заземленное оборудование;
- падение груза при обрыве троса или строп;

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

– движущиеся машины и механизмы, подвижные части крана [2].

Возможные аварийные ситуации:

– перегруз крана во время подъема груза, масса которого превышает его грузоподъемность;

– короткое замыкание в силовой цепи питания мостового крана, что может привести к поражению работника электрическим током или привести к пожару ;

–сход мостового крана с подкранового пути.

Негативные факторы производственной среды:

– недостаточная освещённость рабочей зоны;

– перемещающаяся продукция, вращающиеся механизмы;

– повышенный шум на рабочем месте;

– повышенный уровень вибрации;

– повышенная запылённость.

Источниками вибрации при работе мостового крана являются: подкрановые пути и колеса мостового крана. Источниками шума является электродвигатели [3].

6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими оптимальными параметрами:

– температура воздуха $22 \div 25^{\circ}\text{C}$,

– относительная влажность $<75\%$,

– скорость движения воздуха $<0,2\text{м/с}$.

При оценке допустимых значений температуры и влажности воздуха учитывается категория тяжести работ в соответствии с общими энергетическими затратами.

Работа электрика относится к 1-й категории тяжести: легкие физические работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой не требующие систематического напряжения или поднятия и переноски тяжестей; энергозатраты до 172 Дж/с (150 ккал/ч).

В зоне работы крана образуется пыль, состав которой приблизительно следующий: двуокись кремния SiO_2 (в составе пыли до 70%), окись железа FeO . Окись железа образуется в процессе сварки деталей электрической сваркой. Вредные вещества содержатся в воздухе в виде аэрозолей.

Вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на классы опасности. Марганец относится к 2-му классу – чрезвычайно опасное вещество. Двуокись кремния и окись железа относятся к 4-му классу – малоопасные вещества [21].

Величины предельно - допустимых концентраций образующихся веществ

SiO_2 2,0 мг/м³,

Fe O 4,0 мг/м³.

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Мостовой кран, на котором предполагается применение проектируемого электропривода, расположен в помещении с умеренной влажностью (относительная влажность воздуха в котором более 60%, но не превышает 75%).

Механические шумы при работе крана возникают в результате упругих колебаний деталей крана при перемещении грузов в цехе.

В общем случае, шум генерируемый кран является тональным, прерывистым.

Согласно СНИП-II-90-81 «Производственные здания промышленных предприятий» производственное помещение, где установлен мостовой кран относится к пожароопасной категории В.

Правильно спроектированной и выполненное освещение на предприятиях машиностроительной промышленности обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности.

В зоне работы крана в светлое время суток применяется естественное боковое освещение, а в темное время суток или недостаточной освещенности – искусственное комбинированное освещение.

Освещенность комбинированного освещения -150 лк, освещенность общего освещения - 200 лк.

Согласно требованиям ГН 2.2.5.552-96 для воздуха рабочей зоны механического цеха допускается содержание пыли от 1 до 5 мг/м³. Для обеспечения этого в цехе используются установки улавливания и механической очистки воздуха от пыли.

6.4 Охрана труда

Исключение или уменьшение до безопасных нормативов воздействия на работающих вредных или опасных производственных факторов обеспечит безопасные условия труда при эксплуатации и обслуживании мостового крана. Кроме этого необходимо по на предприятии организовать обучение работающих методам безопасного труда, обеспечить всех работающих средствами индивидуальной и коллективной защиты.

Для обучения работающих на предприятии организована система инструктажей:

- вводный – при приемке на работу;
- первичный – непосредственно на рабочем месте по инструкциям по охране труда;
- повторный - для всех работающих 1 раз в полгода с разбором несчастных случаев и напоминанием правил охраны труда;
- внеплановый – при изменении технологического процесса, при нарушении и при перерыве в работе более 30 дней;
- текущий – для электротехнического персонала перед выполнением ремонтов или наладки станка по наряду – допуску [4].

Персонал, выполняющий работу, должен быть оснащен средствами индивидуальной защиты:

- а) средства защиты головы;
- б) средства защиты ног;
- в) средства защиты глаз и лица;
- г) одежда специальная защитная;
- д) обеспечен испытанным ручным изолированным инструментом.

Перемещение грузов в цехе выполняется механизированным способом мостовыми кранами, что соответствует ГОСТ 12.3.020 – 80 ССБТ. Это снижает возможность возникновения опасной ситуации, при которой может произойти авария или несчастный случай.

