

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Зав. Кафедрой ИММ
Профессор доктор техн. наук
Б.Н. Гузанов
« _____ » _____ 2018г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЗЛОВОГО КРАНА ПУТЁМ УВЕЛИЧЕНИЯ
СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЗМОВ

Исполнитель:

Обучающийся группы № ЗПМ-404С

(подпись)

Д.А. Жидков

(Ф.И.О.)

Руководитель

(подпись)

В.В. Каржавин (профессор, доктор техн. наук)

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Консультант

методического
раздела

(подпись)

Ю.А. Бекетова (доцент, кандидат пед.наук)

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Нормоконтролер

(подпись)

Ю.И. Категоренко (профессор, доктор техн. наук)

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЗЛОВОГО КРАНА ПУТЁМ УВЕЛИЧЕНИЯ
СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНИЗМОВ

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профилю подготовки Транспорт
специализации Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные машины

Идентификационный код ВКР: 503

Екатеринбург 2018

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 83 страницах, содержит 5 рисунка, 9 таблиц, 34 источников литературы, 5 чертежа, 3 плаката.

Кран козловой КК-32; Механизм передвижения тележки; Механизм передвижения крана; Механизм передвижения крана; Ось; Изменение характеристик приводов; Основные расчётные формулы; План-конспект занятия на тему «Модернизация козлового крана путём увеличения скоростных характеристик механизмов».

Ключевые слова: модернизация козлового крана

Объект исследования – Козловой кран

Предмет исследования – Механизмы козлового крана

Цель работы – Целью данной выпускной квалификационной работы модернизация козлового крана.

Основные задачи:

1. Рассмотреть весь комплект документации, имеющийся на данный мостовой кран.
2. Произвести расчет механизма подъема.
3. Произвести расчет механизма передвижения грузовой тележки.
4. Произвести расчет механизма передвижения крана.
5. Произвести проверочные расчеты.

ДП 44.03.04.503 ПЗ

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Жидков Д.А.		
Пров.		Каржавин В.В.		
Т. контр.				
Н. контр.		Категоренко Ю.И.		
Утв.		Гузанов Б.Н.		

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОЗЛОВОГО
КРАНА ПУТЁМ УВЕЛИЧЕНИЯ
СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
МЕХАНИЗМОВ

Лит	Лист	Листов
	2	83
ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, каф. ИММ, группа ЗПМ-404С		

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	8
1.1 Назначение и краткое описание конструкции	8
1.3 Технологичность конструкции	9
1.4 Маршрут сборки механизма	10
2. РАСЧЁТ МЕХАНИЗМОВ КОЗЛОВОГО КРАНА	13
2.1. Расчёт механизма подъёма	13
2.1.1 Данные к расчёту	13
2.1.2 Выбор каната	14
2.1.3 Определение диаметра барабана	15
2.1.4 Установка барабана.....	15
2.1.5 Выбор электродвигателя	17
2.1.6. Выбор передачи.....	18
2.1.7.Выбор тормоза.....	19
2.1.8 Выбор соединительных муфт	20
2.2 Проверочные расчеты механизма подъёма	21
2.2.1 Проверка надежности пуска двигателя механизма подъема.....	21
2.2.2 Проверка электродвигателя на нагрев	23
2.3 Механизм передвижения крана	26
2.3.1 Исходные данные	26
2.3.2 Выбор ходовых колёс крана.....	27
2.3.3 Определение сопротивления передвижению крана с учётом ветровой нагрузки и уклона кранового пути	28
2.3.4 Выбор электродвигателя	29
2.3.5 Выбор редуктора	31
2.3.6 Выбор тормоза.....	32
2.4 Проверочные расчеты механизма передвижения крана	33
2.4.1 Проверка электродвигателя механизма передвижения крана на время разгона	33
2.4.2 Проверка механизма передвижения крана на отсутствие буксования.....	35
2.5 Механизм передвижения тележки.....	38
2.5.1 Определение статической нагрузки на колеса.....	39
2.5.2 Выбор колес	40
2.5.3 Определение сопротивления движению тележки	40
2.5.4 Выбор электродвигателя	42
2.5.5 Выбор передачи.....	43
2.5.6 Выбор тормоза.....	45
2.5.7 Выбор соединительных муфт	47
2.6 Проверочные расчеты механизма передвижения тележки.....	48
2.6.1 Проверка электродвигателя механизма передвижения тележки на время разгона	48
2.6.2 Проверка механизма передвижения тележки на отсутствие буксования	50

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ	54
3.1 Расчёт сметы затрат на разработку документации	54
3.2 Расчёт объёма затрат на инженерно-технические работы с учётом квалификации исполнителей	54
3.3 Расчёт материальных затрат	56
3.4 Расчёт амортизации оборудования, применяемого при выполнении работ	56
3.5 Расчёт амортизации программного обеспечения, применяемого при выполнении работ	57
3.6 Расчёт затрат на электроэнергию	57
3.7 Расчёт общеинститутских расходов	58
3.8 Текущие расходы на ремонт	59
3.9 Расчёт увеличения производительности погрузочно-разгрузочного цикла	61
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	63
4.1 Безопасность труда по ГОСТ 12.0.003-74	63
4.1.1 Идентификация опасных и вредных факторов	63
4.1.2 Электробезопасность	64
4.1.3 Анализ условий труда	66
4.1.4 Пожарная безопасность	69
4.2. Чрезвычайные ситуации	71
5. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	73
6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	79
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
Приложение	

ВВЕДЕНИЕ

Козловые краны являются важной составляющей механизацией контейнерного склада.

Контейнеры представляют собой стандартные по своим габаритам и точкам месторасположения захватных устройств, тары для грузов. По углам контейнеров расположены специальные элементы – фитинги, применяемые как опоры контейнеров при их складировании в штабель и как точки для захвата контейнеров при их перемещении.

В связи с тем, что крупнотоннажные контейнеры массой брутто 10 т (1Д) и 25 т (1ВВ, 1В) в СНГ, как правило, не применяются, при автоматизации железнодорожного склада будем исходить из того, что весь грузооборот на нем происходит в контейнерах 1А и 1С.

Так как оборот грузов склада тесно связан с периодом выполнения погрузочно-разгрузочных операций, то целью автоматизирования является снижение времени на их проведение и как следствие рост грузооборота склада и получения максимальной прибыли от эксплуатации складских площадей.

Актуальностью выбранной темы ВКР является и то, что увеличение скоростных характеристик крана, позволяет сократить время обслуживания склада (сократится время разгрузки и погрузки контейнеров). Целесообразность применения козлового крана аргументирована значительной площадью склада, что усложняет использование наземных погрузчиков. Кроме того, это дает увеличить емкость склада за счет складирования контейнеров в два яруса и уменьшения промежутков между контейнерами в связи с отсутствием потребности оставлять проезды для погрузчиков.

В качестве грузозахватного механизма в кране предложено применить специальное грузозахватное устройство – спредер. Спредер выполняет автоматическое сцепление и расцепление с контейнером без участия человека. При опускании спредера на контейнер Т – образные штыри входят в отверстия

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

фитингов и поворачиваются на 90 градусов, выполняя сцепление спредера с контейнером. После перемещения контейнера штыри возвращаются в исходное положение, освобождая контейнер.

Для более точного нацеливания спредера на контейнер захват сделан поворотным. Кроме этого, предусмотрена возможность работы с многими типами и размерами контейнеров. При необходимости замены размера контейнера вместо контейнера 1С спредер проводит захват рамы для работы с контейнером 1А и производится подключение к этой раме электрических разъемов для работы механизмов поворота штырей.

Козловой контейнерный кран КК-32 работает на предприятии ООО «Трубопромышленная Компания» он исполнен в виде двух консолей, грузоподъемность на которых ограничена контейнерами 1С, что делает конструкцию дешевле при этом не сказывается на работе склада, так как под контейнеры 1А остается много складского места между опорами крана. В тоже время опоры крана выполнены таким образом, что контейнеры 1С проходят сквозь них без поворота захвата, что увеличивает скорость проведения погрузочно-разгрузочных работ.

Целью данной выпускной квалификационной работы является модернизация козлового крана КК-32, для увеличения скоростных характеристик механизмов: передвижения тележки, подъема груза, передвижения крана. Высокая степень автоматизации погрузо-разгрузочных работ склада компании ООО «Трубопромышленная Компания» стала возможной в связи с тем, что грузы на нем хранятся в крупнотоннажных контейнерах.

Кроме того, целью автоматизации является удаление из зоны погрузочно-разгрузочных работ обслуживающего персонала для предупреждения производственного травматизма.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассмотреть весь комплект документации, имеющийся на данный мостовой кран;
2. Произвести расчет механизма подъема;
3. Произвести расчет механизма передвижения грузовой тележки;
4. Произвести расчет механизма передвижения крана;
5. Произвести проверочные расчеты.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Назначение и краткое описание конструкции

Козловые краны относят к типу подъемных устройств мостового типа. Несущие элементы их конструкции опираются на подкрановые пути с помощью четырех опор. Козловые краны бывают однобалочные и двухбалочные. Средний срок службы козловых кранов приблизительно 20 - 25 лет в зависимости от режима работы и условий эксплуатации.

Механизм передвижения крана служит для перемещения козлового контейнерного крана по рельсовому пути. В нашем случае шестнадцатиколесный кран имеет восемь приводных колес. Перемещается кран на складе контейнеров пи помощи ходового рельсового устройства на ходовых колесах, выполненных из стали, с приводом от механизма передвижения по подкрановым путям. Механизм состоит из двигателя, зубчатой муфты, редуктора, тормоза. Тормоз установлен на быстроходном валу. Вращающий момент передаётся на быстроходный вал редуктора от силового агрегата с помощью зубчатой муфты. Момент вращения к приводному колесу передаётся через полый выходной вала редуктора, по средствам шлицевого соединения.

1.2 Анализ технических требований

Кран козловой КК-32 работает в условиях высокой пропускной способности склада, из-за возросшего грузового потока существующих на предприятии средств механизации недостаточно. Для того чтобы решить эту задачу существует несколько вариантов:

- Установить на открытый склад дополнительный козловой кран;

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

- Модернизировать существующий козловой кран, а именно увеличить скоростные характеристики механизмов.

Особенности конструкции контейнерного козлового крана:

- Кран выполнен по двухбалочной схеме;
- Имеет две консоли;
- Применяется специальное грузозахватное приспособление – спредер.

Вращательное движение двигателя механизма, передается редуктору при помощи зубчатой муфты. Для безотказной работы данного соединения требуется при сборке узла обеспечить соосность валов между двигателем и редуктором. Для выполнения этих требований необходимо создать возможность регулирования наклона осей, а так же вероятность их горизонтального и вертикального перемещения.

Ходовые колёса приводной тележки подвержены большому износу, отчего при монтаже ходовой части тележки нужно обеспечить выполнение следующих тех требований:

- Оси валов ведущих и ведомых колес (оси О-О и О'-О') должны быть параллельны относительно друг друга;
- Реборды колес должны находиться в одной плоскости.

Вывод: требования производства заставляют пересмотреть скоростные характеристики механизмов крана в частности увеличить скорость передвижения тележки, скорость подъёма и скорость передвижения крана в среднем на 30%.

1.3 Технологичность конструкции

Безупречность устройства механизма обуславливается его экономичностью, удобством эксплуатации, тем, насколько учтены возможности технических приемов его изготовления. Уровень

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

технологичности устройства данного механизма в сравнении с другой, производят, сравнивая их трудозатраты, материалоемкость и себестоимость. Также следует дополнительно учитывать стандартизацию элементов, целесообразность разделения на конструктивные и технологические части, заменяемость элементов и другие моменты.

Конструктивное устройство механизма должно быть удобным для обслуживания и ремонта. Увеличение ремонтпригодности изделия обеспечивается лёгкостью и удобством работы с ним. Отработка конструкции на технологичность возникает уже на этапе разработки технического задания. В период эскизного проекта раскрывают номенклатуру и параметры деталей, показывают вероятности их унификации и стандартизации, устанавливают вероятность целесообразного сочленения или объединения деталей, разбирают условия сборки основных деталей, назначают номенклатуру ремонтируемых и сменных элементов изделия.

1.4 Маршрут сборки механизма

Основными принципами разработки техпроцесса являются принципы: технический и экономический. Согласно с техническим принципом технологический процесс обязан обеспечить выполнение всех условий рабочего чертежа и технических требований на изготовление данного изделия. В соответствии с экономическим принципом изготовление изделия должно происходить с минимальными трудозатратами и издержками на производство.

Процесс сборки механизма перемещения начинается с монтажа ходовых колёс. Рама тележки монтируется в положение, перевернутое относительно рабочего на 180 градусов. Вал (ось) в совокупности с подшипниками внедряется в корпус, закрывается ответной крышкой и затягивается болтами.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Погрешность месторасположения ходовых колёс проверяется с помощью специального приспособления, представляющего собой штангу, жёстко сочлененную на одном из колёс. Проверяется отклонение соответствующих плоскостей в границах 5 мм. Параллельность осей колёс считается состоятельной при обработке поверхностей.

После полной сборки ходовой части, тележку переворачивают с помощью крана и монтируют на подтележечные пути сборочного участка. Причем крановая тележка должна всеми колесами опираться на рельсы.

По окончанию сборки ходовой части, на вал приводного колеса ставится редуктор. Редуктор целиком крепится на шлицевое соединение. Крепление вала на выходе редуктора приводного колеса осуществляется упором в буртик и закреплением с помощью двух болтов. Болты фиксируются стопорными шайбами. Центровка совершается по боковым граням шлицов.

Далее на настиле тележки размечают осевую черту, параллельную осям ходовых колес. С помощью винтов закрепляют редуктор так, чтобы ось быстроходного вала совмещалась с линией. После выверки положения оси регулировочные винты стопорятся контргайками.

Далее требуется установить электродвигатель. Перед его монтажом требуется определить его рабочее положение, определяемое возможными погрешностями местоположения валов. Положение электродвигателя для соосности в вертикальной плоскости настраивается поворотом редуктора относительно выходного вала соответствующими болтами. Положение электродвигателя в вертикальной плоскости регулируется подкладками под опоры двигателя. Толщина подкладок подбирается с помощью специального, измерительного инструмента, устанавливаемого на предварительно смонтированную полумуфту. С помощью датчика совершают два замера в вертикальной плоскости. Модуль неидентичности показаний датчика отвечает двойной величине не соосности валов в вертикальной плоскости. Подобранные

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

по отысканному размеру подкладки приваривают на место установки двигателя.

При естественной установке двигателя на свое место нужно совместить крепёжные отверстия. Отверстия совмещаются с помощью введения в них небольшой цеховой монтажки, имеющей на конце конусную часть.

