

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОСТОВОГО КРАНА, С ЦЕЛЬЮ
УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Выпускная квалификационная работа
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)

профилю подготовки «Транспорт»
специализации «Подъемно-транспортные машины и механизмы»
Идентификационный код ВКР: 110

Екатеринбург 2018

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 _____

Б.Н.Гузанов

« ____ » _____ 2018г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОСТОВОГО КРАНА, С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ

Исполнитель:

Обучающийся группы № ПМ-402

(подпись)

Старков А.А.

(Ф.И.О.)

Руководитель

(подпись)

Категоренко Ю.И. профессор каф. ИММ к.т.н. доц.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Консультант методического
раздела

(подпись)

Бекетова Ю.А. доцент, к.п.н.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Нормоконтролер

(подпись)

Категоренко Ю.И. профессор каф. ИММ к.т.н. доц.

(Ф.И.О., ученая степень, звание)

Екатеринбург 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОЧЕГО ВАРИАНТА МОДЕРНИЗАЦИИ МОСТОВОГО КРАНА.....	6
2. РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ МОСТОВОГО КРАНА.....	8
2.1. Действующие нагрузки на конструкцию.....	8
2.2. Определение расчётных нагрузок	12
2.3. Расчетный случай I	13
2.4. Расчетный случай II	14
3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ТЕЛЕЖКИ.....	17
3.1. Механизм подъема.....	17
3.1.1. Выбор крюковой подвески	17
3.1.2. Выбор каната.....	18
3.1.3. Определение размеров барабана.....	19
3.1.4. Выбор двигателя	21
3.1.5. Выбор передачи.....	22
3.2. Механизм передвижения тележки	24
3.2.1. Определение статических нагрузок на ходовые колеса	25
3.2.2. Определение сопротивлений передвижению тележки.....	25
3.2.3. Выбор двигателя	27
3.2.4. Выбор передачи	28
4. МЕХАНИЗМ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МОСТА КРАНА	32
4.1. Определение сопротивлений передвижению крана	32
4.2. Выбор двигателя.....	34
4.3. Выбор передачи	35
4.4. Выбор муфт	38
4.5. Выбор тормоза	38
5. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ НА ТЕМУ: «МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМА И ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА»	42
6. ДЕМОНТАЖ МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ.....	46
7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА	47
7.1. Затраты на проектирование.....	48
7.2. Затраты на покупку	48
7.3. Единовременные затраты	48
7.4. Эксплуатационные затраты.....	49
7.5. Годовой экономический эффект.....	50
8. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	51
8.2. Введение.....	51
8.3. Безопасность труда по ГОСТ 12.0.003-74	52
8.3.1. Идентификация опасных и вредных факторов	52
8.3.2. Электробезопасность	52

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		3

8.3.3. Анализ условий труда.....	55
8.3.3.1. Тяжесть и напряженность труда.....	55
8.3.3.2. Состояние воздушной среды, вентиляции	56
8.3.3.3. Микроклимат	56
8.3.3.4. Шум, вибрация	57
8.3.3.5. Производственное освещение.....	57
8.3.3.6. Электромагнитные поля	59
8.3.4. Пожарная безопасность	59
8.4. Чрезвычайные ситуации.....	61
9. ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	66
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	69

ВВЕДЕНИЕ

Краны широко используются на производстве, строительстве и транспорте. Подъемно-транспортные машины являются составной частью любого типа производства, поскольку обслуживают все виды технологических процессов. Подъемные краны в значительной мере способствуют бесперебойной работе технологического оборудования. Поэтому повышение качества и производительности работы кранового оборудования позволяет улучшать показатели эксплуатации технологического оборудования.

Модернизация кранов, как и модернизация технологического оборудования, есть доведение их технико-экономических показателей до уровня показателей эксплуатации нового оборудования, показатели работы которого отвечают мировым стандартам.

Мостовой кран КМ -10т работает на предприятии ПАО «Уралмашзавод» в цехе №31, где проходит интенсивный технологический процесс по изготовлению металлоконструкций выпускаемой продукции. На предприятии по производственной необходимости возникла потребность в повышении грузоподъемности мостового крана.

Целью настоящего проекта является повышение грузоподъемности путем замены крюковой подвески, каната, барабана, редуктора, электродвигателя и тормоза. Данный кран будет задействован в цехе №31 для транспортировки металлопроката.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. рассмотреть весь комплект документации, мостовой кран;
2. произвести расчёты металлоконструкции крана;
3. произвести расчет механизма подъема;
4. произвести расчет механизма передвижения грузовой тележки;
5. произвести расчет механизма передвижения крана;
6. произвести проверочные расчеты

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

1. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАБОЧЕГО ВАРИАНТА МОДЕРНИЗАЦИИ МОСТОВОГО КРАНА

Рассмотрим варианты снижения веса мостового крана для увеличения грузоподъемности до 12,5т.

Первый вариант позволяет на имеющиеся подкрановые пути установить современный мостовой кран с требуемой номинальной грузоподъемностью и передовыми техническими характеристиками. В качестве примера можно взять мостовой кран фирмы "УРАЛКРАН", рыночная стоимость которого на данный момент составляет порядка 13 млн. 200 тыс. рублей. Но по причине финансового состояния предприятия этот проект как рабочий не рассматриваем.

Второй вариант: провести модернизацию, путем замены крюковой подвески, каната, барабана, редуктора, электродвигателя и тормоза.

Стоимость такой модернизации крана существенно меньше. С учетом сложившейся экономической ситуации произведем модернизацию мостового крана по второму варианту. Экономическое обоснование и стоимость модернизации будет определена в данной выпускной квалификационной работе.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Таблица 1 – Технические характеристики мостового крана.