При перемещении грузов работающие обеспечиваются рукавицами, специальными крючками для разворачивания длинномерных грузов, а также касками согласно требований.

Для безопасного производства работ надзор за краном ведут два лица: одно за механизмом крана, другое за перемещением грузов.

При подъеме на кран обе руки электромонтера должны быть свободными, чтобы держаться за поручни; инструмент или запасные части должны находиться в сумке, надетой через плечо. Если на кран необходимо поднять материалы, смазочные масла, ветошь и т. п., то опускают веревку, а к ней подвязывают груз и поднимают его руками.

Нельзя подниматься по лестнице на кран вдвоем. Когда один поднимается, то другой ожидает внизу и начинает подъем только тогда, когда первый ушел с лестницы на ремонтную площадку. Категорически запрещается переход с одного другой при сближении кранов во время работы, а также выход на подкрановые пути.

Во время работы запрещается находиться у движущихся механизмов на мосту крана, но иногда для определения качества работы при испытании механизма на мосту крана может находиться слесарь или электрик.

При выполнении ремонтных работ электрооборудования крана обязательно использование ремонтным и оперативным персоналом следующих основных изолирующих защитных средств:

- изолирующих клещей К-1000;
- указателей напряжения УНН-10;
- электроизмерительные клещи Ц-91;
- диэлектрических перчаток;
- слесарно-монтажного инструмента и изолированными рукоятками и жалами (для отверток);
- дополнительными защитными средствами (изолирующими ковриками, изолирующие подставки).

Конструктивные элементы электрооборудования и системы управления, устанавливаемые на кране, должно иметь степень защиты не ниже IP54.

									Лист
									58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

Электропитание электрооборудования крана должно осуществляться от источника надежного питания переменного тока ЗАС N+PE напряжением 380В ($\pm 10\%$), частотой 50Гц ($\pm 0,1$ Гц) с глухозаземленной нейтралью. Качество электроэнергии должно соответствовать ПУЭ и ГОСТ 13109.

Требования к токоподводам:

- токоподвод к грузовым тележкам и двигателю ходу моста должен быть выполнен гибким экранированным кабелем в виде гирлянды;
- прокладка силовых и сигнальных кабелей производится в металлических трубах (в соотв. С ПУЭ 5.4.45, 5.4.46).

Требования к кабельной продукции:

- допустимая температура нагрева жилы не более 90°C ;
- жилы должны быть медными, многопроволочными;
- кабели должны быть гибкими и соответствовать требованиям правил.

Требования к преобразователям частоты:

- применяемые преобразователи должны быть сертифицированы для использования в подъемно-транспортном оборудовании;
- номинальные характеристики преобразовательных устройств соответствуют динамическим и статическим характеристикам двигателей;
- все входящее в преобразователи оборудование должно быть термически и динамически устойчиво во всех аварийных режимах.

Для обеспечения защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током силовые шкафы должны быть надежно соединены с контуром защитного заземления. Не допускается использовать для заземления элементы, выполняющие роль крепежных изделий.

Частотный преобразователь, питающий электропривод, устанавливается в специально отведенном для него шкафу. Корпус преобразователя заземляется. Шкафы имеют специальные замки, которые позволяют открывать их только ключами, имеющимися у обслуживающего и дежурного электроперсонала.

Не допускается нанесение лакокрасочного покрытия на элементы защитного заземления.

Электрическое сопротивление между элементами защитного заземления и корпусом шкафа должно быть не более 0,1 Ом.

Подключение источников сетевого питания осуществляется через автоматические выключатели.

Проверка правильности монтажа, подключение и отключение соединительных кабелей должны производиться только после их обесточивания со стороны источников питания.

6.5 Производственная санитария

Основная задача производственной санитарии - изучение влияния условий труда, на здоровье работающих с целью разработки и осуществления комплекса организационных, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических меро-

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

приятый, направленных на обеспечение здоровых условий труда и устранения причин профессиональной заболеваемости.

Для нормализации параметров микроклимата используются:

- механизация и автоматизация производственных процессов;
- рациональная вентиляция и отопление;
- рационализация режимов труда и отдыха.

В качестве механизации производственных процессов на производстве применяться мостовые краны и гидравлические тележки для перемещения грузов.