После совмещения отверстий двигатель крепится при помощи болтовых соединений.

После монтажа двигателя требуется собрать полумуфты. Полумуфты соединяются через отверстия шестью болтами.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. РАСЧЁТ МЕХАНИЗМОВ КОЗЛОВОГО КРАНА

2.1. Расчёт механизма подъёма

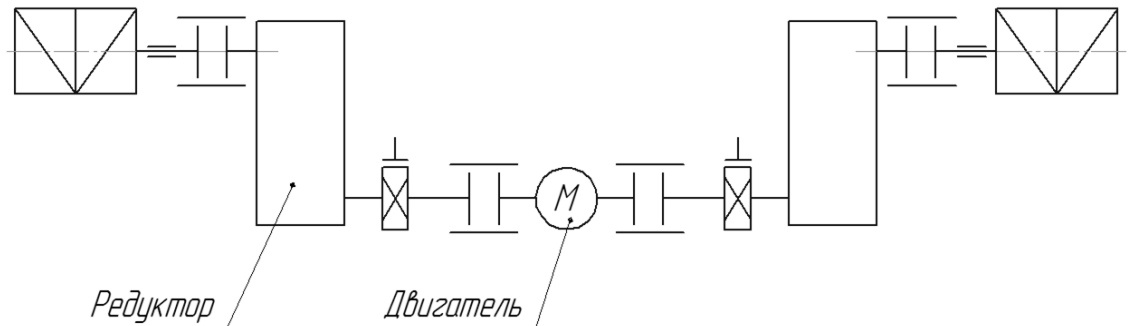


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма подъёма

2.1.1 Данные к расчёту

Исходные данные:

Кран КК-32

Грузоподъёмность, кг

номинальная

$Q_H=40000$

на захватах

$Q=32000$

Масса захвата, кг

$m_3=8000$

Скорость подъёма, м/мин

$V=12$

Кратность полиспаста

$u_{II}=3$

Группа режима работы

M4

Данные для расчёта, с изменёнными данными:

Грузоподъёмность, кг

номинальная

$Q_H=38000$

на захватах

$Q=30000$

Масса захвата, кг

$m_3=8000$

Скорость подъёма, м/мин

$V=15$

Кратность полиспаста

$u_{II}=3$

2.1.2 Выбор каната

Выбор каната производят на основе выполнения условия:

$$S_{PA3P} \geq S_{MAX} \cdot n;$$

где n – коэффициент запаса, $n=4$ (для 4 группы режима работы, [10]),

S_{MAX} – максимальное усилие в канате от веса груза. Оно рассчитывается по формуле:

$$S_{MAX} = \frac{(m_{ГР} + m_3) \cdot g}{u_{II} \cdot Z_B \cdot \eta},$$

где η – КПД полиспаста, $\eta=0,98$.

$$S_{MAX} = \frac{(30000 + 8000) \cdot 9,81}{3 \cdot 4 \cdot 0,98} = 31699H$$

Таким образом $S_{PA3P} \geq 31699 \cdot 4 = 126796H$; на кране установлен канат типа ЛК-Р конструкции 6x19 (1+6+6/6)+1о.с. двойной свивки, с органическим сердечником, нераскручивающийся (с точечным контактом), маркировка каната 21-Г-I-СС-Н-1764 ГОСТ 2688-80, диаметр которого $d_K=21$ мм, маркировочная групп 1764 с $S_{PA3P} = 243500H$, т.е. установленный канат удовлетворяет условию разрывного усилия и мы его не заменяем.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2.1.3 Определение диаметра барабана

Минимальные диаметры барабана определяется по формуле:

$$D_B \geq h_1 \cdot d_K,$$

где D_B – диаметры соответственно барабана, блока, уравнительного блока по средней линии навитого каната;

h_1 – коэффициент зависящий от группы режима работы;

d_K – диаметр каната, мм.

$$D_B \geq 20 \cdot 21 = 420 \text{ мм.}$$

На действующем кране установлен барабан диаметром $D_B = 630$ мм. Полученный результат не противоречит реальному диаметру, поскольку при большем диаметре барабана канат меньше изнашивается.

2.1.4 Установка барабана

Сдвоенный барабан с шагом нарезки:

$$t = d_K + (2 \dots 3) \text{ мм} = 21 + (2 \dots 3) = 23 \dots 24 \text{ мм.}$$

Окончательно выбирается $t = 24$ мм.

Длина барабана рассчитывается по формуле:

$$L_B = 2 \cdot l_{\text{КР}} + 2 \cdot l_{\text{НЕПР}} + 2 \cdot l_P + l_{\text{НЕНАР}},$$

где $l_{\text{КР}}$ – длина участка барабана под крепление каната;

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$l_{\text{НЕПР}} - 1,5$ неприкосновенных витка;

$l_{\text{Р}}$ – рабочая часть;

$l_{\text{НЕНАР}}$ – ненарезанная часть.

Длина ненарезанной части барабана рассчитывается из условия ограничения угла отклонения каната при максимально приближенной к барабану тележки. По конструктивным соображениям принимаем

$$l_{\text{НЕНАР}} = 150 \text{ мм.}$$

Число витков на рабочей части барабана:

$$\frac{H \cdot a}{\pi \cdot D_{\text{Б}}},$$

где a – кратность полиспаста, $a=3$.

Таким образом:

$$l_{\text{Б}} = 2 \cdot \left(\frac{H \cdot a}{\pi \cdot D_{\text{Б}}} \right) \cdot t + l_{\text{НЕНАР}} = 2 \cdot \left(\frac{8,5 \cdot 3 \cdot 1000}{3,14 \cdot 630} + 1,5 + 3 \right) \cdot 24 + 150 = 984 \text{ мм.}$$

Принимаем $l_{\text{Б}} = 1000$ мм – длина барабана установленного на кране.

Частота вращения барабана определяется из условия скорости:

$$V_{\text{ОКР}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{Б}} \cdot n_{\text{Б}}}{1000},$$

С другой стороны, $V_{\text{ОКР}} = V_{\text{ГР}} \cdot u$,

где $V_{\text{ГР}}$ – скорость подъёма груза.

Тогда:

$$n_{\text{Б}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{ГР}} \cdot u_{\text{П}}}{\pi \cdot 630},$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

$$n_{\text{б}} = \frac{1000 \cdot 15 \cdot 3}{3,14 \cdot 630} = 22,75 \text{ об/мин}$$

2.1.5 Выбор электродвигателя

Выбор двигателя производится по относительной продолжительности включения и по необходимой статической мощности при подъеме груза максимального веса:

$$N = \frac{(G_{\text{ГР}} + G_{\text{з}}) \cdot V_{\text{ГР}}}{\eta},$$

где $G_{\text{ГР}}$ – вес груза, $G_{\text{ГР}} = 30000 \cdot 9,81 = 294300 \text{ Н}$;

$G_{\text{з}}$ – вес захвата, $G_{\text{з}} = 8000 \cdot 9,81 = 78480 \text{ Н}$;

$V_{\text{ГР}} = 15 \text{ м/мин} = 0,25 \text{ м/с}$ – скорость подъема груза;

$\eta = 0,82$ – предварительное значение к.п.д. механизма.

$$N = \frac{372,8 \cdot 0,25}{0,82} = 114 \text{ кВт}.$$

С учётом продолжительности включения для 4 группы режима работы составляет ПВ=25%, по каталогу выбираем электродвигатель 4МТМ280L6 с параметрами: мощность на валу $N=115 \text{ кВт}$, частота вращения выходного вала $n_{\text{дв}}=970 \text{ об/мин}$. Взамен МТН611-6 с мощностью на валу $N=110 \text{ кВт}$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

2.1.6. Выбор передачи

Типоразмер редуктора выбираем по расчетному эквивалентному вращающему моменту на валу, M_e , с учетом режима работы, необходимого передаточного числа и частоты вращения быстроходного вала.

Требуемое передаточное число передачи:

$$u = \frac{u_{ред}}{u_б} = \frac{970}{22,75} = 42,6$$

По каталогу подбираем редуктор типа Ц2-650 с ближайшим передаточным числом $U_{ном}=40$, допустимый крутящий момент на тихоходном валу $M_T=16000 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Взамен РМ-650М с передаточным числом $U_{ном}=50$.

Проверка редуктора:

По эквивалентному вращающему моменту: $M_H \geq M_\phi$:

$$M_H = m \cdot M_T = 1,6 \cdot 16000 = 25600 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$M_\phi = 2 \cdot S_{MAX} \cdot \frac{D_б}{2} = 2 \cdot 31699 \cdot \frac{0,63}{2} = 24174 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Условие выполняется.

2.1.7.Выбор тормоза

Расчетный тормозной момент:

$$M_{Т.Р}=K_T \cdot M_{СТ.Т},$$

где $K_T=1,5$ – коэффициент запаса торможения при среднем режиме работы;

$M_{СТ.Т}$ – статический крутящий момент при торможении, создаваемый весом номинального груза на валу, на котором установлен тормоз.

Рассчитывается по формуле:

$$M_{СТ.Т} = \frac{G \cdot D_B \cdot \eta_M}{2 \cdot u_M},$$

где $\eta_M = \eta_{П} \cdot \eta_{Б} \cdot \eta_{Р}$ - к.п.д. всего механизма (равно произведению к.п.д. полиспаста, барабана и редуктора), $\eta_M = 0,97 \cdot 0,98 \cdot 0,96 = 0,91$.

Передаточное число механизма:

$$U_M = K_{П} \cdot U_{Р},$$

$$U_M = 3 \cdot 40 = 120.$$

$$M_{СТ.Т} = \frac{372800 \cdot 630 \cdot 10^{-3} \cdot 0,91}{2 \cdot 120} = 1078 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{Т.Р} = 1,5 \cdot 1078 = 1617 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По рассчитанным параметрам выбираем колодочный тормоз с электромагнитным приводом переменного тока ТКГ-500 со следующими характеристиками: $M_{ном}=2500 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $m=150 \text{ кг}$. Тормоз отрегулировать до $M_{т.р.}$

2.1.8 Выбор соединительных муфт

Муфты выбираем в зависимости от передаваемого вращающего момента и условий работы по формуле:

$$M_p = K \cdot M_{кр} \leq [M_{кр}],$$

где M_p - расчетный вращающий момент;

K - коэффициент запаса прочности;

$M_{кр}$ - действующий вращающий момент;

$[M_{кр}]$ - допускаемый вращающий момент для муфты.

Коэффициент запаса прочности: $K=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ (K_1 - коэффициент, учитывающий степень ответственности соединения; K_2 - коэффициент режима работы; K_3 - коэффициент углового смещения равным 1,0), $K=1,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0=1,8$.

Подбираем муфты:

- Для быстроходного вала редуктора: $M_{кр}=M_{дв}=3500 \text{ Н}\cdot\text{м}$, тогда $M_p=1,8 \cdot 3500=6300 \text{ Н}\cdot\text{м}$ Выбираем муфту зубчатую 1-го типа №7 $[M_{кр}] = 6500 \text{ Н}\cdot\text{м}$ по ГОСТ 5006-55 [24] .

- Для тихоходного вала применяем вариант установки барабана с внешней опорой, как сборочной единицы. В таком случае в качестве внутренней опоры оси барабана используют конец тихоходного вала редуктора, имеющий расточку для размещения подшипника.

2.2 Проверочные расчеты механизма подъема

2.2.1 Проверка надежности пуска двигателя механизма подъема

При разгоне механизма пусковой момент двигателя преодолевает момент статических сопротивлений от веса груза с грузозахватом и моменты от инерции поступательно и вращательно движущихся масс:

$$T_{CP.П} = T_{cm} + T_{И.П} + T_{И.ВР},$$

где $T_{CP.П}$ – среднепусковой момент электродвигателя;

T_{cm} – момент от сил инерции поступательно движущихся масс;

$T_{И.ВР}$ – момент от сил инерции вращающихся масс.

Раскрыв значения моментов в приведенной формуле через начальные параметры, время разгона, сек, можно определить зависимость:

$$t_P = \frac{\frac{\pi n_{дв}}{30} \left[\gamma J_1 + \frac{(m_z + m_n) r_B^2}{K_{П}^2 U_P^2 \eta_{мех}} \right]}{T_{CP.П} - T_{CT}},$$

где $n_{дв}$ – номинальная частота вращения двигателя по каталогу при заданном ПВ, об/мин;

m_z, m_n – масса груза и крюковой подвески, кг;

$K_{П}$ – кратность полиспаста

U_P – передаточное число редуктора;

J_1 – момент инерции вращающихся масс первого вала, кг·м²;

$\gamma = 1, 1, \dots, 1, 2$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс, расположенных на втором, третьем и последующих валах механизма;

$\eta_{мех}$ – КПД механизма;

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

$T_{ст}$ – момент статических сопротивлений, приведенный к валу двигателя, Н·м,

$$T_{ст} = \frac{g(m_z + m_{II})r_B}{U_P K_{II} \eta_{мех}},$$

где r_B – радиус барабана по оси навиваемого каната, м;

$T_{ср.п}$ – среднепусковой момент двигателя, Н·м,

$$T_{ср.п} = T_{дв.н} \psi_{ср.п},$$

где $\psi_{ср.п} = 1,55$ – кратность среднепускового момента двигателей с фазным ротором;

$$T_{дв.н} = 9554 \frac{P_{40}}{n_{40}},$$

где P_{40} – мощность двигателя по каталогу при ПВ 40% вне зависимости от заданного режима работы, кВт; n_{40} – частота вращения двигателя по каталогу при ПВ 40%.

$$T_{дв.н} = 9554 \frac{115}{970} = 297 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$T_{ст} = \frac{9,8 \cdot 38000 \cdot 0,2}{3 \cdot 40 \cdot 0,83} = 239,2,$$

$$T_{ср.п} = 297 \cdot 1,55 = 460,35,$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

$$t_p = \frac{3,14 \cdot 970}{30} \left[1,2 \cdot 1,875 + \frac{(32000 + 6000) \cdot 0,2^2}{3^2 \cdot 40^2 \cdot 0,83} \right] = 1,05c.$$

Полученное значение не больше рекомендуемых значений времени разгона; следовательно, принятый двигатель обеспечит необходимую интенсивность работы.

2.2.2 Проверка электродвигателя на нагрев

Проверяем предварительно выбранного двигателя по условию нагрева и перегрузочной способности.