№ п/п	Наименование	Существующий	Модернизированный
1	Тип крана	Мостовой	Мостовой
2	Грузоподъемность, т	10	12,5
3	Высота подъема, м	16	16
4	Скорость подъема, м/мин: главного вспомогательного	8,78	4,0
5	Скорость передвижения м/мин: тележки крана	34	16,9
6	Пролет крана, м	28,5	28,5
7	Колея тележки, мм	2000	2000
8	Диаметр ход. колеса, мм тележки крана	560 710	560 710
9	Род электрического тока и напряжение, В	Трехфазный, 380	Трехфазный, 380
10	Режим работы	Средний, ПВ25%	Средний, ПВ25%

2. РАСЧЕТ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ МОСТОВОГО КРАНА

Исходные данные:

- Грузоподъемность $Q=12,5$ т
- Пролет моста $L=28,5$ м
- Высота подъема $H=16$ м
- База грузовой тележки $B_T=2000$ мм
- Скорость передвижения крана $V_{кр}=69,3$ м/мин
- Скорость подъема $V_{п}=8,78$ м/мин
- Скорость передвижения тележки $V_{т}=34$ м/мин
- Вес тележки с грузом $G_{ТГ}=233$ кН
- Вес тележки $G_T=22$ кН
- Давление ходовых колес тележки $D_{1Т}=D_{2Т}=131$ кН.
- Масса крана $M_K=23771$ кг
- Масса тележки $M_{КТ}=2271$ кг

Средний- режим работы крана.

Конструкция сварная, коробчатая.

Металлоконструкция крана сталь ВСТЗКП4.

Допускаемые напряжения для элементов металлоконструкции:

нормальные $[\sigma]=157$ Мпа касательные $[\tau]=127$ Мпа

Основные геометрические параметры конструкции:

- высоту главной балки $H=800$ мм;
- высоту опорного сечения балки $h_{оп}=600$ мм;
- базу крана $B_{кр}=5000$ мм.

2.1. Действующие нагрузки на конструкцию

Конструкция крана во время работы находится под воздействием внешних нагрузок и опорных реакций. Для систематизации существуют следующие расчетные случаи нагружения:

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1-ый расчетный случай — рабочие нагрузки номинального состояния. В комплекс входят данные о весе самой конструкции крана, весах поднимаемых грузов, значениях инерционных нагрузок, усилиях перекоса, технологических нагрузках, а также число проведенных циклов работы крана. При расчете по СРПС значения коэффициентов надежности по всем нагрузкам принимаются как $u_T = 1$.

2-ой расчетный случай — рабочие нагрузки максимального состояния. Используется он для расчета по предельным состояниям второй группы. В данном расчетном случае рассмотрены весовые нагрузки, включая номинальную грузоподъемность, инерционные максимальные нагрузки, а также данные о неблагоприятных положениях грузовой тележки на мосту крана и т. п.

3-ий расчетный случай — максимальные нагрузки нерабочего состояния. Он используется для расчета по предельным состояниям второй группы. К этому случаю относятся аварийные, монтажные возникающие при аварийных случаях оборудования, нагрузки от собственного веса крана расположенном в зоне обслуживания крана и другое. Все эти нагрузки также вводятся с соответствующими коэффициентами перегрузки.

На металлоконструкцию крана в процессе эксплуатации одновременно действуют несколько различных нагрузок, изменяющихся по величине и возникающих в различных *комбинациях*:

а — кран неподвижен, производится подъем груза с основания или торможение опускающегося груза;

б — разгон или торможение механизма передвижения крана; остальные механизмы не работают или обеспечивают движение с постоянной скоростью;

с — разгон или торможение механизма передвижения тележки; остальные механизмы не работают или обеспечивают движение с постоянной скоростью.

Силовые воздействия на конструкцию крана сводятся в таблицу нагрузок (табл. 2).

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Таблица 2 – Таблица нагрузок для расчёта металлической конструкции мостового крана.

Нагрузка	Расчётный случай								
	I				II				III
	Комбинация нагрузок								
	I _{min}	I _a	I _b	I _c	II _a	II _b	II _c		
Вес элементов крана	G _j	G _j	k _{T1} ·G _j	G _j	γ _G ·G _j	γ _G k _{T2} G _j	γ _G ·G _j	γ _G ·G _j	
Вес тележки	G _T	G _T	k _{T1} ·G _T	k' _{T1} G _T	γ _G ·G _T	γ _G k _{T2} G _T	γ _G k' _{T2} G _T	γ _G ·G _T	
Вес груза	-	ψ ₁ ·G _Q	k _{T1} ·G _Q	k' _{T1} G _Q	γ _Q ψ ₂ G _Q	γ _Q k _{T2} G _Q	γ _Q k' _{T2} G _Q	-	
Силы инерции	-	-	F _{y1}	F _{x1}	-	γ _F ·F _{y2}	γ _F ·F _{x2}	-	
Усилия перекоса	-	-	T ₁	T ₁	-	γ _T ·T ₂	γ _T ·T ₂	-	
Ветровая нагрузка	-	-	-	-	P _{wa}	P _{wb}	P _{wc}	γ _w ·P _{w3}	

Большое значение имеет надежность конструкции. Значения коэффициентов надежности по собственному весу машины составляют

$$\gamma_G = 1,0-1,2.$$

(3)

Меньшее значения принимаются для расчета конструкции крана, большие — для предварительных расчетов при проектировании конструкции и с параметрами, существенно отличающимися от известных аналогов. После компоновки основных узлов крана и уточнения собственного веса в окончательных расчетах значение коэффициента надежности может быть уточнено.

Вес груза во всех расчетах принимается как

$$G_q = g \cdot Q, \tag{4}$$

где Q — номинальная грузоподъемность крана;

g – коэффициент надёжности по весу груза.

На кранах, как правило с режимом работы А6-А8, устанавливаются ограничители грузоподъемности, регистраторы параметров груза и настраиваются на 10 процентов больше от номинальной грузоподъемности. Они могут быть как механические и электронные устройства безопасности, для обслуживания

электронных регистраторов параметра должен быть специально обученный персонал. Соответственно, кран не может работать с перегрузом, несущая конструкция не защищена от перегрузки. Поэтому наличие ограничителя не является достаточным основанием для снижения значений коэффициентов надежности по весу груза. Metalлоконструкция крана должна быть рассчитана с учетом нагрузок статики и динамики. Ограничитель грузоподъемности не может являться защитой от динамических нагрузок металлоконструкции крана.