На каждом рабочем месте предусмотрена система регулируемой вентиляции. Воздух, удаляемый из помещения всеми вытяжными системами вентиляции, пополняется за счет приточной вентиляции (не менее 90 % всего удаляемого воздуха). При этом необходимо учитывать подачу воздуха из расчета не менее 20 м³/ч на одного работающего.

Каждые 2 часа на производстве предусмотрен 15 минутный перерыв.

Проезды в цехах должны быть постоянно свободны и обозначены краской, отличной от окраски пола. Ширина проезда в цехах должна быть на 1 м больше ширины транспортных средств.

Все помещения должны отапливаться, температура воздуха в рабочей зоне (на высоте до 2 м от уровня пола, на котором находится рабочее место) должна быть в установленных пределах.

Условия гигиены труда требуют максимального использования естественного освещения, так как солнечный свет оказывает оздоравливающее воздействие на организм. Естественное освещение может осуществляться через фонари (световые проемы в покрытии здания) - верхнее освещение, через окна - боковое освещение, а также может быть комбинированным.

При отсутствии достаточного естественного освещения в светлое время суток одновременно используют и искусственный свет (такое освещение называют совмещенным). Искусственное освещение устраивают тогда, когда естественное отсутствует или недостаточно, или по технологическим соображениям противопоказано. Оно может быть рабочим и аварийным.

При работе оборудования в технологических потоках, эксплуатации машин, производственных зданий и сооружений следует принимать все необходимые меры по снижению шума, действующего на человека на рабочих местах, до значений, не превышающих 85 дБ. Уменьшить шум при эксплуатации можно своевременным регулированием, устранением появившихся зазоров между отдельными узлами или деталями, техническим обслуживанием и ремонтом оборудования с повышенным шумом и инструментов. Отраженный шум в помещениях можно уменьшить путем их отделки звукопоглощающими материалами, а сам источник шума - устройством звукоизолирующих кабин или экранирующими кожухами.

Систематическое воздействие вибрации вызывает вибрационную болезнь (неврит) с потерей трудоспособности.

Если техническими средствами невозможно устранить или снизить вибрацию, используют индивидуальные средства защиты, специальные ботинки, а на руки - рукавицы, обшитые внутри поролоном.

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

6.6 Эргономика и производственная эстетика

Соответствие параметров рабочего места, в том числе размеров пространства, антропометрическим данным человека обеспечивает удобство его рабочей позы, рациональность и эффективность рабочих движений. Все это способствует снижению статических и динамических нагрузок при выполнении работ; уменьшению вероятности возникновения заболеваний и как следствие - сохранение высокой и устойчивой работоспособности.

Хорошая организация рабочего пространства - это такая организация, при которой оператор может легко и быстро достать и увидеть все элементы оборудования, которые ему нужны для выполнения работы. Материалы и инструменты должны быть расположены так, чтобы работник мог их легко достать и по кратчайшему пути переместить к нужному месту.

Рабочее место нужно проектировать так, чтобы трудовые действия выполнялись в наиболее рациональных рабочих позах. Следует учитывать физическую нагрузку и размеры рабочей зоны. Необходимо также учитывать особенности технологического процесса, в том числе требуемую точность действий; характер чередования во времени пассивного наблюдения и физических действий; необходимость ведения записей и т.д.

Очень важным требованием к организации рабочего места электромонтера можно назвать расположение необходимого инструмента. Перед началом монтажа, демонтажа или ремонта оборудования следует правильно разместить его, чтобы не приходилось отвлекаться от работы на поиски отвертки или мультиметра.

Немаловажную, а порой и решающую роль в обеспечении безопасности рабочего места играют предупредительные таблички, которые обезопасят монтера, если отключение электроэнергии производилось вдалеке от него. Их чаще всего изготавливают в форме прямоугольника или квадрата с красной рамкой и предупреждением либо с белой надписью на красном фоне. Это делается, чтобы оповещение было заметнее. Данные средства классифицируются в зависимости от функционального назначения на следующие виды:

- Запрещающего действия, данная группа накладывает запрет на использование коммутационного оборудования, чтобы не допустить его включение при проведении ремонтных и регламентных работ в зоне ответственности.
- Предупреждающего действия, предписывается устанавливать в местах, где имеется опасность случайного прикосновения к токоведущим частям электроустановки, либо об опасности приближения к таковым. Помимо этого в данную категорию входит средство, информирующее о запрете вхождения в зону электрополя без соответствующих защитных средств.
- Предписывающего характера. Назначение данных средств указать обслуживающему или ремонтному персоналу на специально подготовленное место, отвечающее нормам безопасности.