Фактическая продолжительность включения:

$$ПВ\%_{\phi} = \frac{t_{p.пг} + t_{y.пг} + t_{p.сг} + t_{y.сг} + t_{p.по} + t_{y.по} + t_{p.со} + t_{y.со}}{t_{ц}} \cdot 100,$$

где $t_{p.пг}$ – время разгона при подъёме груза;

$t_{y.пг}$ – время работы с установившейся скоростью при подъёме груза;

$t_{p.сг}$ – время разгона при спуске груза;

$t_{y.сг}$ – время работы с установившейся скоростью при спуске груза;

$t_{p.по}$ – время разгона при подъёме грузозахватного устройства;

$t_{y.по}$ – время работы с установившейся скоростью при грузозахватного устройства;

$t_{p.со}$ – время разгона при спуске грузозахватного устройства;

$t_{y.со}$ – время работы с установившейся скоростью при спуске грузозахватного устройства;

$t_{ц}$ – время цикла.

$$ПВ\%_{\phi} = \frac{0,9 + 54 + 0,6 + 54,5 + 0,2 + 55 + 0,35 + 54}{400} \cdot 100 = 38,7\%$$

Расчётный эквивалентный момент:

$$M_{\text{ЭР}} = \sqrt{\frac{M_{\text{С.РП}}^2 \cdot t_{\text{Р.ПГ}} + M_{\text{ПГ}}^2 \cdot t_{\text{У.ПГ}} + M_{\text{СГ}}^2 \cdot t_{\text{Р.СГ}} + M_{\text{СГ}}^2 \cdot t_{\text{У.СГ}} + M_{\text{С.РП}}^2 \cdot t_{\text{Р.ПО}} + M_{\text{ПО}}^2 \cdot t_{\text{У.ПО}} + M_{\text{С.РП}}^2 \cdot t_{\text{Р.СО}} + M_{\text{СГ}}^2 \cdot t_{\text{У.СО}}}{t_{\text{Р.ПГ}} + t_{\text{У.ПГ}} + t_{\text{Р.СГ}} + t_{\text{У.СГ}} + t_{\text{Р.ПО}} + t_{\text{У.ПО}} + t_{\text{Р.СО}} + t_{\text{У.СО}}}}$$

$$M_{\text{ЭР}} = \sqrt{\frac{666,4^2 \cdot 0,9 + 464 \cdot 54 + 297,8^2 \cdot 0,6 + 297,8^2 \cdot 54,8 + 666,4^2 \cdot 0,2 + 165,5^2 \cdot 55 + 497,28^2 \cdot 0,35 + (-13,2)^2 \cdot 54}{0,9 + 54 + 0,6 + 54,5 + 0,2 + 55 + 0,35 + 54}}$$

$$= 291,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Эквивалентный момент, соответствующий продолжительности включения выбранного электродвигателя:

$$M_{\text{Э}} = M_{\text{ЭР}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\phi}}{ПВ_{\text{КАТ}}}}$$

$$M_{\text{Э}} = 291,3 \cdot \sqrt{\frac{38,7}{40}} = 287 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Если эквивалентный момент равен или несколько меньше номинального, то выбранный электродвигатель проходит по нагреву:

$$M_{\text{Э}} \leq M_{\text{н}}$$

$$287 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq 414,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Как видно из уравнения выбранный электродвигатель проходит по нагреву.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Проверку на перегрузочную способность производим по условию:

$$1,3 \cdot M_{\text{макс.нагр}} \leq (0,8 \div 0,85) \cdot M_{\text{макс.дв}},$$

где $M_{\text{макс.нагр}}$ – максимальный момент из нагрузочной диаграммы;

$M_{\text{макс.дв}}$ – максимальный момент электродвигателя.

В данном случае:

$$1,3 \cdot 666,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq 0,825 \cdot 1370 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$866,32 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq 1130,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Как видно из условия выбранный электродвигатель проходит по перегрузочной способности.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2.3 Механизм передвижения крана

Принципиальная кинематическая схема передвижения крана приведена на Рисунке 2. Механизм имеет отдельный привод, осуществляемый от кранового электродвигателя через трёхступенчатый цилиндрический вертикальный навесной редуктор на ходовое колесо. Тормозное устройство прикреплено к редуктору на специальной подставке.

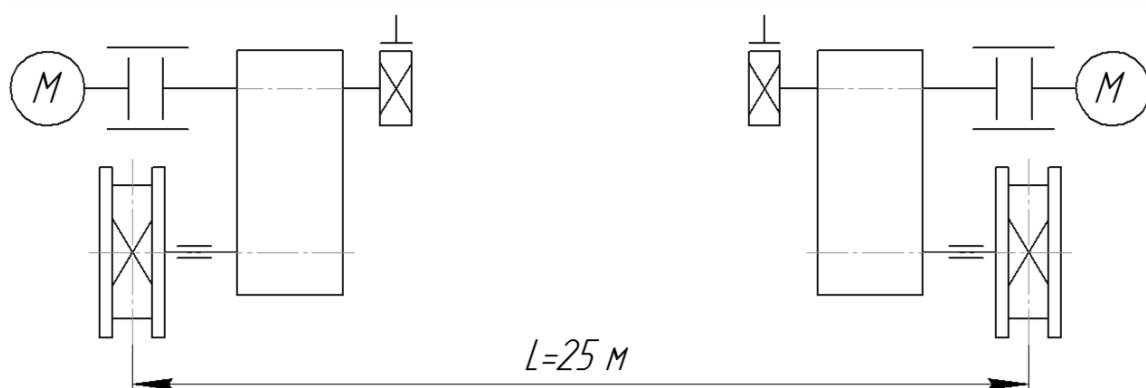


Рисунок 2 – Кинематическая схема механизма передвижения крана

2.3.1 Исходные данные

Скорость передвижения, м/мин	$V=60$
Число ходовых колёс	$n_{Х.К}=16$
Число приводных колёс	$n_{ПР.К}=8$
Группа режима работы, ПВ=25%	М4

2.3.2 Выбор ходовых колёс крана

Схема для определения нагрузок на ходовые колёса крана представлена на Рисунке 3.

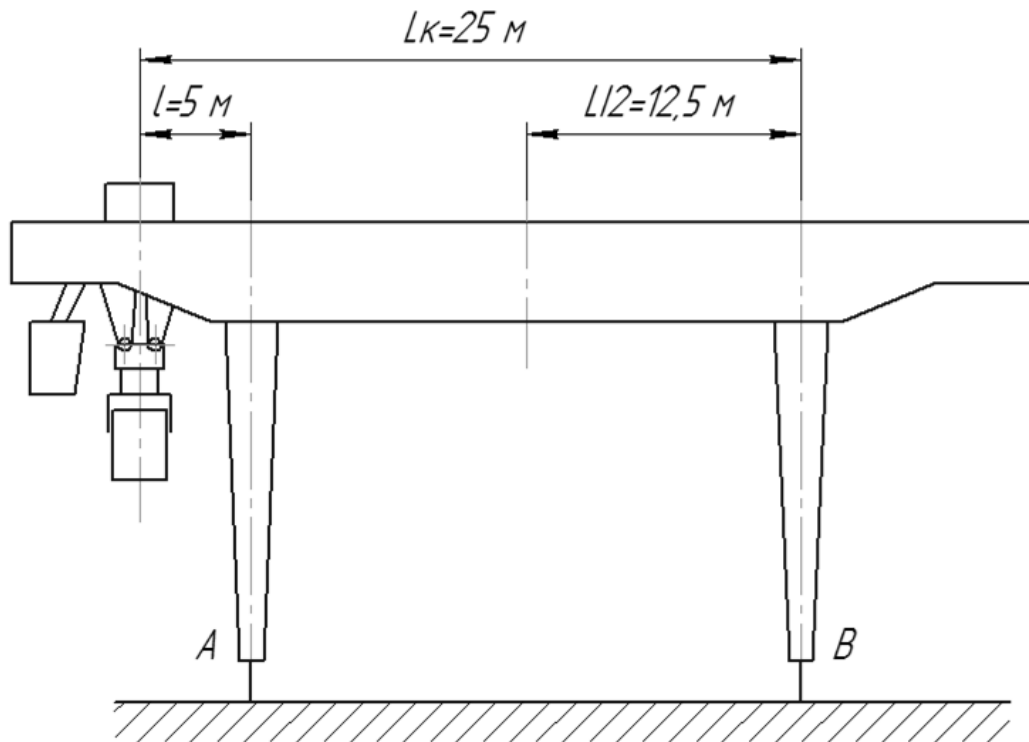


Рисунок 3 – Схема для определения нагрузок на ходовые колёса крана

Сумма моментов относительно точки B:

$$\Sigma M_B : -8R_A \cdot L_{кр} + G \cdot (l + L_{кр}) + G_{кр} \cdot \frac{L_{кр}}{2} = 0 ,$$

где $G_{кр}$ – вес крана, $G_{кр} = 220000 \cdot 9,81 = 2158200 \text{ Н}$;

G – вес захвата с грузом, тележки и кабины,

$$G = (30000 + 10000 + 48000 + 2500) \cdot 9,81 = 907425 \text{ Н};$$

$L_{кр}$ – пролёт крана, $L_{кр} = 25 \text{ м}$;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

l – расстояние от оси захвата при его крайнем положении до оси ходовых колёс l=5 м.

Тогда нагрузка на ходовое колесо:

$$R_A = \frac{907425 \cdot (25 + 5) + 2158200 \cdot 12,5}{8 \cdot 25} = 178542H ,$$

Выбираем приводные ходовые колёса: К2РП-560-1 по ОСТ 24.090.0975;

Неприводные ходовые колёса: К2РП-560-1 по ОСТ 24.090.0975;

Диаметр колёс: 560 мм;

Материал колёс – сталь 65Г по ГОСТ 14959-79, твёрдость НВ-330 (закалка, отпуск);

Рельс – Р43 по ГОСТ 4121-76.

2.3.3 Определение сопротивления передвижению крана с учётом ветровой нагрузки и уклона кранового пути

Сопротивление в ходовых колёсах с учётом трения реборд и торцов ступиц:

$$W_{\text{тр}} = \frac{(G_T + G_r) \cdot (2 \cdot \mu + f \cdot d_{\text{ц}})}{D_K} \cdot K_{\text{доп}} ,$$

где μ – коэффициент трения качения колес по рельсу, $\mu = 0,5$ мм;

f – коэффициент трения в подшипниках колес, $f = 0,015$;

$d_{\text{ц}}$ – диаметр цапфы вала колеса. В предварительных расчетах можно принять равным: $d_{\text{ц}}=120$ мм;

$K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительных сопротивлений (трения реборд), $K_{\text{доп}}=1,5$;

D_K – диаметр ходовых колёс, $D_K=560$ мм.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

$$W_{TP} = \frac{(2158200 + 412020) \cdot (2 \cdot 0,5 + 0,015 \cdot 120)}{560} \cdot 1,5 = 19277 \text{ Н};$$

Горизонтальная составляющая веса крана от уклона подкрановых путей:

$$W_y = \alpha \cdot (G_T + G_r),$$

где $\alpha = 0,003$ – уклон рельсового пути.

$$W_y = 0,003 \cdot 2570220 = 7711 \text{ Н}$$

Расчётная ветровая нагрузка рабочего состояния W_B при расчёте мощности двигателей механизмов принимается равной 70% от статической составляющей ветровой нагрузки W_{BP} :

$$W_B = 0,7 \cdot W_{BP} = 0,7 \cdot 35127 = 24589 \text{ Н.}$$

Полное статическое сопротивление передвижению крана:

$$W = W_{TP} + W_y + W_B = 19277 + 7711 + 24589 = 51577 \text{ Н.}$$

2.3.4 Выбор электродвигателя

Потребная мощность электродвигателя:

$$N = \frac{W \cdot V}{1000 \cdot \eta_M \cdot 8},$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

где V – скорость тележки, $V = 1$ м/с;

η_M – предварительное значение к.п.д. механизма, $\eta_M=0,85$.

$$N = \frac{51577 \cdot 1,0}{1000 \cdot 0,85 \cdot 8} = 7,8 \text{ кВт.}$$

По этим параметрам выбираем крановый электродвигатель серии МТФ 211–6 с фазным ротором: мощность на валу $N=9$ кВт, частота вращения выходного вала 935 об/мин; максимальный момент $M_{MAX}=320$ Н·м.

Пусковой момент:

$$M_{ПУСК} = \frac{M_{ПУСК}^{MIN} + M_{ПУСК}^{MAX}}{2};$$

$$M_{ПУСК}^{MIN} = 1,1 \cdot M_{НОМ};$$

$$M_{НОМ} = 9550 \cdot \frac{N}{n} = 9550 \cdot \frac{9}{935} = 133 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{ПУСК}^{MIN} = 1,1 \cdot 133 = 146 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{ПУСК}^{MAX} = 320 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{ПУСК} = \frac{146 + 320}{2} = 233 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

2.3.5 Выбор редуктора

Передачу выбирают, исходя из предварительно намеченной кинематической схемы механизма.

Типоразмер редуктора выбираем по расчетному эквивалентному вращающему моменту на выходном валу с учетом режима работы, необходимого передаточного числа и частоты вращения быстроходного вала.

Требуемое передаточное число передачи:

$$u_p = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}} \cdot D_K}{V_T},$$
$$u_p = \frac{3,14 \cdot 935 \cdot 0,56}{60} = 27,4$$

Эквивалентный момент на выходном валу редуктора:

$$M_e = \sqrt[3]{\frac{\sum N \cdot \mu}{N_{HO}}} \cdot M_{\text{max}},$$

где $\sum N = K_1 \cdot n \cdot n_w \cdot \sum t$, $\sum N = 1800 \cdot 0,935 \cdot 1 \cdot 6000 = 9,6 \cdot 10^6$;

$K_1 = 1800$ - коэффициент для передач с односторонней нагрузкой;

n – частота вращения тихоходного вала редуктора, с^{-1} ;

$n_w = 1$ - число зубчатых колес, сцепляющихся с тихоходным колесом редуктора;

$\sum t$ - время работы механизма за срок службы, для легкого режима работы принимаем $\sum t = 6000$ ч;

$\mu = 0,18$ - коэффициент интенсивности режима нагружения.

Базовое число циклов перемены напряжений выбирают, исходя из характеристик материала колес. Твердость рабочей поверхности зубьев колес редуктора $HВ = 290$, следовательно, принимаем $N_{HO} = 18,8 \cdot 10^6$.

Максимальный вращающий момент на тихоходном валу рассчитывается по формуле:

$$M_{\max} = W \cdot \frac{D_K}{2}, \quad M_{\max} = 51577 \cdot \frac{0,56}{2} = 14442 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$M_e = \sqrt[3]{\frac{9,6 \cdot 10^6 \cdot 0,18}{18,8 \cdot 10^6}} \cdot 14442 = 3887 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

По всем рассчитанным параметрам выбираем цилиндрический трехступенчатый редуктор типа ЦЗвк-250 с характеристиками: $U_{\text{ном}}=25$, $M_{\text{ном}}=4000 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $\eta=0,91$.