Нагрузки динамические возникают в такие моменты работы, когда скорость движения масс крана или груза изменяется по абсолютному значению или направлению. Наибольшие нагрузки возникают при пусках и торможениях. Значения динамических нагрузок существенно зависят от того какое управление на кране применяется. При управлении с помощью командоконтроллеров, например, ККТ 61, которое часто встречается на старых кранах, динамические нагрузки могут быть высоки и в значительной степени зависят от квалификации оператора [1]. На базе частотных преобразователей современные приводы с системами управления обеспечивают процессы плавного разгона/торможения механизмов с заданными значениями. При этом тормоза срабатывают после того, как механизм практически остановился. Эти различия должны быть учтены при определении динамических нагрузок.

Чтобы произвести расчет динамических нагрузок используют жесткие или упругие динамические модели. Все элементы конструкции крана предполагаются абсолютно в жестких моделях, а время приложения (развития) нагрузки обусловлено соответствующим временем разгона механизма. Жесткие модели используются в проектировочных расчетах, т. е. когда не известны фактические сечения элементов конструкции, либо в тех случаях, когда податливость конструкции мало влияет на значения динамических нагрузок.

Упругие модели представляют кран в виде системы, состоящей из сосредоточенных масс, соединенных упругими связями, которые моделируют упругие свойства канатов и элементов несущей конструкции [1]. Эти модели слож-

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

нее, но позволяют более точно описать процесс динамического нагружения конструкции. Для определения максимальных нагрузок достаточно применить одномассовую динамическую модель. Использование упругих, моделей необходимо для определения динамических нагрузок в кранах с весьма податливой конструкцией и канатной системой, как, например, башенных. Динамические нагрузки появляются в процессе работы механизма подъема груза при разгоне и торможении как вертикальные инерционные силы, приложенные к грузу. Поэтому рассматриваются как динамические добавки к весу груза. При отрыве груза и торможении его на спуск появляются наибольшие динамические усилия. В зависимости от типа конструкции и места приложения нагрузки от веса груза при работе механизма подъема могут возникать как вертикальные, так и горизонтальные колебания конструкции [1].

2.2 Определение расчётных нагрузок

Главная балка

В качестве постоянных нагрузок приняты веса отдельных узлов крана:

- главной балки: $G_{\text{гл.б.}}=77904 \text{ Н}$
- ограждения фермы $G_{\text{ог.}}=4903 \text{ Н}$
- площадки с настилом $G_{\text{пл.}}=14709 \text{ Н}$
- механизма передвижения $G_{\text{мп.}}=35813 \text{ Н}$
- кабины управления $P_{\text{к.}}=9806 \text{ Н}$
- вес площадки с электрооборудованием $P_{\text{эл}}=8825 \text{ Н}$

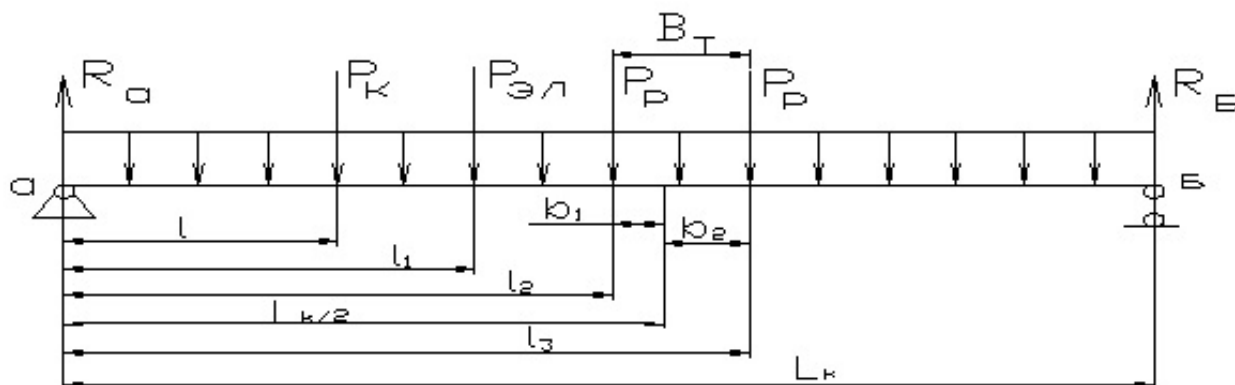


Рис.1.Схема вертикальных нагрузок на главную балку

$l = 1 \text{ м}$ - расстояние от оси колеса крана до центра кабины;

										Лист
										12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР 44.03.04 110 ПЗ					

$l_1 = 2$ м - расстояние от оси колеса крана до центра тяжести электрооборудования;

$B_T = 2$ м - база тележки.

$$b_1 = \frac{B_T}{4} = \frac{2}{4} = 0,5 \text{ м,}$$

$$b_1 = \frac{3}{4} B_T = \frac{3}{4} * 2 = 1,5 \text{ м,}$$

$l_2 = \frac{L_K}{2} - b_1$ - расстояние от оси колеса крана до колеса грузовой тележки.

$$l_2 = \frac{28,5}{2} - 1,5 = 12,75 \text{ м}$$

Реакция R_a :

$$R_a = \frac{P_K (L_K - l) + P_{эл} (L_K - l_1) + P_P (2L_K - l_2) + g \frac{L_K^2}{2}}{L_K}; \quad (1)$$

$$R_a = \frac{9806(28,5 - 1) + 8825(28,5 - 2) + 14709(2 * 28,5 - 12,75) + 2437 \frac{28,5^2}{2}}{28,5} = 75232 \text{ Н}$$

Наибольший изгибающий момент в пролетной балке действует под колесом грузовой тележки.