- Указывающего назначения. На текущий момент ГОСТом предусмотрен всего одно средство для данной группы, информирующее о наложении переносного заземления.

Размещение устанавливаемого частотного преобразователя обеспечивает:

- соблюдение применимых гигиенических норм и гигиенических нормативов для условий труда обслуживающего и оперативного персонала;
- обслуживающий персонал имеет свободный доступ к рабочим местам и органам управления;
- удобство обслуживания и ремонта устанавливаемых технических средств.

6.7 Противопожарная и взрывобезопасность

При работе крана применяются нефтепродукты, которые при определенных условиях могут загореться (машинное масло для смазки механизмов, керосин для промывки подшипников и очистки механизмов от старой смазки и т. п.). Обтирочные концы и ветошь, пропитанные маслом, могут самовоспламеняться при хранении более 8 ч. Поэтому создавать на кране запасы смазочного масла, керосина и обтирочных концов не рекомендуется, а использованные грязные концы немедленно удалять с крана. Для чистки механизмов запрещается применять бензин, ацетон и другие легковоспламеняющиеся жидкости, имеющие технологическое применение в цехах, а следует заменять их керосином. Чистку механизмов керосином надо производить только при отключенном главном рубильнике, чтобы не могло произойти электрической вспышки [24].

Чаще всего горят обмотки тормозных электромагнитов переменного тока, перегревающиеся при неплотном соединении якоря магнита с сердечником.

Реже горят обмотки электродвигателей. Но такие пожары, имеющие малый объем и малые границы, длятся 2—3 с и гаснут сами при отключении тока.

Для тушения возникшего пожара на кране применяется сухой огнетушитель типа ОУ-2, имеющий стальной баллон с углекислым газом, сжатым до 170 атм. Стальной баллон огнетушителя емкостью 2 л испытан на давление 225 атм. Масса заряда огнетушителя 1,5 кг, полная масса огнетушителя с зарядом и кронштейном около 7 кг, время интенсивного действия огнетушителя при температуре 20° С 25—30 с. по ГОСТ 12.4.009-83 ССБ.

Нельзя допускать прямой нагрев баллона источниками теплоты, чтобы избежать повышения давления в баллоне, разрыва предохранительной мембраны и преждевременного выброса углекислого газа.

При любом воспламенении на кране нужно немедленно отключить главный рубильник и приступить к тушению огня.

Курение на кране, и на мосту, запрещается.

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Возможный источник пожара – сеть 380В.

В соответствии с правилами пожарной безопасности в Российской Федерации пожары горючих веществ и материалов в запираемом помещении или на объекте, согласно ИСО № 3941 – 77, относятся к классу Е – пожары, связанные с го-

рением электроустановок. Помещения, оборудованные стационарными установками, обеспечиваются огнетушителями на 50% из расчетного количества.

Для обеспечения противопожарной безопасности проводится ряд организационно – технических и режимных мероприятий:

- назначаются ответственные за противопожарное состояние помещения;
- разрабатываются меры на случай возникновения пожара и план эвакуации сотрудников и имущества;
- не допускается загромождение помещений;
- план здания предусматривает безопасную эвакуацию людей, которые должны покинуть здание при возникновении пожара в минимальное время;
- двери, предназначенные для эвакуации, должны открываться в сторону выхода из здания;
- в помещении находятся средства тушения: пожарные краны или огнетушители.

6.8 Экологическая безопасность

Очевидно, что кран, как любой другой сложный механизм, является источником самых разнообразных загрязнений.

Кроме того, перемещаемые грузы также могут быть источниками загрязнения.

Для того чтобы исключить или минимизировать вред, причиняемый природе при работе подъемного крана, требуется предпринимать следующие меры.

Во-первых, прилагать все усилия для того, чтобы исключить нештатные ситуации при использовании кранов. Для этого требуется применять рациональные и безопасные приемы управления грузоподъемным краном, а также поддерживать механизмы и компоненты крана в рабочем состоянии. Своевременные регламентные работы по техническому обслуживанию и ремонту кранов позволят не только снизить вред, причиняемый окружающей среде, но и обеспечит четкую и бесперебойную работу крана, а также увеличит срок его службы.