2.3.6 Выбор тормоза

Тормозной момент устройства передвижения крана находят при наличии достаточного сцепления ходового колеса с рельсом, которое исключило бы вероятность юза при торможении крана, передвигающегося со средней скоростью без груза.

Наибольшее допустимое замедление, при котором осуществляется данный запас сцепления ходовых колёс с рельсом, равный 1,2, находят следующим образом:

$$[j]_{\text{МММ}}^T = \left[\frac{m'}{n'} \cdot \left(\frac{\varphi}{K_{\text{СЦ}}} - f \cdot \frac{d}{D_{\text{ХК}}} \right) + (2 \cdot \mu + f \cdot d) \frac{1}{D_{\text{ХК}}} - \frac{W_B}{(G_{\text{КР}} + G_{\text{ЗАХ}})} + \frac{W_{\text{УК}}}{(G_{\text{КР}} + G_{\text{ЗАХ}})} \right] \cdot g,$$

где φ – коэффициент сцепления колеса с рельсом, $\varphi=0,12$;

$K_{\text{СЦ}}$ – коэффициент запаса сцепления, $K_{\text{СЦ}}=1,1$.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$[j]_{MAX}^V = \left[\frac{8}{18} \cdot \left(\frac{0,12}{1,1} - 0,015 \cdot \frac{12}{56} \right) + (2 \cdot 0,05 + 0,015 \cdot 12) \frac{1}{56} - \frac{24589 + 7711}{(2158200 + 98100)} \right] \cdot 9,81 = 0,42 \text{ м/с}^2$$

$$t_T^{MIN} = \frac{V}{[j]_{MAX}^V} = \frac{1}{0,42} = 2,38 \text{ с}$$

$$M_T = -\frac{W_T \cdot D_{XK}}{2 \cdot U} + (1,1 \dots 1,2) \cdot \frac{J_1 \cdot n}{9,55 \cdot t_T^{MIN}} + \frac{(G_{KP} + G_{3AX}) \cdot D_{XK}^2 \cdot n \cdot \eta_M}{38,2 \cdot t_T^{MIN} \cdot U^2}$$

Сопротивление от сил трения, появляющихся в ходовых колёсах при передвижении крана:

$$W^{Тбезр} = W_T^{безр} + W_{УК}^{безр} + W_B = 48280 \text{ Н} ,$$

$$M_T = -\frac{1}{2} \cdot \frac{48280 \cdot 0,56}{2 \cdot 25} + 1,15 \cdot \frac{31 \cdot 935}{9,55 \cdot 0,42} + \frac{2256300 \cdot 0,56^2 \cdot 935 \cdot 0,9}{38,2 \cdot 0,42 \cdot 25^2} = 196 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Выберем двухколесный тормоз, нормально замкнутый ТТ-200.

Предельный тормозной момент: $M_{MAX} = 200 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

Тормозной шкив: $D = 200 \text{ мм}$.

2.4 Проверочные расчеты механизма передвижения крана

2.4.1 Проверка электродвигателя механизма передвижения крана на время разгона

При транспортировке тележки с номинальным грузом наблюдается наибольшее время разгона, а ходу препятствуют уклон пути и ветер. Расчет делается по методу, такой же, как для механизма подъема.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

При работе с кранами в помещении время разгона, сек:

$$t_{P,TP} = \frac{\frac{\pi n_{ДВ}}{30} \left[\gamma J_1 + \frac{(m_{Г} + m_{Т}) r_{К}^2}{U_{P}^2 \eta_{мех}} \right]}{T_{СР.П} - T_{СТ.1}},$$

где $n_{ДВ}$ – номинальная частота вращения двигателя по каталогу при заданном ПВ, об/мин;

$m_{Г} m_{П}$ – масса груза с крюковой подвеской, кг;

U_{P} – передаточное число редуктора;

J_1 – момент инерции вращающихся масс первого вала, кг·м²;

$\gamma = 1,1 \dots 1,2$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращательных масс, размещенных на втором, третьем и последующих валах устройства;

$\eta_{мех}$ – КПД механизма;

$T_{СТ}$ – момент статических сопротивлений, направленных к валу двигателя, Н·м;

$r_{К}$ – радиус ходового колеса, м.

$$T_{СТ} = \frac{r_{К} (W_{TP} + W_{У})}{U_{P} \eta_{МЕХ}},$$

где W_{TP} , $W_{У}$ – силы сопротивления от трения и уклона, Н.

$$T_{СР.П} = T_{ОВН} \psi_{СР.П},$$

где $\psi_{СР.П} = 1,55$ – момента двигателей с кратностью среднего пуска фазным ротором;

$$T_{ДВ.Н} = 9554 \frac{P_{40}}{n_{40}},$$

где P_{40} – мощность двигателя заданного режима работы по каталогу при ПВ 40%, кВт;

n_{40} – частота вращения двигателя по каталогу при ПВ 40%.

$$T_{ДВ.Н} = 9554 \frac{9,0}{935} = 71,14,$$

$$T_{СР.П} = 71,14 \cdot 1,55 = 110,28,$$

$$T_{СТ} = \frac{0,28 \cdot 51577}{25 \cdot 0,83} = 47,36,$$

$$t_{Р.ТР} = \frac{3,14 \cdot 935}{30} \left[1,1 \cdot 1,7985 + \frac{51577 \cdot 0,28^2}{25 \cdot 0,83} \right] = 5,1с.$$

Приобретенное значение не более, данных значений времени торможения, следовательно, установленный электродвигатель обеспечит требуемую интенсивность работы.

2.4.2 Проверка механизма передвижения крана на отсутствие буксования

В время пуска механизма перемещения приводные колеса, контактируя с рельсовым полотном, тележка приводится в движение. Для получения корректной работы при разбеге и торможении требуется, чтобы приводные колеса катились по рельсам без скольжения (пробуксовки). Значит при просчете механизмов передвижения необходимо соблюсти определенное

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

соотношение между силой трения ходовых колес с рельсами и движущей силой, приложенной к ободьям ходовых колес. В данном случае расчет ведем без учета груза, когда усилие на приводные колеса будет наименьшим, а значит, снижена будет и сила сцепления колес с рельсами. Работа в момент пуска без проскальзывания приводных колес осуществляется при соблюдении неравенства:

$$W_{\text{сц}} > W_{\text{с.о}} + W_{\text{н.о}} \text{ или } W_{\text{сц}} \geq K_{\text{зап}}(W_{\text{с.о}} + W_{\text{н.о}}),$$

где $k_{\text{зап}} \geq 1,2$ - коэффициент запаса сцепления;

$$W_{\text{сц}} = G_{\text{сц}} \cdot \varphi - \text{сила сцепления колес с рельсами};$$

$$G_{\text{сц}} = G_T \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{всех}}} - \text{масса тележки, приходящаяся на приводные колеса, здесь};$$

$n_{\text{пр}}$, $n_{\text{всех}}$ – число приводных колес и общее число колес соответственно.

$$W_{\text{с.о.}} = G_T \left(\frac{fd_{\text{п}} + 2\mu}{D_{\text{к}}} \right) k_{\text{р}} + G_T \cdot \alpha + W_{\text{в}},$$

где $f = 0,1$ - коэффициент трения в подшипниках качения (для шарикоподшипников);

$$d_{\text{п}} = 50 \text{ мм-диаметр вала колеса в месте посадки подшипника};$$

$\mu = 0,4$ -коэффициент трения качения стального колеса по рельсу с плоской головкой;

$k_{\text{р}} = 2,5$ - коэффициент, учитывающий сопротивление трения реборд колеса в зависимости от назначения механизма, типа привода, формы обода колеса и типа токопровода;

$$\alpha = 0 - \text{уклон пути};$$

$$W_{\text{в}} = 0 - \text{сопротивление движению тележки, создаваемое силой ветра};$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$W_{H.O.} = \frac{G_T}{g} j$ - сопротивление от сил инерции и массы тележки.

Выражая параметры формулы для W_{CC} , и используя вышеназванные параметры, получим:

$$j_{доп} = g \left[\frac{n_{ПР}}{n_{ВСЕХ}} \left(\frac{\varphi}{k_{ЗАП}} + f \frac{d_{П}}{D_{К}} \right) - \left(\frac{f \cdot d_{П} + 2\mu}{D_{К}} \right) \cdot k_{P} \right],$$

где $j_{доп}$ - допустимое ускорение тележки.

Тогда, условием отсутствия пробуксовки колес тележки можно считать выражение:

$$j_{ФАКТ} \leq j_{доп},$$

где $j_{ФАКТ}$ - фактическое ускорение движения тележки, которое определяется зависимостью:

$$j_{ФАКТ} = \frac{V_{ТФ}}{t_P},$$

где $V_{ТФ}$ - фактическая скорость движения тележки;

t_P – время разгона механизма.

$$j_{доп} = 9,81 \left[\frac{2}{4} \left(\frac{0,2}{1,2} + 0,1 \frac{0,05}{0,56} \right) - \left(\frac{0,1 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,4}{0,56} \right) \cdot 2,5 \right] = 0,245 \text{ м/с}^2.$$

$$j_{ФАКТ} = \frac{0,5}{5,1} = 0,098 \text{ м/с}^2.$$

$$j_{ФАКТ} = 0,098 \leq j_{доп} = 0,245.$$

Условие отсутствия пробуксовки выполняется, следовательно, при разбеге тележки проскальзывание колес относительно рельсов не будет отсутствовать.

Для контроля условия отсутствия скольжения (проскальзывания колес тележки по рельсам во время торможения) и есть выражение аналогичные ранее приведенным, но с противоположным знаком, значит:

$$j_{\text{доп}} = 9,81 \left[\frac{2}{4} \left(\frac{0,2}{1,2} - 0,1 \frac{0,05}{0,56} \right) + \left(\frac{0,1 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,0004}{0,56} \right) \right] = 0,978 \text{ м/с}^2,$$

$$j_{\text{факт}} = \frac{0,5}{5,1} = 0,098 \text{ м/с}^2,$$

$$j_{\text{факт}} = 0,098 \leq j_{\text{доп}} = 0,978.$$

Условие отсутствия скольжения осуществляется, таким образом, при остановке тележки юза колес относительно рельсового полотна не будет.

2.5 Механизм передвижения тележки

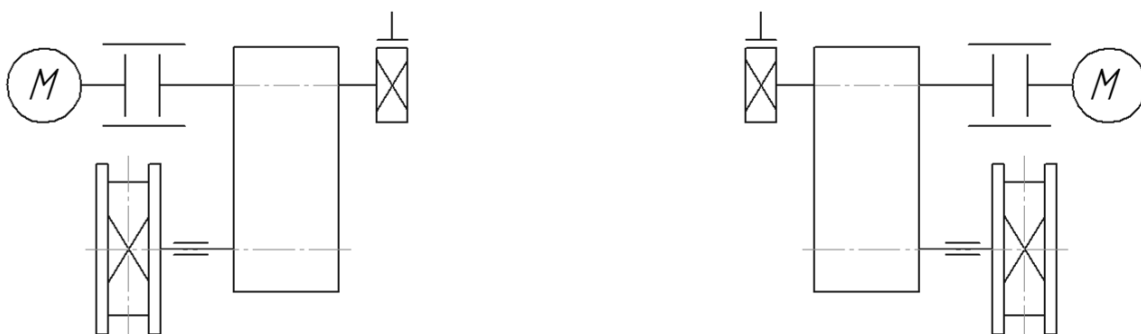


Рисунок 4 – Кинематическая схема механизма перемещения тележки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Исходные данные:

Кран КК-32

Скорость передвижения тележки, м/мин $V=35$

Данные для расчёта, с изменёнными данными:

Скорость передвижения тележки, м/мин $V=41,5$

2.5.1 Определение статической нагрузки на колеса

Выбор колес производится по максимальной статической нагрузке, которая для тележек определяется по формуле:

$$P_{\text{MAX}} = \frac{G_{\Gamma} + G_{\text{T}}}{Z} \cdot K_{\text{H}},$$

где G_{Γ} , G_{T} – вес номинального груза главного подъема и тележки соответственно.

Вес тележки для среднего режима работы в предварительных расчетах принимают:

$$G_{\text{T}} \approx (0,25 \div 0,35) \cdot G_{\Gamma},$$

Z – число колес;

$K_{\text{H}} = 1,25$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки на колеса.

$$P_{\text{MAX}} = \frac{(123,6 + 372,8) \cdot 10^3}{4} \cdot 1,25 = 155 \text{ кН.}$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

2.5.2 Выбор колес

Установлены колёса по ОСТ 24.090.44–82 при нагрузке (100÷200) кН диаметр ходового колеса $D_K=400$ мм. Установленные колеса соответствуют требованиям.

2.5.3 Определение сопротивления движению тележки

Полное сопротивление передвижению тележки в период разгона, приведенное к ободу колеса, рассчитывается по формуле:

$$W=W_{\text{ТР}}+W_{\text{У}}+W_{\text{В}}+W_{\text{ИН}}+W_{\text{ГИБ}},$$

где $W_{\text{ТР}}$ – сопротивление, создаваемое силами трения, определяется по формуле:

$$W_{\text{ТР}}=\frac{(G_T + G_G) \cdot (2 \cdot \mu + f \cdot d_{\text{Ц}})}{D_K} \cdot K_{\text{доп}}.$$

где $\mu = 0,5$ мм – коэффициент трения качения колес по рельсу;

$f = 0,015$ – коэффициент трения в подшипниках колес;

$d_{\text{Ц}}$ – диаметр цапфы вала колеса. В предварительных расчетах можно принять равным: $d_{\text{Ц}}=100$ мм;

$K_{\text{доп}}=2,5$ – коэффициент дополнительных сопротивлений (трения реборд и токосъемного устройства).

$$W_{\text{ТР}}=\frac{(123600 + 372800)(2 \cdot 0,5 + 0,015 \cdot 100)}{400} \cdot 2,5 = 9770 \text{ Н.}$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

W_y – сопротивление, создаваемое уклоном пути;

$$W_y = \alpha \cdot (G_T + G_r),$$

где $\alpha = 0,002$ – уклон рельсового пути.

$$W_y = 0,002 \cdot (123600 + 372800) = 1250 \text{ Н.}$$

где W_B – сопротивление, создаваемое ветром.