2.3. Расчетный случай I

Кран неподвижен, производится подъем груза с земли с полной скоростью. Постоянная распределенная нагрузка на главную пролетную балку

$$q = \frac{G_{гл.б.} + G_{пл.}}{L_K}, \quad (2)$$

где $G_{гл.б.}$ — вес главной пролетной балки с рельсом;

$G_{пл.}$ - вес площадки со стороны механизма передвижения крана;

L_K - пролет крана.

$$q = \frac{77904 + 7219}{28,5} = 2986 \text{ Н / м}$$

Постоянные сосредоточенные нагрузки на главную пролетную балку:

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

а) от веса кабины - P_k

б) от веса электрооборудования- $G_{эл} = P$

$$M_{\max} = R_a \cdot l_2 - P_k (l_2 - l) - P_{эл} (l_2 - l_1) - g \frac{l_2^2}{2} \quad (3)$$

$$M_{\max} = 75232 * 12,75 - 9805 * (12,75 - 1) - 8825 * (12,75 - 2) - 2437 * \frac{12,75^2}{2} = 551048 \text{ Н} * \text{ м}$$

Расчетные напряжения в главной пролетной балке:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x}, \quad (4)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{551048}{8606 * 10^{-6}} = 64 \text{ МПа}$$

2.4. Расчетный случай II

Происходит передвижение моста крана с грузом с последующим резким торможением. При подъеме груза и его перемещений на кран и его элементы действует динамические нагрузки. Их расчет представляет достаточно трудную задачу по этому динамические нагрузки учитываем коэффициентом K_m [10].

Нагрузки в вертикальной плоскости.

Постоянная распределенная нагрузка для главной пролетной балки

$$q = \frac{G_{эл.б} + G_{III}}{L_K} \cdot K_m,$$

где $K_m = 1,1$ - коэффициент динамический, зависящий от скорости передвижения моста крана.

$$q = \frac{(7943 + 736) \cdot 1,1}{15} = 636 \text{ Н/м}$$

Схема вертикальных нагрузок на пролетную балку аналогична.

Реакция R_a , изгибающий момент M_{\max} , напряжение σ_{\max} подсчитываются аналогично формулам, которые использованы в первом случае.

Нагрузки в горизонтальной плоскости.

Распределенная горизонтальная инерционная нагрузка

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

$$q^{\Gamma} = 0,1 \frac{(G_{op} + G_{nl})}{L_k} \quad (5)$$

$$q^{\Gamma} = 0,1 \cdot \frac{(7943 + 736)}{15} = 57 \text{ Н/м}$$

Сосредоточенная горизонтальная инерционная нагрузка:

а) от веса кабины

$$P_K^{\Gamma} = 0,1 \cdot G_K$$

$$P_K^{\Gamma} = 0,1 \cdot 9806 = 980 \text{ Н}$$

б) от веса электрооборудования

$$P_{эл}^{\Gamma} = 0,1 \cdot G_{эл}$$

$$P_{эл}^{\Gamma} = 0,1 \cdot 8825 = 882 \text{ Н}$$

Величины параметров l , l_1 , l_2 , b_1 и b_2 аналогичны величинам в предыдущем пункте.

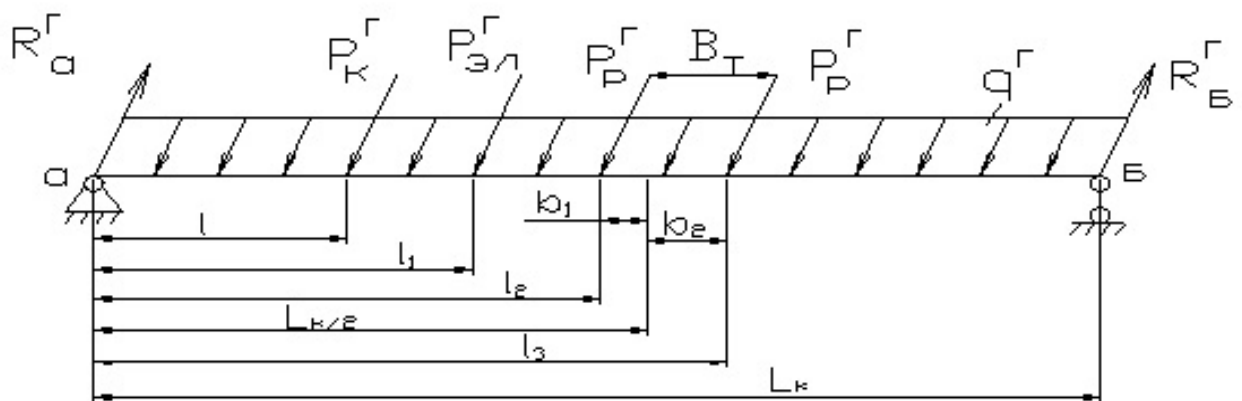


Рис.2. Схема горизонтальных инерционных нагрузок на главную балку.

Реакция R_a^{Γ}

$$R_a^{\Gamma} = \frac{P_K^{\Gamma} (L_k - l) + P_{эл}^{\Gamma} (L_k - l_1) + P_p^{\Gamma} (2L_k - l_2) + q^{\Gamma} \frac{L_k^2}{2}}{L_k} \quad (6)$$

$$R_a^{\Gamma} = \frac{980(15 - 1) + 882(15 - 2) + 736(2 \cdot 15 - 1) + 57 \frac{15^2}{2}}{15} = 3529,5 \text{ Н}$$

Наибольший изгибающий момент в главной балке от горизонтальных нагрузок под колесом:

$$M_{\max}^{\Gamma} = R_a^{\Gamma} \cdot l_2 - P_K^{\Gamma}(l_2 - l) - P_{эл}^{\Gamma}(l_2 - l_1) - q^{\Gamma} \frac{l_2^2}{2} \quad (7)$$

$$M_{\max}^{\Gamma} = 3529,5 \cdot 12,75 - 980(12,75 - 1) - 736(12,75 - 2) - 57 \frac{12,75^2}{2} = 20941,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Наибольшее напряжение в главной балке:

$$\sigma_{\max}^{\Gamma} = \frac{M_{\max}^{\Gamma}}{W_y}$$

$$\sigma_{\max}^{\Gamma} = \frac{20941,1}{1172 \cdot 10^{-6}} = 17,86 \text{ МПа}$$