Во-вторых, оперативно и своевременно ликвидировать источники загрязнения, уменьшать силу звука и длительность подачи звуковых сигналов.

В-третьих, контролировать состояние уплотнений, своевременно производить замену поврежденных уплотнений, что позволит изолировать источники потенциальных жидких материальных загрязнений.

В-четвертых, рекомендуется экранирование тепловых, электромагнитных полей и шума, а также гашение вибраций.

6.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Источником аварийной ситуации (далее - ЧС) может быть опасное природное явление, несчастный случай или опасная производственная авария, инфекционное заболевание людей, сельскохозяйственных животных и растений, а также использование средств уничтожения, из-за которых возникла или может возник-

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

нать чрезвычайная ситуация. Природные чрезвычайные ситуации включают землетрясения, наводнения, грязевые потоки, оползни, сугробы, обледенение и лавины.

При возникновении на кране опасных факторов, которые могут вызвать аварию или несчастный случай (трещины в металлоконструкциях, повреждение каната, поломка осей колес и других элементов, неисправность механизмов, тормозов, электрооборудования и др.), а также при появлении треска, биения, стука, грохота в механизмах нужно немедленно прекратить перемещение груза, подать предупредительный звуковой сигнал, опустить груз на землю (пол, площадку) и выяснить причину аварийной ситуации.

Если элементы крана оказались под напряжением, электромонтер должен принять меры личной безопасности, предусмотренные производственной инструкцией.

При возникновении на кране пожара персонал обязан немедленно прекратить работу, отключить рубильник питающей сети, вызвать пожарную охрану и приступить к тушению пожара, пользуясь имеющимися на кране средствами пожаротушения.

При возникновении стихийных природных явлений (ураган, землетрясение и т.п.) персонал должен прекратить работу, опустить груз на землю, площадку или перекрытие, и уйти в безопасное место.

При уgone крана ветром персонал должен принять меры к его остановке в соответствии с указаниями, изложенными в руководстве по эксплуатации крана (применение противовключения и др.), отключить электропитание, закрепить кран всеми имеющимися противоугонными средствами, в том числе с применением специальных башмаков.

При возникновении угрозы разрушения перекрытий или стен здания, крановых путей или подкрановых балок мостовых кранов персонал должен немедленно прекратить работу, остановить и обесточить кран и покинуть пределы опасной зоны.

Обо всех аварийных ситуациях обслуживающий персонал обязан сделать запись в журнале и поставить в известность инженерно-технического работника, ответственного за содержание грузоподъемных машин в исправном состоянии.

Обязанности лиц по окончании работы крана:

- освободить от груза крюк или съемное грузозахватное приспособление;
- поставить кран у посадочной площадки или на место, предназначенное для его стоянки;
- поднять крюк в верхнее положение, грузозахватный орган опустить на землю (пол, площадку) на отведенное для этого место;
- отключить главный рубильник (автомат) и вынуть ключ-марку из защитной панели мостовых кранов;
- надежно укрепить кран, работающий на открытом воздухе, всеми устройствами для предотвращения угона ветром;
- записать в вахтенный журнал сведения о выявленных дефектах и неисправностях узлов и элементов крана и сообщить об этом инженерно-

									Лист
									64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

техническому работнику, ответственному за содержание крана в исправном состоянии.

Выводы по разделу шесть

В разделе БЖД произведен анализ опасных и вредных факторов, возможные аварийные ситуации, возникающие при работе мостового крана. Учтены основные требования безопасности и безвредности работы персонала, а так же наиболее важные меры и средства защиты от поражения электрическим током.

					13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была произведена модернизация привода передвижения мостового крана но 7,5-7,5-6.

Российские агрегаты отличаются своей дешевизной, высокими показателями надежности и хорошим качеством сборки, более выгодными условиями доставки, благодаря географически близкому расположению производства.

Зарубежное оборудование обладает более широким рядом различных модификаций, что позволяет подобрать наиболее подходящий и оптимальный вариант. Немецкие изделия отличаются высочайшим качеством материала и сборки, они являются самыми дорогими. Итальянские образцы не рассчитаны на большие нагрузки. Образцы из Китая и Кореи не обладают высоким качеством сборки.

Рассмотрены технические характеристики крана, была разработана нагрузочная диаграмма и тахограмма работы.

На основании расчета выбран двигатель АИР 80 и проверен по нагреву.

На основе анализа выбрал регулируемый привод на базе частотного преобразователя Schneider Electric ATV320.