Расчётная ветровая нагрузка рабочего состояния W_B при расчёте мощности двигателей механизмов принимается равной 70% от статической составляющей ветровой нагрузки W_{BP} :

$$W_B = 0,7 \cdot W_{BP} = 0,7 \cdot 20660 = 14462 \text{ Н,}$$

где $W_{ин}$ – сопротивление, создаваемое инерцией вращающихся и поступательно движущихся масс тележки; рассчитывается по формуле:

$$W_{ин} = \delta \cdot m_T \cdot a ,$$

где $\delta = 1,25$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс;

m_T – масса тележки; $m_T = 12600$ кг;

a – ускорение при разгоне.

Значение a предварительно можно принять равным:

$$(0,5 \div 1,0) \cdot [a],$$

где $[a] = 0,05 \text{ м/с}^2$. Принимаем $a = 0,035 \text{ м/с}^2$.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$W_{\text{ИН}}=1,25 \cdot 12600 \cdot 0,035=550 \text{ Н,}$$

где $W_{\text{ГИБ}}$ – сопротивление, создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске;

Рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{ГИБ}}=(Q+m_{\text{П}}) \cdot a,$$

где Q – грузоподъемность крана;

$m_{\text{П}}$ – масса подвески (табличная величина).

$$W_{\text{ГИБ}}=(30+8) \cdot 103 \cdot 0,035=1344 \text{ Н.}$$

$$W=9770+1250+14462+550+1344=27,4 \text{ кН.}$$

2.5.4 Выбор электродвигателя

Выбирается двигатель по необходимой мощности и по сравнительной продолжительности включения (при среднем режиме работы - 25%):

$$N_{\text{СТ}}=\frac{W \cdot V_{\text{T}}}{\eta_{\text{М}} \cdot \varphi_{\text{СР.П.}}},$$

где W – сопротивление перемещению тележки, так как на кране установлено два механизма передвижения, то сопротивление перемещению тележки делим пополам,

$$W=27,4/2=13,7 \text{ кН;}$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

$V_T=41,5$ м/мин = 0,69 м/с - скорость тележки;

$\eta_M=0,87$ - предварительное значение к.п.д. механизма;

$\varphi_{ср.п.}$ – момент кратности среднего пуска двигателя по отношению к номинальному, для асинхронных двигателей с фазным ротором (МТФ и МТН)

$\varphi_{ср.п.}=1,5 \div 1,6$. Принимаем $\varphi_{ср.п.}=1,55$.

$$N_{ст} = \frac{13,7 \cdot 0,69}{0,87 \cdot 1,55} = 4,6 \text{ кВт.}$$

По полученным параметрам выбираем электродвигатель для крана серии МТФ 112–6 с фазным ротором: мощность на валу $N=5,8$ кВт, частота вращения выходящего вала 915 об/мин; масса $m=88$ кг. Заменяемый МТФ 111–6 с фазным ротором: мощность на валу $N=4,1$ кВт, частота вращения выходящего вала 870 об/мин; масса $m=76$ кг.

2.5.5 Выбор передачи

Передачу выбираем, отталкиваясь от предварительно намеченной кинематической схемы механизма.

Механизм редуктора находим по расчетному эквивалентному вращающему моменту на выходящем валу с рабочими режимами, нужного передаточного числа и частоты оборотов быстроходного вала.

Искомое передаточное число передачи:

$$u_p = \frac{\pi \cdot n_{ос} \cdot D_K}{V_T},$$

$$u_p = \frac{3,14 \cdot 915 \cdot 0,4}{41,5} = 30.$$

Эквивалентный момент на выходном валу редуктора:

$$M_e = \sqrt[3]{\frac{\Sigma N \cdot \mu}{N_{HO}}} \cdot M_{\max},$$

где $\Sigma N = K_1 \cdot n \cdot n_w \cdot \Sigma t$, $\Sigma N = 1800 \cdot 0.61 \cdot 1 \cdot 10000 = 10,98 \cdot 10^6$;

$K_1 = 1800$ - коэффициент для передач с односторонней нагрузкой;

n - частота оборотов вращения тихоходного вала редуктора, с-1;

$n_w = 1$ - число зубчатых колес, сцепляющихся с тихоходным колесом редуктора;

Σt - время работы механизма за период службы, для легкого режима работы принимаем $\Sigma t = 10000$ ч;

$\mu = 0,18$ - коэффициент интенсивности режима нагруженности.

Основное число циклов перемены напряжений находят, исходя из характеристик материала колес. Твердость рабочей поверхности зубьев колес редуктора $HВ = 290$, следовательно, принимаем $N_{HO} = 18,8 \cdot 10^6$.

Наибольший вращающий момент на тихоходном валу рассчитывается по формуле:

$$M_{\max} = W \cdot \frac{D_K}{2},$$

$$M_{\max} = 13700 \cdot \frac{0,4}{2} = 1780 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$M_e = \sqrt[3]{\frac{10,98 \cdot 10^6 \cdot 0,18}{18,8 \cdot 10^6}} \cdot 1780 = 840 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

После всех расчётов и параметров выбираем цилиндрический трехступенчатый редуктор типа ВК-475 $U_{\text{НОМ}}=31,5$, $M_{\text{НОМ}}=1950$ Н·м, $\eta=0,91$, $m=215$ кг. Редуктор под замену ВК-550 с характеристиками: $U_{\text{НОМ}}=32,9$, $M_{\text{НОМ}}=10,9$ кН·м, $\eta=0,91$, $m=279$ кг.

2.5.6 Выбор тормоза

Согласно правилам Ростехнадзор РФ в данном механизме передвижения должен быть установлен тормоз, т.к. тележка, предназначенная для работы на надземном рельсовом пути, перемещается со скоростью больше 0,53 м/с ($V_T=1,3$ м/с).

Расчетный тормозной момент механизма при работе крана на открытой площадке определяется для движения тележки без груза, под уклон. в предположении, что реборды колес не задевают головки рельсов:

$$M=M_y+M_{\text{ИН}}-M_{\text{ТР}},$$

где M_y – момент, создаваемый уклоном пути.

Рассчитывается по формуле:

$$M_y = \frac{W_y \cdot D_K \cdot \eta_M}{2 \cdot u_P},$$

где W_y – сопротивление передвижению тележки, создаваемое уклоном (α – уклон рельсового пути):

$$W_y = \alpha \cdot G_T,$$

$$W_y = 0,002 \cdot 123600 = 247 \text{ Н},$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$M_y = \frac{247 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \cdot 0,88}{2 \cdot 31,5} = 1,03 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$M_{ин}$ – момент, создаваемый инерцией.

Рассчитывается по формуле:

$$M_{ин} = \frac{W_{ин} \cdot D_K \cdot \eta_M}{2 \cdot u_p},$$

где $W_{ин}$ – сопротивление передвижению тележки, создаваемое инерцией (δ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс механизма; при скорости менее 1 м/с $\delta=1,25$).

$$W_{ин} = \delta \cdot m_T \cdot a,$$

$$W_{ин} = 1,25 \cdot 12600 \cdot 0,035 = 551 \text{ Н},$$

$$M_{ин} = \frac{551 \cdot 400 \cdot 10^{-3} \cdot 0,88}{2 \cdot 31,5} = 2,29 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$M_{тр}$ – момент, создаваемый трением.

Рассчитывается по формуле:

$$M_{тр} = \frac{W_{тр} \cdot D_K}{2 \cdot u_p \cdot \eta_M},$$

где $W_{тр}$ – сопротивление передвижению тележки, создаваемое трением ($K_{трол}$ = 1,25 – коэффициент, учитывающий сопротивление движению тележки от троллейного токопровода):

$$W_{TP} = \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d_{ц}}{D_k} \cdot K_{TPOЛ} \cdot G_T,$$

$$W_{TP} = \frac{2 \cdot 0,5 + 0,015 \cdot 100}{400} \cdot 1,25 \cdot 123,6 \cdot 10^3 = 751,6 \text{ Н},$$

$$M_{TP} = \frac{751,6 \cdot 400 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 32,9 \cdot 0,88} = 5,19 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$M = 1,03 + 2,29 - 5,19 = -1,9 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

По рассчитанным параметрам выбираем колодочный тормоз с электромагнитным приводом переменного тока ТКГ-160 со следующими характеристиками: $T_{ном} = 100 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $m = 21,5 \text{ кг}$. Установленный на кране тормоз ТКГ-160 полностью удовлетворяет условиям.

2.5.7 Выбор соединительных муфт

Муфты выбираем в зависимости от передаваемого вращающего момента и условий работы по формуле:

$$M_p = K \cdot M_{кр} \leq [M_{кр}],$$

где M_p - расчетный вращающий момент;

K - коэффициент запаса прочности;

$M_{кр}$ - действующий вращающий момент;

$[M_{кр}]$ - допускаемый вращающий момент для муфты.

Коэффициент запаса прочности: $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ (В этой формуле:

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

K1 - коэффициент, учитывающий степень ответственности соединения, K2 - коэффициент режима работы, K3 - коэффициент углового смещения).

Подбираем муфты:

Для промежуточного вала редуктора:

$$K=1,8 \cdot 1 \cdot 1,25=2,25.$$

$$M_{кр}=4606 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

Тогда $M_p=2,25 \cdot 4606=10364 \text{ Н}\cdot\text{м} < 1800 \text{ Н}\cdot\text{м} \Rightarrow$ МЗП №6 по ГОСТ 5006-55.

Для быстроходного вала редуктора:

$$K=1,8 \cdot 1 \cdot 1,5=2,7.$$

$M_p=2,7 \cdot 140=378 \text{ Н}\cdot\text{м} < 710 \text{ Н}\cdot\text{м} \Rightarrow$ МЗ №1 с тормозным шкивом по ГОСТ 5006-55.

2.6 Проверочные расчеты механизма передвижения тележки

2.6.1 Проверка электродвигателя механизма передвижения тележки на время разгона

Наибольшее время разгона наблюдается тогда, когда тележка транспортирует номинальный груз, а уклон пути и ветер препятствуют движению. Расчет проводится по методике, аналогичной для механизма подъема.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

При работе с кранами в помещении время разгона, сек:

$$t_{P.TP} = \frac{\frac{\pi n_{ДВ}}{30} \left[\gamma J_1 + \frac{(m_{Г} + m_{Т}) r_{К}^2}{U_{P}^2 \eta_{мех}} \right]}{T_{СР.П} - T_{СТ.1}},$$

где $n_{ДВ}$ – номинальная частота вращения двигателя по каталогу при заданном ПВ, об/мин;

$m_{Г} m_{П}$ – масса груза и крюковой подвески, кг;

U_{P} – передаточное число редуктора;

J_1 – момент инерции вращающихся масс первого вала, кг·м²; $\gamma = 1, 1 \dots 1, 2$ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс, расположенных на втором, третьем и последующих валах механизма;

$\eta_{мех}$ – КПД механизма;

$T_{СТ}$ – момент статических сопротивлений, приведенный к валу двигателя, Н·м;

$r_{К}$ – радиус ходового колеса, м.

$$T_{СТ} = \frac{r_{К} (W_{TP} + W_{У})}{U_{P} \eta_{МЕХ}},$$

где W_{TP} , $W_{У}$ – силы сопротивления от трения и уклона, Н.

$$T_{СР.П} = T_{ОВН} \psi_{СР.П},$$

где $\psi_{СР.П} = 1,55$ – кратность среднепускового момента двигателей с фазным ротором;

$$T_{ДВ.Н} = 9554 \frac{P_{40}}{n_{40}},$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

где P_{40} – мощность двигателя по каталогу при ПВ 40% вне зависимости от заданного режима работы, кВт;

n_{40} – частота вращения двигателя по каталогу при ПВ 40%.

$$T_{дв.н} = 9554 \frac{5,8}{915} = 71,14,$$

$$T_{ср.л} = 71,14 \cdot 1,55 = 110,28,$$

$$T_{ст} = \frac{0,1 \cdot 27400}{31,5 \cdot 0,83} = 47,36,$$

$$t_{р.тп} = \frac{\frac{3,14 \cdot 915}{30} \left[1,1 \cdot 1,7985 + \frac{27400 \cdot 0,1^2}{31,5 \cdot 0,83} \right]}{110,28 - 47,36} = 5,1с$$

Полученное значение не больше рекомендуемых значений времени торможения следовательно, принятый электродвигателя обеспечит необходимую интенсивности работы.

2.6.2 Проверка механизма передвижения тележки на отсутствие буксования

В процессе запуска ведущие колеса механизма передвижения, контактируют с рельсами приводя в движение тележку. Для корректной работы, при наборе скорости и остановки требуется, чтобы качение колес по рельсам происходило без буксования (проскальзывания). Тогда в расчете механизмов перемещения нужно выполнить некоторую связь между силами

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

сцепления колес с рельсами и движущей силой, приложенной к ободу колес. В нашем случае принимаем работу без груза, когда усилие на приводимые колеса будет минимальным, таким образом, снижена будет и сила сцепления колеса с рельсом. Работа в момент пуска без пробуксовки приводных колес достигается при соблюдении следующего неравенства:

$$W_{\text{сц}} > W_{\text{с.о}} + W_{\text{н.о}} \text{ или } W_{\text{сц}} \geq K_{\text{зап}} (W_{\text{с.о}} + W_{\text{н.о}}),$$

где $k_{\text{зап}} \geq 1,2$ - коэффициент резерва сцепления;

$$W_{\text{сц}} = G_{\text{сц}} \cdot \varphi - \text{сила сцепления колес с рельсами}$$

$$G_{\text{сц}} = G_T \frac{n_{\text{пр}}}{n_{\text{всех}}} - \text{все ведущие колёса, приходящиеся на тележку, здесь:}$$

$n_{\text{пр}}$, $n_{\text{всех}}$ – количество ведущих колес, а следовательно общее число колес.

$$W_{\text{с.о.}} = G_T \left(\frac{fd_{\text{п}} + 2\mu}{D_{\text{к}}} \right) k_{\text{р}} + G_T \cdot \alpha + W_{\text{в}},$$

где $f = 0,1$ -коэффициент трения в подшипниках (для шарикоподшипников);

$$d_{\text{п}} = 50 \text{ мм-диаметр вала колеса в месте посадки подшипника;}$$

$\mu = 0,4$ -коэффициент трения качения стального колеса по рельсу с плоской головкой;

$k_{\text{р}} = 2,5$ - коэффициент, соответствующий при трении реборд колеса в зависимости от назначения устройства, типа привода, конфигурации обода колеса и типа токопривода;

$$\alpha = 0 - \text{угол уклона пути;}$$

$$W_{\text{в}} = 0 - \text{сопротивление ходу тележки, создаваемое силой ветра;}$$

$$W_{\text{н.о.}} = \frac{G_T}{g} j - \text{сопротивление от сил инерции массы тележки;}$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Выражая значения формулы для $W_{\text{СЦ}}$, и используя вышеназванные параметры, примем:

$$j_{\text{доп}} = g \left[\frac{n_{\text{ПР}}}{n_{\text{ВСЕХ}}} \left(\frac{\varphi}{k_{\text{ЗАП}}} + f \frac{d_{\text{П}}}{D_{\text{К}}} \right) - \left(\frac{f \cdot d_{\text{П}} + 2\mu}{D_{\text{К}}} \right) \cdot k_{\text{Р}} \right],$$

где $j_{\text{доп}}$ - потенциальное форсирование тележки.