Суммарные нормальные напряжения в главной балке от вертикальных и горизонтальных нагрузок:

$$\sum \sigma = \sigma_{\max}^B + \sigma_{\max}^{\Gamma} \quad (8)$$

$$\sum \sigma = 64 + 17,86 = 81,86 \text{ МПа} < [\sigma]$$

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

3. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ТЕЛЕЖКИ

3.1. Механизм подъема

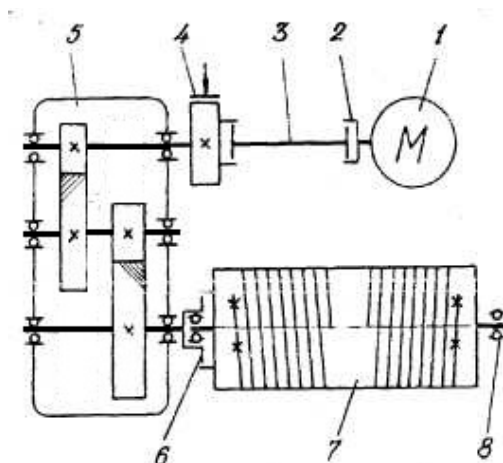


Рис.3. Кинематическая схема механизма подъема.

1. Электродвигатель; 2. Муфта зубчатая с промежуточным валом 3 и тормозным шкивом(МПП); 4. Тормоз; 5. Редуктор горизонтальный двухступенчатый цилиндрический типа РМ; 6. Зубчатая специальная; 7. Барабан; 8. Внешняя опора барабана.

3.1.1. Выбор крюковой подвески

Крюковая подвеска выбирается из двух условий. Первое условие - грузоподъемность крюковой подвески ни в коем случае не должна быть меньше заданной. Второе условие - режим работы крюковой подвески должен соответствовать режиму работы по паспорту крана.

Рассмотрев конструкции крюковых подвесок для мостовых кранов грузоподъемностью 12,5т, выбираем подвеску ПК 12,5-17А-3-Ø400 фирмы "УРАЛКРАН", вес которой 205 кг, тип крюка – однорогий №17А ГОСТ 6627-74.

Подъем имеет двойную запасовку (см. рис. 4). Канаты выбираются в соответствии с паспортной характеристикой крана. Отсутствие обратных изгибов канатов уменьшает их износ. Стабильное положение груза достигается с помощью

точного вертикального подъема. Свободный доступ к местам крепления канатов позволяет удобную их настройку и обслуживание.

Грузовая тележка оборудована аварийным выключателем подъема (концевой выключатель КУ-701). Он активируется крюковой подвеской и может быть сброшен вручную или автоматически.

3.1.2. Выбор каната

Канат выбираем стандартный из ряда для крюковой подвески КП, в зависимости от режима работы и номинальной грузоподъемности, левой и правой свивки [7].

Вес номинального груза и крюковой подвески определяется по формуле:

$$G=(m_{\text{г}} + m_{\text{н}})*g = (12500 + 205)*9,81 = 124636 \text{ Н}, \quad (24)$$

где $m_{\text{г}}$ - масса номинального груза;

$m_{\text{н}}$ - масса крюковой подвески;

g – ускорение свободного падения.

Максимальное статическое усилие в канате [7]:

$$S_{\text{MAX}} = \frac{(m_{\text{ГП}} + m_{\text{П}}) \cdot g}{K_{\text{П}} \cdot Z_{\text{Б}} \cdot \eta}; \quad (22)$$

где η – КПД полиспаста, $\eta=0,96$;

$K_{\text{П}}$ – кратность полиспаста, $K_{\text{П}}=3$;

$Z_{\text{Б}}$ – число ветвей каната, которые навиваются на барабан, $Z_{\text{Б}}=2$.

$$S_{\text{MAX}} = \frac{(12500 + 205) \cdot 9,81}{3 \cdot 2 \cdot 0,96} = 21638 \text{ Н}$$

Максимальное статическое усилие S_{max} (Н) в канате 21,63 кН. Выбираем стальной канат двойной свивки типа ЛК-Р, конструкции 6х19(1+6+6/6), диаметром 15мм, маркировочная группа 1770 (Н/мм²) ГОСТ 2688-80, с разрывным усилием не менее 125,5 кН.

Исходя из условия, что произведение максимального статического усилия в канате на коэффициент запаса прочности не должно превышать разрывного усилия каната в целом:

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

$$S_{\max} * K_{\text{зан}} \leq S_{\text{разр}} ,$$

(25)

где $S_{\text{разр}}$ - разрывное усилие каната в целом, H ;

$K_{\text{зан}}$ - коэффициент запаса прочности, для режима 1 Ам равный 5,7.

$$21,63 * 5,7 = 123,2 \text{ кН} ,$$

$$125,5 \geq 123,2 \text{ кН}.$$

Соотношение между диаметром выбранного каната и диаметром блока крюковой подвески

$$D_{\text{бл}} \geq d_k * e, \tag{26}$$

где $D_{\text{бл}}$ - диаметр блока, измеряемый по средней линии навитого каната;

d_k - диаметр каната;

e - коэффициент, зависящий от типа машин и режима работы, обратно пропорциональный степени перегиба каната на блоке, равный 25.

$$D_{\text{бл}} \geq 15 * 25 = 375.$$

Выбираем диаметр верхних блоков 375 мм.

Канатоукладчики в конструкции лебедки обеспечивают правильную навивку канатов на барабан. Настраиваемые выключатели верхнего и нижнего предела активируются канатоукладчиками.