В результате модернизации получили положительный годовой экономический эффект, который составил 30867,5 рублей, а срок окупаемости 2,9 года.

Произведен анализ опасных и вредных факторов, возможные аварийные ситуации, возникающие при работе мостового крана. Учтены основные требования безопасности и безвредности работы персонала, а так же наиболее важные меры и средства защиты от поражения электрическим током.

									Лист
									66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Общество с ограниченной ответственностью ООО «ЗЗБО». – <http://www.zzbo.ru>
- 2 ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Стандартинформ, 2016 – 10 с.
- 3 ГОСТ 12.1.012–2006 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2006 – 31 с.
- 4 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Утв. Минэнерго РФ 13 января 2003 г.
- 5 Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. М. Высшая школа, 2000. 255с.
- 6 А. Б. Парницкий. Мостовые краны общего назначения: Конструкция, расчет, эксплуатация / А. Б. Парницкий, А. П. Шабашов. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Машгиз. [Урало-Сиб. отд-ние], 1961. – 319 с.
- 7 Гохберг М.М. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций/ В.И. Брауде, М.М. Гохберг, И.Е. Звягин и др.; Под общ. ред. М.М. Гохберга. – М.: Машиностроение, 1988. – 536 с.
- 8 Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому проектированию/ Г.И. Драчев.- Челябинск: Изд. ЮурГУ, 2002- 137с.
- 9 Усынин. Ю. С. Системы управления электроприводов. – Челябинск. Издательство ЮУрГУ, 2001. – 343 с.
- 10 Шинянский.А .В. Справочник по автоматизированному электроприводу.М. Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
- 11 Вешеневский. С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе. – М. «Энергия», 1977 г.
- 12 Москаленко. В. В. Автоматизированный электропривод. – М. Энергоатомиздат, 1986.
- 13 Борисов Ю. М., Соколов М. М. Электрооборудование подъемно-транспортных машин. М.: Машиностроение, 1971. 375 с.
- 14 Шабашов А. П., Лысяков А. Г. Мостовые краны общего назначения. М.: Машиностроение, 1980. 304 с.
- 15 Schneider Electric контроллеры Modicon. – <https://www.se.com/ru/ru/product/TM172PDG42R/плк-м172%2C-42-i-o%2C-eth%2C-2-mb/>.
- 16 Крановые редукторы. – <https://el-kran.ru/biblioteka-elkran/kranovie-reduktory/>.
- 17 Колеса крановые. – <https://telfera.ru/komplektujushhie/kolesa/>.
- 18 Правило устройства электроустановок. – М. Энергоатомиздат, 1987 г.
- 19 Буферные крановые устройства. – <http://stroy-technics.ru/article/bufernye-ustroistva>.
- 20 Герасимова В.Г.Электротехнический справочник. Том 2. М. Издатель-

										Лист
										67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР					

ство МЭИ, 2003. 518с.

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

22 Справочник по автоматизированному электроприводу. / Под редакцией Е. А. Елисеева, А. В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.

23 Частотные преобразователи –
<https://www.etm.ru/catalog/?searchValue=Частотный%20преобразователь%20Schneider%20Electric>.

24 Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". –
<https://meganorm.ru/Data2/1/4293834/4293834267.htm>

25 Соколов М.М. Автоматизированный электропривод обще промышленных механизмов 1976. – 340 с.

26 Вигриянов, П. Г. Расчет характеристик электрических машин: учебное пособие по курсовому проектированию / П. Г. Вигриянов, С. Г. Воронин — Челябинск: ЧПИ, 1986. — 42 с.

27 Кравчик, А. Е. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник / А. Е. Кравчик,. — М.: Энергоиздат, 1982. — 504 с.

28 Вольдек, А. И. Электрические машины: учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений / А. И. Вольдек - 3-е изд., перераб. и доп.— Л.: Энергия, 1978. — 832 с.

29 Попов, Г.Н. Справочник по машиностроительному черчению / Г.Н. Попов - 14-е. изд., перераб. и доп. — Л.: Машиностроение, Ленинград, 1981. — 416с.

30 Копылов, И.П. Проектирование электрических машин: учебное пособие для вузов / И.П. Копылов, Ф.А. Горяинов, Б.К. Клоков и др. — Москва: Энергия, 1980. — 496 с.

										Лист
										68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.02.2020.127.00.00 ПЗ ВКР					