Теперь, обстоятельством отсутствия буксования колес тележки можно находить выражением:

$$j_{\text{ФАКТ}} \leq j_{\text{доп}},$$

где $j_{\text{ФАКТ}}$ - действительное убыстрение хода тележки, которое устанавливается зависимостью:

$$j_{\text{ФАКТ}} = \frac{V_{\text{ТФ}}}{t_{\text{Р}}},$$

где $V_{\text{ТФ}}$ - фактическая скорость хода тележки;

$t_{\text{Р}}$ – момент разбега механизма.

$$j_{\text{доп}} = 9,81 \left[\frac{2}{4} \left(\frac{0,2}{1,2} + 0,1 \frac{0,05}{0,4} \right) - \left(\frac{0,1 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,4}{0,4} \right) \cdot 2,5 \right] = 0,245 \text{ м/с}^2,$$

$$j_{\text{ФАКТ}} = \frac{0,5}{5,1} = 0,098 \text{ м/с}^2,$$

$$j_{\text{ФАКТ}} = 0,098 \leq j_{\text{доп}} = 0,245,$$

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Задача отсутствия пробуксовки реализуется, следовательно, при разбеге тележки проскальзывание колес относительно рельсов не будет.

Для проверки требования отсутствия скольжения являются выражение подобные вышеприведенным, но с противоположными знаками, отчего:

$$j_{\text{доп}} = 9,81 \left[\frac{2}{4} \left(\frac{0,2}{1,2} - 0,1 \frac{0,05}{0,4} \right) + \left(\frac{0,1 \cdot 0,05 + 2 \cdot 0,0004}{0,4} \right) \right] = 0,978 \text{ м/с}^2$$

$$j_{\text{факт}} = \frac{0,5}{5,1} = 0,098 \text{ м/с}^2$$

$$j_{\text{факт}} = 0,098 \leq j_{\text{доп}} = 0,978$$

Требование отсутствия пробуксовки осуществляется значит, при торможении грузовой тележки проскальзывание колес по рельсам отсутствует.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Задача данного раздела – рассчитать смету затрат на разработку документации для разработки нового механизма подъёма спредера козлового крана. Работа предполагает выполнение расчётов, графических работ, расчёт механизмов козлового крана с условием соблюдения требований нормативно-технической документации, норм безопасности труда и экологической безопасности.

3.1 Расчёт сметы затрат на разработку документации

При выполнении расчёта сметы затрат произведены следующие расчёты:

1. Расчёт объёма затрат на инженерно-технические работы с учётом квалификации исполнителей;
2. Расчёт материальных затрат;
3. Расчёт амортизации оборудования, применяемого при выполнении работ;
4. Расчёт амортизации программного обеспечения, применяемого при выполнении работ;
5. Расчёт затрат на электроэнергию;
6. Расчёт общеинститутских расходов;

3.2 Расчёт объёма затрат на инженерно-технические работы с учётом квалификации исполнителей

При определении объёма затрат на инженерно-технические работы были использованы следующие данные:

- размер заработной платы студента 10000 рублей в месяц;

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

- размер заработной платы преподавателя (руководителя) 73,22 рубля в час;

- суммарная продолжительность работы 4 месяца;

Результаты расчётов сведены в таблице 1.

Заработная плата работников, участвующих в работе, определяется на основе средних должностных окладов и трудоёмкости по каждому этапу в отдельности.

Таблица 1 – Расчёт объёма затрат на инженерно-технические работы с учётом квалификации исполнителей

№ п/п	Этапы разработки и содержание работ	Должность исполнителя	Затраты, час	Стоимость одного часа, руб	Количество исполнителей	Общая Стоимость, руб
1	2	3	4	5	6	7
1	Подготовительный этап (подбор и изучение научно-технической литературы и др. материалов, анализ состояния вопроса)	Преподаватель	10	73,22	1	732,2
		Стедент	72	65,2	1	4500
2	Теоретическая разработка (разработка технических обоснований, сбор данных)	Преподаватель	16	73,22	1	1171,52
		Стедент	76	65,2	1	4955,2
3	Проектирование нового механизма подъёма	Преподаватель	8	73,22	1	585,76
		Стедент	156	65,2	1	10171,2
4	Анализ влияния изменений на работу крана (раскачивание груза)	Стедент	100	65,2	1	6520
5		Составление и оформление записки	Преподаватель	8	73,22	1
	Стедент		160	65,2	1	10432
6	Утверждение результатов	Преподаватель	8	73,22	1	585,76
		Стедент	20	65,2	1	1304
Сумма:						41543,2
Итого (с учётом налога 13%)						46943,82

3.3 Расчёт материальных затрат

При расчёте материальных затрат были выявлены материалы, которые использовались при написании выпускной квалификационной работы.

Результаты сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчёт материальных затрат

№ п/п	Наименование материала	Единицы измерения	Кол-во	Стоимость единицы, руб	Общая стоимость, руб
1	2	3	4	5	6
1	Диск 700 Мб	шт.	5	15	75
2	Бумага	лист	500	0,3	150
3	Карандаш	шт.	1	10	10
4	Ручка	шт.	3	10	30
5	Корректор	шт.	1	30	30
Итого					295
Итого с учётом транспортных и заготовительных расходов 5-10%					322

3.4 Расчёт амортизации оборудования, применяемого при выполнении работ

Амортизационные отчисления рассчитываются в зависимости от продолжительности использования оборудования. Расчёт амортизационных отчислений производим по формуле:

$$A_{\text{ам}} = C \cdot K_{\text{ч}} / P_{\text{ч}}, \text{ руб}$$

где С – первоначальная стоимость оборудования, С=25000 руб;

$K_{\text{ч}}$ – количество часов занятости оборудования на данной работе;

$K_{\text{ч}} = 360$ ч;

$P_{\text{ч}}$ – предполагаемый ресурс работы оборудования, $P_{\text{ч}} = 12000$ ч.

$$A_{\text{ам}}=25000 \cdot 360 / 12000=750 \text{ руб.}$$

3.5 Расчёт амортизации программного обеспечения, применяемого при выполнении работ

Амортизационные отчисления рассчитываются в зависимости от продолжительности использования оборудования и количества пользователей. Расчёт амортизационных отчислений производим по формуле:

$$A_{\text{ам}}=C \cdot K_{\text{ч}} / P_{\text{ч}},$$

где C – первоначальная стоимость программного обеспечения,

$$C=138000 \text{ руб.};$$

$K_{\text{ч}}$ – количество часов использования программного обеспечения на данной работе, $K_{\text{ч}}=300$ ч;

$$P_{\text{ч}} – \text{предполагаемый ресурс работы оборудования, } P_{\text{ч}}=10000 \text{ ч.}$$

$$A_{\text{ам}}=138000 \cdot 300 / 10000=4140 \text{ руб}$$

3.6 Расчёт затрат на электроэнергию

Для проведения работ использовался один ПК, потребляемая электрическая мощность которого составляет 0,25 кВт и искусственное освещение мощностью 0,96 кВт. Расходы на потребляемую электроэнергию определены как произведение потребляемой мощности приборов на количество часов работы приборов и на стоимость одного кВт. часа

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

электроэнергии. Результаты расчётов затрат на электроэнергию сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расходы на потребляемую электроэнергию

Потребитель электроэнергии	Потребляемая мощность, кВт/ч	Количество часов занятости оборудования на данной работе, ч	Стоимость одного кВт/ч, руб	Затраты на электроэнергию (Зэл.п), руб
1	2	3	4	5
ПЭВМ	0,25	300	4,5	337,5
Искусственное освещение	0,96	90	4,5	388,8
Итого общие затраты на электроэнергию				726,3

3.7 Расчёт общеинститутских расходов

К общеинститутским расходам относятся учебные расходы, содержание библиотек, расходы на отопление, освещение, воду, содержание обслуживающего персонала, лабораторий и т.д.

Общеинститутские расходы предусматриваем в размере 100% от суммы заработной платы без начисления на социальные нужды, таблица 4.

На основании всех произведённых расчётов составляем сводную смету затрат на выполнение всей работы, таблица 4.

Таблица 4 – Сводная смета затрат на разработку документации для разработки нового механизма подъёма спредера и нового механизма передвижения тележки козлового контейнерного крана

№ п/п	Наименование затрат	Сумма, руб	% к итогу
1	2	3	4
1	Затраты на инженерно-технические работы	46943,82	49,7
2	Материальные затраты	322	0,3
3	Амортизация оборудования	750	0,8
4	Амортизация программного обеспечения	4140	4,4

5	Затраты на электроэнергию	726,3	0,8
6	Общеинститутские расходы	41543,2	44
	Итого:	94425,32	100

Таким образом, общие затраты на создание документации для разработки нового механизма подъёма спредера и нового механизма передвижения тележки козлового контейнерного крана составляют 94425,32 руб.

3.8 Текущие расходы на ремонт

К текущим расходам на модернизацию контейнерного крана относятся:

1. Затраты на материалы, таблица 5.

Таблица 5 – Затраты на материалы

Наименование	Сумма, руб
- Привод подъёма груза,	60000
- Привод перемещения тележки	75000
- Сопутствующий материал (швеллеры, уголки, электроды)	18000

Суммарные затраты на требуемые для ремонта материалы: 153000 руб.

2. Заработная плата рабочим.

Рассчитаем заработную плату работников за месяц, время, которое будет длиться ремонт.

Таблица 6. Заработная плата рабочих

Сотрудник	Заработная плата
Сварщик	18000
Слесарь	15000
Бригадир	22000

Суммарные затраты на заработную плату рабочим: 55000 руб.

Отчисления на социальные нужды:

$$S=55000 \cdot 0,3=16500 \text{ руб.}$$

3. Амортизационные отчисления.

$$A = n \cdot n_a,$$

где n – стоимость аппаратуры;

$n_a = 0,2$ – норма амортизации.

К используемой аппаратуре относится сварочный аппарат стоимостью 25000 руб.

$$A = 2500 \cdot 0,2 = 5000 \text{ руб.}$$

4. Затраты на электроэнергию.

Затраты на электроэнергию складываются из затрат на освещение помещения и обеспечения работы сварочного оборудования.

Расчет электроэнергии на освещение:

$$W_o = 0,001 \cdot c \cdot F \cdot T_d,$$

где W_o – годовой расход осветительной электроэнергии, кВт·ч;

c – средний расход электроэнергии за 1ч на 1м^2 площади (для производственных отделений $c = 15 \dots 18$ Вт);

F – освещаемая площадь, м^2 ;

T_d – число часов осветительной нагрузки, ч, $T_d = 200$ ч.

$$W_o = 0,001 \cdot 15 \cdot 40 \cdot 200 = 100 \text{ кВт·ч.}$$

$$Z_{\text{э}} = 100 + 100 = 200 \text{ кВт·ч}$$

При тарифе 4,5 руб/кВт получаем затраты на электроэнергию 900 руб.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$153000+55000+5000+900=213900 \text{ руб}$$

Таким образом, текущие расходы на ремонт крана электрического мостового составляют 213900 рублей.

Общие расходы на создание конструкторской документации и ремонт крана составляют: $94425,32 + 213900 = 308325,32$ рублей.

3.9 Расчёт увеличения производительности погрузочно-разгрузочного цикла

Таблица 7 – Техничко-экономические показатели работы

Показатели	Варианты	
	Базовый	Проектный
Средняя высота подъёма груза, м	6	6
Среднее перемещение тележки с контейнером, м	30	30
Среднее перемещение крана с контейнером, м	50	50
Скорость подъёма, м/сек	0,2	0,25
Скорость перемещения тележки, м/сек	0,57	0,7
Скорость перемещения крана, м/сек	1	1
Среднее время подъёма-опускания груза, сек	$\frac{6 \cdot 2}{0,2} = 60$	$\frac{6 \cdot 2}{0,25} = 48$
Среднее время перемещения груза краном, сек	$\frac{50}{1} = 50$	$\frac{50}{1} = 50$
Среднее время перемещение груза тележкой, сек	$\frac{30}{0,57} = 53$	$\frac{30}{0,7} = 42$
Среднее время погрузо-разгрузочного цикла (суммарное среднего времени операций), сек	163	140
Прирост производительности погрузочно-разгрузочных работ составил 16,4%		
Единовременные затраты		
Показатели	Сумма, руб.	
Затраты на разработку документации	94425,32	
Текущие затраты		
Затраты на материалы	153000	
Затраты на зарплату, отчисления в ЕСН	55000	

Амортизационные отчисления	5000
Затраты на электроэнергию	400
Итого	307408,92

Учитывая, что козловой кран не является машиной циклического действия, прирост производительности погрузочно-разгрузочных работ может изменяться.

Экономический эффект, время окупаемости:

$$T_o = \frac{K_{АП}}{\mathcal{E} \cdot (C_{БАЗ} - C_{ПР})},$$

$$T_o = \frac{307408,92}{16,4 \cdot (55000 - 35000)} = 1 \text{ год}$$

Вывод: экономическая эффективность модернизации оборудования, повышение производительности погрузочно-разгрузочных работ на 16,4%, снижение затрат на обслуживание оборудования 20000 руб., время окупаемости 1 год.

4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Безопасность труда по ГОСТ 12.0.003-74

4.1.1 Идентификация опасных и вредных факторов

К опасным механическим воздействиям в промышленности на организм человека, относят:

- Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; разрушающиеся конструкции; повышенная запыленность воздуха рабочей зоны; острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхности заготовок, инструмента и оборудования; расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола) и др.

Средства, призванные обеспечить безопасность труда человека от механических опасностей, делятся на:

- Средства коллективной защиты, обеспечивающие защиту всех работающих на участке (ограждения, блокировки, звуковые и световые сигнализации и пр.);

- Средства индивидуальной защиты, повышающие защитные свойства человека (защита человека с помощью специальной обуви, одежды, защитных касок, масок, а также светофильтров, вибро- и шумозащитных устройств), к которым относится также и обучение взаимодействию с оборудованием в опасной зоне.