3.1.3. Определение размеров барабана

В наиболее распространенной конструкции установки барабана механизмов подъема кранов соединение барабана с тихоходным валом редуктора осуществляется с помощью специальной зубчатой муфты типа МЗП. При этом конец вала редуктора выполняют в виде зубчатой шестерни, которая входит в зацепление с венцом, установленным внутри барабана. Крутящий момент от вала редуктора передается через зубчатое зацепление на венец-ступицу и далее через болты на обечайку барабана. В механизме подъема, редуктор соединяется с канатным барабаном при помощи двухступенчатой зубчатой муфты, конструкция которой позволяет динамические изгибы и передвижение канатного барабана без повреждения оборудования механизма. Со стороны редуктора используются два шарикоподшипника высокой нагрузки. С противоположной

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

стороны канатный барабан опирается на неподвижный вал с помощью встроенного в него самоцентрирующегося подшипника. Эта необычная конструкция позволяет усталостные повреждения вала барабана.

Диаметр барабана D_{σ} , измеряемый по средней линии навитого каната, стандартный для грузоподъемной лебедки и равен 450 мм. Найдем диаметр барабана по дну канавки:

$$D_{\sigma} = D_{\sigma} - d_k = 450 - 15 = 435 \text{ мм.} \quad (27)$$

Длина барабана определяется по формуле:

$$L_{\sigma} = 2l_n + l_o + 2l_k, \quad (28)$$

где l_n - длина одного нарезного участка,

l_o - длина гладкого среднего участка,

l_k - длина одного гладкого концевого участка. Длина одного нарезного участка равна

$$l_n = t(z_p + z_{непр} + z_{кр}), \quad (29)$$

где z_p - число рабочих витков для навивки половины полной рабочей длины каната;

$z_{непр}$ - число неприкосновенных витков;

t - шаг нарезки.

Шаг нарезки равен 17 мм,

$$z_{непр} = 1,5; z_{кр} = 3;$$

$$z_p = L_{кр} / \pi D_{\sigma}, \quad (30)$$

где $L_{кр}$ - рабочая длина каната, соответствующая одному нарезному участку;

$$Z_p = \frac{H \cdot U_p}{\pi \cdot D_{\sigma}} = \frac{17 \cdot 3}{\pi \cdot 0,45} = 36,09 \quad (31)$$

где H - высота подъема, м;

U_n - кратность полиспаста.

$$l_n = 16(36,09 + 1,5 + 3) = 649,44 \text{ мм.}$$

Длина гладкого среднего участка в связи с выбранной крюковой подвеской равна $2d_k +$ расстояние между блоками крюковой подвески

$$l_o = 2 \cdot 15 + 60 = 90 \text{ мм}$$

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

$$l_k = (4...5)d_k = 4 \cdot 15 = 60 \text{ мм}, \quad (32)$$

отсюда

$$L_6 = 2 \cdot 649,44 + 90 + 2 \cdot 60 = 1508,88 \text{ мм.}$$

Исходная длина барабана 1508 мм.

3.1.4. Выбор двигателя

Двигатель выбирается исходя из следующих условий:

- по продолжительности включения ПВ и по необходимой статической мощности при подъеме груза максимального веса, кВт, Относительная продолжительность включения двигателя должна равняться среднему значению относительной продолжительности включения электрооборудования.

- номинальная мощность двигателя может быть принята меньше максимальной статической, т.к. эквивалентная мощность, развиваемая двигателем при работе с грузами разного веса, зависящая от использования механизма по грузоподъемности, всегда меньше N_{cm}^{max} .

$$N_{cm}^{max} = \frac{G \cdot V}{1020 \cdot \eta_{пр}} = \frac{124636 \cdot 0,14}{1020 \cdot 0,96} = 17,81 \text{ кВт} \quad (33)$$

где N_{cm}^{max} - максимальная статическая мощность, которую должен иметь механизм в период установившегося движения при подъеме номинального груза;

G - вес номинального груза и крюковой подвески;

V – скорость подъема. Скорость подъёма обеспечивается скоростью вращения вала электродвигателя и передаточным отношением редуктора;

$\eta_{пр}$ - КПД механизма.

Выбираем электродвигатель переменного тока с фазовым ротором типа МТФ 411-6

Основные характеристики двигателя:

Номинальная мощность 22 кВт;

ПВ = 40%;

Пусковой момент 1250 Н/м;

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Частота вращения 965 об/мин;

КПД = 0,85;

Тормозной момент 1200 Нм;

Номинальная скорость 950 об/мин;

Вес 280 кг;

Электродвигатели KCI Konecranes разработаны специально для кранового применения тяжелого режима эксплуатации. Модульная конструкция позволяет устанавливать один или два мотора на механизме подъема, а также использовать дифференциальный входной вал. Все двигатели имеют фланцевую конструкцию крепления, отвечающую ИЕС с классом изоляции F.

Грузоподъемная тележка оборудована тормозом ТКГ-200. Тормоз установлен непосредственно на валу редуктора. Закрытие тормоза осуществляется силовой пружиной, обеспечивая безопасность при потере питания.

В связи с увеличением грузоподъемности есть необходимость заменить тормоз на ТКГ-300.

3.1.5. Выбор передачи

Частота вращения барабана равна:

$$n_{\sigma} = \frac{V \cdot U_p}{\pi \cdot D_{\sigma}} = \frac{8,78 \cdot 3}{\pi \cdot 0,45} = 18,6 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \quad (34)$$

Требуемое передаточное число лебедки:

$$U_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\sigma}} = \frac{960}{18,6} = 51,61 \quad (35)$$

При выборе типоразмера редуктора должны быть проверены условия, касающиеся прочности, долговечности и кинематики.

Первое условие - расчетный эквивалентный момент на тихоходном валу редуктора $T_{\text{р.э.}}$ не должен превышать номинальный крутящий момент на тихоходном валу $T_{\text{р.н.}}$ по паспорту редуктора

$$T_{\text{р.э.}} \leq T_{\text{р.н.}} ; \quad (36)$$

Эквивалентный момент равен

$$T_{\text{р.э.}} = k_a \cdot T_p ; \quad (37)$$

где k_a - коэффициент долговечности;

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

T_p - расчетный крутящий момент на тихоходном валу редуктора при подъеме номинального груза;

$$k_a = k_Q \cdot k_t, \quad (38)$$

где k_Q - коэффициент переменности нагрузки;

k_t — коэффициент срока службы.

Значение k_Q определяют по формуле

$$k_Q = \sqrt[3]{k}, \quad (39)$$

где k - коэффициент нагружения.

Принимаем коэффициент нагружения равным 0,4, соответствующий группе режима работы и классу нагружения ВЗ [Л 1, стр. 13].

Отсюда:

$$k_Q = \sqrt[3]{0,4} = 0,74 \quad (40)$$

Коэффициент k_t можно определить по формуле:

$$k_t = \sqrt[3]{\frac{z_p}{z_0}}, \quad (41)$$

где z_p - суммарное число циклов контактных напряжений зуба шестерни тихоходной ступени редуктора;

z_0 - базовое число циклов контактных напряжений для типовых редукторов,

$$z_0 = 125 \cdot 10^6; \quad (42)$$

$$z_p = z_m \cdot u_m, \quad (43)$$

где z_m - число циклов нагружения на тихоходном валу редуктора;

u_m - передаточное число тихоходной ступени редуктора (можно принимать среднее значение $u_m=5$)

Значение z_m определяют по формуле

$$Z_m = 60 n_m t_{маи}, \quad (44)$$

где n_m - частота вращения тихоходного вала редуктора, об/мин;

$t_{маи}$ - машинное время работы механизма, ч.

$$n_m = n_6 = 18,6 \text{ об/мин}$$

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

$t_{max}=6300$ [из таблицы 1, 3 Л 1], откуда

$$z_m=60*18,6*6300=7030800$$

$$z_p=z_m * u_m=7030800*5=35154000 \quad (45)$$

$$k_T = \sqrt[3]{\frac{z_p}{z_0}} = \sqrt[3]{\frac{35154000}{125*10^6}}=0,65 \quad (46)$$

$$k_d = 0,65*0,74=0,48$$

Найденное значение выходит из интервала 0,5.. 1,0, следовательно, принимаем его равным 0,5.

Расчетный крутящий момент на тихоходном валу редуктора при подъеме номинального груза в период установившегося движения

$$T_p = \frac{S_{max}*z_6*r_6}{\eta_6} = \frac{21638*2*0,225}{0,99} = 9835,45 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

(47)

$$T_{p.э.} = k_a * T_p = 0,3 * 9835,45 = 2950,63 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (48)$$

$T_{p.э.} < T_p$, значит редуктор соответствует требованиям прочности.

Второе условие - передаточное число редуктор U_p не должно отличаться от требуемого передаточного числа $U_{p.тp.}$ более чем на $\pm 5\%$:

$$\frac{|U_{p.тp.}-U_p|}{U_{p.тp.}} * 100\% \leq 15\%$$

$$\frac{|51,61-48,57|}{51,61} * 100\% = 5,8\%$$

Из расчетов видно, что редуктор типа РМ-500-I-3м удовлетворяет всем предъявляемым требованиям.

Основные параметры редуктора РМ-500-I-3м;

Номинальное передаточное число $U_p = 48,57$;

Крутящий момент на выходном валу $T_m = 26000$ Нм;

Масса $m = 390$ кг.

3.2. Механизм передвижения тележки

Для уменьшения веса грузоподъемной тележки возможно использовать мотор-редукторы, как цельные модули. Малое количество частей и уменьшение

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

металлоконструкции значительно облегчает грузовую тележку. При этом уменьшается потребность в техническом обслуживании и необходимость использования большого количества запасных частей.

В данном случае лебедке применяется схема с боковым расположением мотор-редуктора. Пустотелый вал редуктора механизма передвижения монтируется непосредственно на ось привода передвижения. Первичная сторона редуктора закреплена с помощью упругой опоры.

3.2.1. Определение статических нагрузок на ходовые колеса

Конструкция кареток передвижения позволяет лучше распределить нагрузки на колеса и подтележечные пути. Диаметр колес тележки равен 560 мм.

Максимальную (в груженом состоянии) и минимальную (в порожнем состоянии) статические нагрузки на ходовое колесо тележки ($P_{ст\ max}$ и $P_{ст\ min}$) следует определять с учетом коэффициента неравномерности нагружения колес k : в груженом состоянии умножать на 1,1; в порожнем состоянии - на 0,9.

Вес груза $G_{гр}$ равен:

$$G_{гр} = m_{гр} * g = 12500 * 9,81 = 122625 \text{ Н}; \quad (49)$$

Вес тележки равен:

$$G_m = m_m * g = 2271 * 9,81 = 22278 \text{ Н} \quad (50)$$

Максимальная статическая нагрузка на ходовое колесо равна

$$P_{ст.max} = \frac{(G_{гр} + G_m) * k}{n_k} = \frac{(122625 + 22278) * 1,1}{4} = 39848,3 \text{ Н}$$

n_k - число ходовых колес.

Минимальная статическая нагрузка на ходовое колесо равна

$$P_{ст.min} = \frac{G_m * k}{n_k} = \frac{22278 * 0,9}{4} = 5012,5 \text{ Н}$$

3.2.2. Определение сопротивлений передвижению тележки

Полное сопротивление W (кН) передвижению тележки в период разгона, приведенное к ободу колеса, может включать в себя следующие составляющие:

$$W = W_{тр} + W_y + W_е + W_{ин} + W_{зуб}, \quad (51)$$

где $W_{тр}$ - сопротивление, создаваемое силами трения;

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

W_y - сопротивление, создаваемое уклоном подтележечного пути;

W_e - сопротивление, создаваемое ветром, если кран работает на открытом воздухе;

$W_{ин}$ - сопротивление, создаваемое инерцией вращающихся и поступательно движущихся масс тележки;

$W_{зуб}$ - сопротивление, создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске.