Основным нормативным документом для конструкторов, технологов, организаторов производства по созданию безопасного производственного оборудования и технологических процессов являются стандарты ССБТ.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

4.1.2 Электробезопасность

Класс опасности по поражению электротоком.

Повышенная опасность в помещениях, характеризуется наличием в них одного из перечисленных условий, формирующих повышенную опасность:

Влажности более 75 % или токопроводящей пыли;

Токопроводящих полов (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т.п.);

Высокой температуры (выше 35 °С);

Вероятности синхронного касания человека к имеющим соединение с землей металлическим конструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой.

Обеспечение электробезопасности техническими способами и средствами

Для гарантированной защиты от случайного касания к токоведущим элементам требуется использовать следующие способы и средства:

- Защитные изоляции проводов;
- Защитные ограждения;
- Защитные барьеры электрооборудования.
- Изоляция токоведущих шин (основная, вторичная, усиленная, двойная);
- Изоляция рабочего места;
- Низкое напряжение;
- Автоматическое защитное отключение;
- Электрическое разделение;
- Предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности.

Для гарантированной защиты от поражения электрическим током при касании к металлическим не токоведущим элементам, которые могут оказаться

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- Защитное заземление оборудования;
- Зануление электроприборов.
- Сглаживание потенциалов;
- Защитные экраны;
- Систему защитных проводов;
- Защитное автоматическое отключение приводов;
- Изоляцию нетоковедущих частей;
- Электрическое разделение сети;
- Простое и защитное разделения цепей;
- Малое напряжение;
- Контроль изоляции;
- Компенсацию токов замыкания на землю;
- Электроизоляционные средства;
- Средства индивидуальной защиты.

Технологические варианты и средства используют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы оптимизировать защиту при нормальном функционировании электрооборудования и при возникновении аварийных ситуаций.

Сопротивление контура заземления и изоляции.

Считается полным, если элементы, требующие заземления или зануления, присоединены к металлическим конструкциям крана, при этом должна быть гарантирована непрерывность электрической цепи металлических конструкций. Если электрооборудование крана установлено на его заземлённых металлических конструкциях и на опорных предусмотрены зачищенные и не покрашенные места для обеспечения электрического контакта, то дополнительного заземления не требуется.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Рельсы подкранового пути обязаны быть надёжно связаны на стыках (сваркой, приваркой перемычек достаточного сечения, приваркой к металлическим подкрановым балкам) одна с другой для создания непрерывной электрической цепи. В электроустановках, для которых в качестве защитного мероприятия применяется заземление или зануление, рельсы кранового пути должны быть соответственно заземлены или занулены.

При установке крана на открытом воздухе рельсы кранового пути, кроме того, должны быть как правило соединены между собой и заземлены, при этом для заземления рельсов необходимо учитывать не менее двух заземлителей, крепящихся к рельсам в различных местах.

Корпус кнопочного пульта управления крана, управляемого с пола должен быть сделан из изоляционного материала или заземлён (занулён) не менее чем двумя проводниками. В качестве одного из проводников может быть использован трос, на котором подвешен кнопочный пульт.

4.1.3 Анализ условий труда

Таблица 8 – Холодные периоды года

Параметры микроклимата	Название профессии	1	Ремонтник
	Категория тяжести	2	2
	Температура, °С факт/норм	3	15-22/16-27
	Относительная влажность% факт/норм	4	15-75/15-75
	Скорость воздуха, м/с факт/норм	5	0,2-0,4/0,2-0,5
	Теплоизлучение, Вт/м ² факт/норм	6	110/140
	Освещение, ЛК факт/норм	7	300/200
	Наименование вредного вещества на рабочем месте	8	Пыль
	Концентрация вредного вещества, мг/м ³ факт/норм	9	1,3/0,4
	Наименование энергетического воздействия на среду	10	Шум, дБА Вибрация
	Уровень энергетического воздействия факт/норм	11	83/60 98/85
	Площадь, приходящая на 1 работающая, м ² факт/норм	12	63,5/4,5
	Объем помещения, приходящегося на 1	13	1235/15

	работающего, м ³ факт/норм		
	Степень риска	14	0,005

Одним из негативных факторов производственной среды является *вибрация*. На промышленных предприятиях применяется в эксплуатации большое количество машин и агрегатов, многие из которых создают вибрацию в процессе работы, неблагоприятно воздействующую на человека.

Общие средства защиты рук от вибрации регламентируется ГОСТ 12.04.002-97 [20].

Локальной вибрации подвергаются главным образом люди, работающие с ручным механизированным инструментом. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов кисти, предплечий, нарушая снабжение конечностей кровью.

Допустимый уровень вибрации на машиностроительном предприятии 95 дБ по ГОСТ 12.1.012-83 [21].

Уровень вибрации в проектном варианте 60 дБ, поэтому дополнительные мероприятия по снижению вибрации не требуются.

Как при проектировании производственного оборудования, так и при его установке практически всегда требуется применение средств виброзащиты.

В направлении распространения вибрацию снижают, используя дополнительные устройства – виброгасящие и виброизоляционные.

Рабочее место машиниста мостового крана должно быть защищено от посторонних шумов. Уровень звукового давления на рабочем месте машиниста достигает 60 дБ, что отвечает требованиям ГОСТ 12.1.003-83[21]. Допустимый уровень шума на постоянных рабочих местах и в рабочих зонах на машиностроительном предприятии 80 дБ по ГОСТ12.1.003-83[21].

Методы и средства борьбы с шумом принято подразделять на:

- Методы снижения шума в источнике его образования – конструктивные изменения источника;
- Методы снижения шума на пути его распространения – изоляция источника шума;
- Средства индивидуальной защиты – средства индивидуальной защиты.

По параметрам освещенности по СНиП 23–05–95 [22] 200 Лк, зрительная работа - 6 разряд характеризуется, как глубокая при этой работе коэффициент пульсации $K_{п}=20\%$, показатель ослепленности $P=40$, Коэффициент естественного освещения при комбинированном освещении $E_{н}=3\%$, при боковом освещении $E_{н}=1\%$, при верхнем освещении $E_{н}=1,8\%$, при комбинированном боковом освещении $E_{н}=0,6\%$.

Естественное освещение нельзя количественно задавать величиной освещенности, так как естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая освещенность изменяется в чрезвычайно широких пределах.

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 [22] в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Естественное освещение может быть боковым (оконные проёмы расположены в наружных стенах), верхним (световые проёмы расположены в крыше) и совмещёнными (сочетание бокового и верхнего).

Искусственное освещение делится на общее, местное и комбинированное.

Система вентиляции

Контроль за состоянием воздуха рабочей зоны производственных помещений должен производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.021-75 [23].

В результате производственной деятельности в воздушную среду могут поступать различные вредные вещества в виде паров, газов, пыли. Все вредные вещества по характеру воздействия на человека можно разделить на две группы: токсичные и нетоксичные.

Для обеспечения естественной вентиляции в цехе используются окна.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Механическая вентиляция устраняет недостатки естественной вентиляции. При механической вентиляции воздухообмен достигается за счет напора, создаваемого вентиляционными устройствами.

4.1.4 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность на участке обеспечивается в соответствии с инструкциями по технике безопасности.

Возгорание на рабочем месте может произойти из-за короткого замыкания проводки.

Кран относится к категории В1.

Чтобы избежать пожарной ситуации необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- При ремонте полностью обесточивать оборудование;
- Для освещения мест ремонта не применять открытого огня, а использовать переносные лампы;
- Не допускать в работу неисправное электрооборудование, перед включением автомата и сервисных устройств в электрическую сеть необходимо убедиться в исправности токоведущих кабелей;
- Не оставлять без присмотра работающее электрооборудование.

Для пожаротушения должна быть предусмотрена водяная система с оросителями СВ-12.

На контейнерном участке имеется пожарный щит, песок и огнетушитель ОУ2. Все средства пожаротушения находятся непосредственно на данном участке.

В случае возникновения пожара срабатывает сигнализация, сигнал с которой поступает на диспетчерский пункт. С диспетчерского пункта выдается команда на отключение электрооборудования, включение системы

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

пожаротушения и эвакуацию рабочих. Эвакуация должна производиться по заранее разработанному плану.

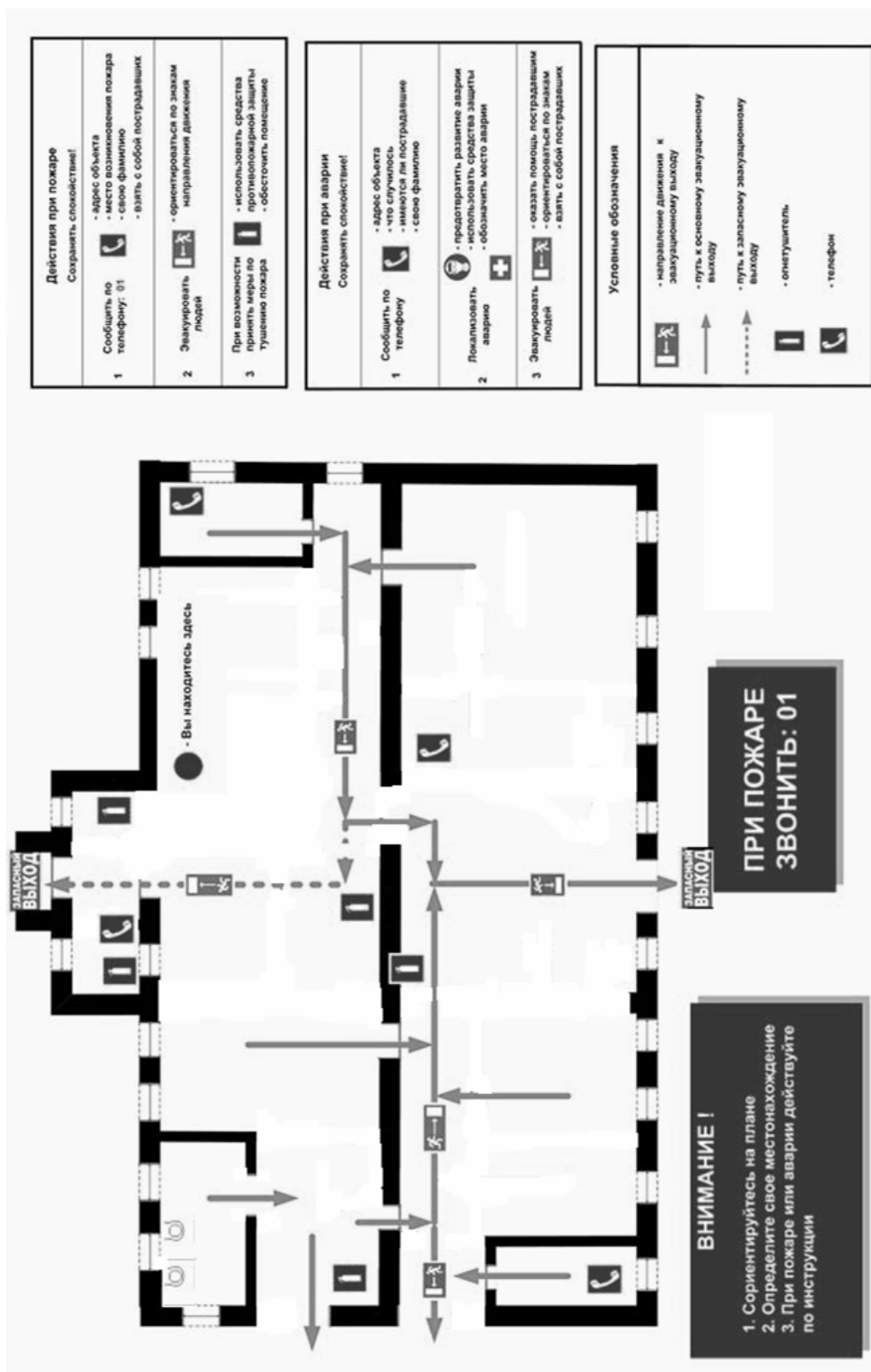


Рисунок 5 – План эвакуации

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

4.2. Чрезвычайные ситуации

К ЧС относятся:

1. Землетрясение.

Разрушение строений, гибель людей, обрыв линий электропередач и прекращение электроснабжения. Предприятие и участок находятся не в сейсмоопасном районе.

2. Попадание молнии в здание.

У контейнерного участка предусмотрены молниеотводы, по которым электрический заряд направляется в землю.

3. Пожар.

Человеческие жертвы, выход оборудования из строя. Термическое воздействия и отравление людей продуктами горения.

При возгорании крана или кранового оборудования, крановщику – немедленно покинуть кран, и сообщить о возгорании.

4. Возгорание нефтепродуктов в маслоподвалах.

Данная ситуация возможна при прорыве трубопроводов, наличии открытого огня, не срабатывании системы пожаротушения, диверсии.

Последствием данной ситуации могут быть: разрушение, трубопроводов, оборудования маслоподвалов; запыленность и загазованность территории; травмирование и гибель обслуживающего персонала.

5. При штормовом ветре все оборудование крана отключается автоматически, включается противоугонная система. Крановщику немедленно покинуть кран.

Мероприятия для предотвращения ЧС:

- Проводятся инструктажи, по мерам предотвращения при ЧС;
- Проверяется наличие средств пожаротушения;
- Проводятся учения, с привлечением сил МЧС;

- Проводится проверка средств оповещения населения и работников предприятия;

Мероприятия по ликвидации ЧС:

- На предприятии для ликвидации ЧС есть в наличие средства пожаротушения, средства индивидуальной защиты, средства необходимые для оказания первой медицинской помощи.

- Проводятся учения, где отрабатывается взаимосвязь подразделений, сотрудников предприятия, отрабатываются действия по ликвидации ЧС.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

5. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

К потенциально опасным факторам можно отнести утечку или разлив смазочных материалов, применяемых при эксплуатации крана. Для редукторов применяют смазочные материалы по ГОСТ 23652-79 [25].

ГОСТ 10541-78 [26], ГОСТ 20799-75 [27], трансмиссионные, моторные и индустриальные масла.

В ходе эксплуатации грузоподъемных механизмов необходимо следить за отсутствием утечки смазочных материалов, так как они могут нанести вред окружающей среде.

Отработанные смазочные материалы необходимо заменять, а затем утилизировать в соответствии с действующими нормами и правилами утилизации отработанных смазочных материалов.

Мероприятия, направленные на защиту окружающей среды

На случай аварийной утечки смазочных материалов к природоохранным мероприятиям на контейнерной площадке относятся очистные сооружения ливневых стоков.

В составе комплекса очистки входят регулирующая ёмкость и блочные очистные сооружения.

Регулирующая ёмкость предусматривается на приём через разделительную камеру пиковых расходов дождевого стока с последующей подачей стока на очистку после прекращения или уменьшения притока.

Очистные сооружения представляют собой единый подземный блок, изготовленный из металла с антикоррозийным покрытием. Очистные сооружения имеют сертификат соответствия, выданный Госстандартом Российской Федерации. Очистные сооружения состоят из отстойника – маслоотделителя с тонкослойными элементами, коалисциатора и блока доочистки.

В отстойнике – маслоотделителе происходит отделение взвешенных веществ и нефтепродуктов из сточных вод. Нефтепродукты после отделения от водной фазы всплывают на поверхность стоков и накапливаются. Частицы взвешенных веществ осаждаются на дно. На коалисциаторе происходит дополнительное отделение нефтепродуктов и взвешенных веществ. Доочистка стоков осуществляется на фильтре, в котором в качестве фильтрующей загрузки используется сорбент растительного происхождения, имеющий высокую сорбционную ёмкость.

Остаточное содержание в сточных водах нефтепродуктов и взвешенных после очистки составит:

- взвешенные вещества – 2 мг/л;
- нефтепродукты – 0,05 мг/л.

Мероприятия по сбору и утилизации твёрдых отходов.

На территории контейнерного склада установлены специальные контейнеры для сбора твёрдых отходов. Твёрдые отходы подразделяются на: бытовые и производственные. Соответственно предусмотрены баки для бытовых отходов (бумага, картон, пластик, стекло, остатки пищи и др.) и для производственных (металл, жёсть, остатки строительного мусора и др.). Утилизация отходов так же происходит по-разному. Бытовые отходы отвозятся на свалку, либо на приёмочные пункты, где в свою очередь происходит сортировка и дальнейшая переработка отходов. Производственные отходы отвозятся на специальные полигоны, либо на пункты приёма, где сортируются для дальнейшей переработки. Так же предусмотрены специальные баки для утилизации легковоспламеняющихся отходов (промасленной ветоши, испорченной спецодежды, тары из-под лакокрасочных материалов и др.). Данные отходы отвозятся на специальные полигоны для уничтожения либо сжигаются в специальных печах.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

6. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В прошлом, полученные знания, могли служить человеку на протяжении всей его трудовой деятельности. В век постоянных изменений информации знания необходимо обновлять, путем изучения дополнительной информации. Это позволит сформировать новые знания, умения и закрепить навыки выполнения приемов и операций. Выполнять общие правила по технике безопасности на контейнерном складе.

Вступление:

В процессе изучения дополнительных рекомендаций производственного обучения на ООО «Трубопромышленная Компания» ответственные лица должны научить рабочих основным приемам работы, дать необходимые теоретические знания и практические навыки работы. Отсюда работники обслуживаемого склада и машинисты крана заняты в работе по обслуживанию козлового крана должны пройти краткий курс обучения. Это позволит данной группе работников, овладеть знаниями для грамотной профессиональной деятельности на модернизированном устройстве. Таким образом краткий курс рассчитан на 6 часов «Модернизация скоростных характеристик козлового крана КК-32» далее мы представляем конспект одного из занятий.

Тема занятия:

Задачи модернизации козлового крана КК-32.

Задачи занятия:

1. Ознакомится с модернизацией КК-32;
2. Выполнение правильной расстановки груза в разных рабочих условиях;
3. Получить знания и научиться различать виды перемещаемых грузов;
4. Умение выбирать грузозахватных рабочие режимы после их модернизации, в разных рабочих условиях;

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

Методы обучения:

1. Словесный; (рассказ, объяснение, наглядные пособия), показ схем для механизмов подъёма, механизмов передвижения КК-32. Создание условий для овладения знаниями и умениями по работе с механизмами подъёма и передвижения;

2. Репродуктивный метод; повторение и закрепление знаний о рабочих приёмах подъёма и передвижения механизмов.

Образовательная цель:

1. Закрепление знаний и умений, их совершенствование при выборе способа работы с механизацией КК-32;

2. Формирование требуемых знаний, умений при работе с КК-32.

Развивающая цель:

Развитие умений анализировать, сравнивать, делать своевременные выводы по актуализации полученных ранее знаний.

Воспитательная цель:

Воспитание культуры труда, настойчивости и трудолюбия. Осознание ответственности за качество выполняемой работы и выпускаемой продукции.

Оснащение занятия:

Производственная площадка, козловой кран КК-32, контрольные грузы, съемные грузозахватные спредеры, схемы складирования, технологическая карта. Краткий урок по изучению трудовых приемов и операций на козловом кране КК-32 после модернизации:

Таблица 9 – План-конспект занятия

Этапы занятий	Содержание урока
Приветствие	Здравствуйте уважаемые работники ООО «Трубопромышленная Компания» технологические знания по данной теме, являются первоначальными умениями по выполнению изучаемых трудовых приемов и операций. Будем соблюдать тишину для всеобщего внимания.

<p>Разъяснение требований к работе на учебном занятии</p>	<p>После модернизации нам необходимо проводить контроль и безударное регулирование скорости, ускорения и момента при любой массе груза (в пределах допустимой);</p> <p>Нам необходимо усовершенствовать плавный разгон и торможение всех механизмов крана с заданным ускорением, что обеспечит плавное наращивание моментов и усилий во всех узлах и механизмах крана;</p>
<p>Изложение теоретического материала</p>	<p>Вы должны знать, что программируемый контроллер, который имеет связь по сети с преобразователем и позволяет решить задачи диагностики, статистического сбора, обработки всех сигналов и нагрузок играет не малую роль;</p> <p>Тогда вы должны знать, что тормозные колодки не требуют частой замены. А тормоза нуждаются в частой регулировке, поскольку управляемое торможение осуществляют преобразователи частоты. Тормоз служит лишь для удержания крана после полной остановки механизма;</p> <p>Тем самым мы объясняем и формируем понятие, цель и задачи этого мероприятия для работников.</p> <p>Вы должны запомнить, что существует ограничение моментов как статических, так и динамических в узлах агрегатов;</p> <p>А так же устранение перекосов и раскачивания грузов;</p> <p>Защита электродвигателей (максимально-токовая, тепловая и др.);</p> <p>Объект модернизации козловой кран КК-32</p> <div data-bbox="564 1070 1465 1348" data-label="Diagram"> <p>The diagram illustrates the mechanical structure of a bridge crane. The left view is a side elevation showing the main beam with two trolleys. Dimensions include Lk2 (distance from left end to first trolley), Lk1 (distance from right end to second trolley), H (height of the beam), and L (total length of the beam). The right view is a front elevation of the crane's legs, showing a triangular truss structure with dimensions B (base width) and H1 (height of the legs).</p> </div> <p>Сокращение количества релейно-контакторной аппаратуры повышает надежность работы электрооборудования и уменьшает трудозатраты на профилактическое обслуживание;</p> <p>Возникает вопрос для чего нужны столь щадящие режимы работы после модернизации. Этим мы добились уменьшение динамических нагрузок на механизмы крана и увеличение сроков службы оборудования. [34, 35]</p>
<p>Решённые задачи:</p>	<p>Инженерами предприятия были произведены проверочные расчеты, грузовой тележки, механизма подъёма, прочности валов механизмов, а также был проведен анализ характеристик крана с контрольными грузами. Все выше изложенные элементы крана соответствовали прочностным и нагрузочным характеристикам при условии повышения грузовых возможностей на 15%.</p> <p>После овладения знаниями необходимо применить их на практике, что обеспечит в дальнейшем всю последующую деятельность методов</p>

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

	<p>работы непосредственно на объекте. Актуальность заключается в том, что перед рабочим процессом были получены новые знания характерные данному процессу.</p> <p>После модернизации и расчёта механизмов плавный разгон механизмов и особенно, плавного, но интенсивного торможения, значительно увеличивает срок службы механических узлов (редукторов, муфт, валов, и т.д.). [34]</p> <p>Для снижения динамических нагрузок, надежности, стабильности работы механизма требуется оптимальная система регулирования электроприводами механизмов передвижения козлового крана. Её можно достигнуть путем усовершенствования существующих систем управления, либо за счет создания новых. В результате проделанной работы должна повыситься надежность, долговечность и точность работы механизмов козлового крана с учетом всех предъявляемых к требованиям. Кран стал соответствовать требуемым параметрам, его характеристики увеличились в среднем на 30% (расчетное).</p>
Этап подведения итогов	В результате занятия мы усвоили следующее.
Заключение	<p>В методическом разделе выпускной квалификационной работе разработана вспомогательная инструкция, позволяющая скорректировать эксплуатацию оборудования и уменьшить износ при увеличении скоростных характеристиках. Так же были определены опасные и вредные факторы механических износов, негативные воздействия на несущие механизмы, чрезвычайные ситуации при эксплуатации козлового крана, произведен анализ.</p>
По теме	<p>Задачи модернизации козлового крана КК-32. Данное занятие является частью краткого курса обучения работников занятых в обслуживании подъёмных механизмов. Краткий курс запланирован с целью инструктирования рабочих в связи с модернизацией козлового крана КК-32.</p>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы была изучена имеющаяся информация по козловому крану КК-32.

Анализируя, все приведённые выше данные и факты делаем заключение, что контейнерная площадка компании ООО «Трубопромышленная Компания» и установленный на ней козловой кран КК-32 входят в состав опасных производственных объектов и требует к себе повышенного внимания.

При модернизации крана можно сделать следующее заключение: в настоящей работе решена задача увеличения скоростных характеристик крана путем замены: механизмов передвижения крана, механизма передвижения грузовой тележки крана и механизма подъёма.

- За счет применения новых, современных приводов конструкция механизмов подъема и перемещения стали более компактными и менее металлоемкими.

- Повысилась надежность данного агрегата, за счёт применения современных приводов.

- Увеличилась скорость погрузочно-разгрузочных работ, время на перемещение контейнеров сократилось.

Это потребовало решения задач связанных с расчетом:

1. рассмотрен весь комплект документации, имеющийся на данный мостовой кран;
2. произведён расчет механизма подъема;
3. произведён расчет механизма передвижения грузовой тележки;
4. произведён расчет механизма передвижения крана;
5. произведены проверочные расчеты.

Экономическое обоснование проекта выявило перспективность данной модернизации, путем замены главных приводов крана.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

Модернизированный козловой кран отвечает всем требованиям безопасности.

Новые установленные привода не оказывают влияния на экологическую ситуацию.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов.-М.:Из-во МГТУ им.Н.Э.Баумана - Высшая школа,2000 г.-552 с.

2. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов, - М. Машиностроение, 1989 г.-252 с.

3. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций: Учеб. пособие для техн. вузов. - М. Машиностроение, 1976 г.-562 с.

4. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов/Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. и др. -М. Машиностроение, 1986 г.-242 с.

5. Колесник Н.П. Расчеты строительных кранов. - Киев: вища школа, 1985 г.-452 с.

6. Кукин П.П. Лапин Л.Л. Подгорных Е.А. Пономарев Н.Л. Сердюк Н. И. Безопасность жизнедеятельности (охрана труда).М.Высшая шк., 1999, 323 с.

7. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб. Пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов/Казак С.А., Дусье В.Е., кузнецов Е.С. и др.; Под ред. С.А. Казака. - М.: Высш. Школа, 1989. 320с.

8. Марин А.Г. Машинист гидравлического автомобильного крана: учеб. пособие – Москва: Издательский центр «Академия», 2007.- 96с.

Олейников В.П. Машинист крана автомобильного: учеб. Пособие для нач. проф. образования, - Москва: Издательский центр «Академия», 2008 г.-362 с.

9. Петухов П.З., Ксюнин Г.П., Серлин Л.Г. Специальные краны: Учеб. пособие для машиностроительных вузов по специальности "Подъемно-транспортные машины и оборудование". - М. Машиностроение , 1985 г.-452 с.

10. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций: Учеб. пособие для студентов вузов / Александров М.П., Решетов Д.Н., Байков В.А. и др. - М.Машиностроение, 1987 г.-242 с.

11. Поляков В.И., Елифанов С.П. Пневмоколесные и гусеничные краны:

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

Учебник для ПТУ. -М. :Вышш. школа, 1990 г.-152 с.

12. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.-М. Металлургия, 1983 г.-322 с.

13. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.-М. :Изд-во НПО ОБТ, 1993 г.-212 с.

14. Расчеты грузовых характеристик и устойчивости стреловых самоходных кранов на ЭВМ: Методические указания по работе с программой для ЭВМ. - Владивосток: Изд-во ДВЕТУ, 1995 г.-262 с.

15. Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. -М. Машиностроение, 1988 г.-202 с.

16. Справочник по кранам: В 2 т. Т.2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов. - М. Машиностроение, 1988 г.-652 с.

17. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения» Москва, ПИО ОБТ, 2013 г, 153 с., введен 2014 г.

18. ПБ 10-112-00 – «Правила безопасной работы на кране КК-32» Москва, ПИО ОБТ, 2000 г., 96 с., введен 2000 г.

19. ГОСТ 12.04.002-97 ССБТ «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г., 203 с., введен 1998 г. , 153 с., введен 1998 г.

20. СНиП 23-05-95 - «Естественное и искусственное освещение» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003 г., 153 с., введен 1996 г.

21. ГОСТ 12.1.005-88–«Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г. , 153 с, введен 1996 г.

22. ГОСТ 23652-79 – «Масла трансмиссионные» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г., 153 с., введен 1980 г.

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

23. ГОСТ 10541-78 - «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г, 153 с., введен 1979г.

24. ГОСТ 20799-75 – «Масла индустриальные общего назначения. Технические условия» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000г. 153 с., введен 1982 г.

25. СНиП 2.01.01-82 - «Строительные климатология и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003 г., 153 с., введен 1982 г.

26. СНиП 2.04.05-91 - «Отопление, вентиляция и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003 г., 46 с., введен 1991 г.

27. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. М.: Госстрой СССР, 1991 г., 126 с., введен 1986 г.

28. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий // Российская газета. 2003. №119/1. 20 июня.

29. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Департамент Госсанэпиднадзора России, 1999 г., 106 с., введен 2000 г.

30. СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Минздрав России, 2000 г., 96 с., введен 1999 г.

31. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие требования безопасности. М.: Изд-во стандартов, 1986 г., 76 с., введен 1984 г.

32.ГОСТ 12.4.011-88. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001 г., 86 с., введен 1989 г.

33. Системы кранового электропривода [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.momentum.ru/ru/products-pt/skep/>– Загл. с экрана.

34. Проектирование электроприводов крановых механизмов. Техническая коллекция Schneider Electric. Выпуск № 12, февраль 2009

					ДП 44.03.04.503 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83