Для тележек, имеющих ходовые колеса с ребордами, сопротивления, создаваемые силами трения $W_{тр}$ (кН) определяют по формуле

$$W_{тр} = \frac{(G_T + G_r + G_{II}) \cdot (2 \cdot \mu + f \cdot d_{ц})}{D_k} \cdot K_p \quad (52)$$

где μ - коэффициент трения качения колеса по рельсу, принимаем μ равным 0,3 мм (Л1, стр.40);

f - приведенный коэффициент трения скольжения в подшипниках колес, принимаем f равным 0,015 (Л1, стр.40);

k_p - коэффициент дополнительных сопротивлений, определяемых в основном трением реборд о головку рельса и трением токосъемного оборудования, $k_{дон} = 2,5$ (Л1, стр.41);

G_m и $G_{зр}$ - соответственно вес тележки и номинального груза, кН

D_k - диаметр колеса, мм;

$d_{ц}$ - диаметр цапфы вала (оси) колеса.

$$W_{тр} = \frac{(122,6+22,2) \cdot (2 \cdot 0,3 + 0,15 \cdot 112)}{560} \cdot 2,5 = 10,4 \text{ кН} \quad (53)$$

Сопротивление W_y (кН), создаваемое уклоном определяют по формуле

$$W_y = \alpha(G_m + G_{зр}), \quad (54)$$

где α - уклон рельсового пути, для тележки равный 0,002.

$$W_y = 0,002 \cdot (122,6 + 22,2) = 0,28 \text{ кН}. \quad (55)$$

Так как мостовой кран находится в помещении, то сопротивление W_e создаваемое ветром не учитываем.

Сопротивление $W_{ин}$ (кН), создаваемое силами инерции определяют по формуле

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$W_{ин} = \delta * m_{пост} * a, \quad (56)$$

где δ - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей механизма (при скорости передвижения меньше 1 м/с можно принимать $\delta = 1,25$);

$m_{пост}$ - масса поступательно движущегося объекта, т;

a - ускорение при разгоне, м/с. Значение a можно принять равным

$a = (0,5... 1,0) * [a]$, где $[a]$ - допускаемое ускорение м/с . $[a] = 0,1$ м/с , из таблицы (Л1, стр.41).

$$W_{ин} = 1,25 * (2,2 - 0,205) * 1 * 0,1 = 0,2 \text{ кН}. \quad (57)$$

Сопротивление $W_{губ}$ (кН), создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске

$$W_{губ} = (m_{гр} + m_n) * a, \quad (58)$$

где $m_{гр}$ и m_n - соответственно масса номинального груза и крюковой подвески

$$W_{губ} = (12,5 + 0,205) * 1 * 0,1 = 1,5 \text{ кН}$$

Полное сопротивление передвижению тележки

$$W = 10,4 + 0,28 + 0,2 + 1,5 = 12,38 \text{ кН}.$$

3.2.3. Выбор двигателя

Тип двигателя выбирают исходя из следующих условий:

Первое условие — относительная продолжительность включения двигателя должна соответствовать относительной продолжительности включения механизма.

Второе условие - номинальная мощность двигателя должна быть равна или несколько больше значения мощности, вычисленного по формуле

$$N = \frac{W * k_T}{\eta_{пр} * \psi_{н.ср.}} \quad (59)$$

где $\eta_{пр} = 0,8...0,85$ — предварительное значение К.П.Д. механизма;

$\psi_{н.ср.}$ - кратность среднепускового момента двигателя по отношению к номинальному, из таблицы 2.17 (Л 1, стр.42) $\psi_{н.ср.} = 1,52$.

Введение коэффициента объясняется тем, что сопротивление передвижению W определено

с учетом сил инерции и раскачивания груза, исчезающих в момент окончания разгона механизма. Достаточная же интенсивность разгона механизма обеспечивается благодаря перегрузочной способности, характеризуемой коэффициентом $\psi_{n.cр.}$

$$N = \frac{12,38 \cdot 0,65}{0,8 \cdot 1,52} = 6,61 \text{ кВт} \quad (60)$$

Для уменьшения объема и количества опорных конструкций используются мотор-редукторы, как цельные модули.

Механизм передвижения тележки включает в себя двигатель МТФ 311-8

$$N_{дв} = 7,5 \text{ кВт};$$

$$N_{об} = 750 \text{ об/мин};$$

Максимальный момент 104 Нм

3.2.4. Выбор передачи

Типоразмер редуктора выбирают по той же методике, что была изложена для механизма подъема груза, за исключением следующих отличий.

Суммарное число циклов контактных напряжений тихоходного зубчатого колеса редуктора определяют по формуле

$$Z_m = 30 * n_m * t_{маш} \quad (61)$$

т.к. работает не одна, а две активные поверхности зубьев.

Расчетный крутящий момент T_p на тихоходном валу редуктора определяется по формуле

$$T_p = T_{дв.мах} * U_p * \eta_p, \quad (62)$$

где $T_{дв.мах}$ - максимальный момент двигателя, Нм;

U_p - передаточное число редуктора;

η_p - К.П.Д. редуктора.

Так как редуктор еще не выбран, то можно принять U_p из паспортных данных на принятый тип редуктора и близкое к требуемому передаточному числу редуктора.

Угловая скорость вала двигателя равна

$$\omega_{дв} = \frac{n_1}{i} = \frac{750}{26,4} = 28,4 \quad \text{рад/с}$$

(63)

где n_1 - частота оборотов двигателя, об/мин.

Частота вращения колеса n_k

$$n_k = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{34}{\pi \cdot 0,56} = 19,35 \text{ об/мин}$$

(64)

Определим общее передаточное число передачи от двигателя на ходовое колесо

$$Z_m = 30 \cdot n_k \cdot t_{маш} \quad (65)$$

где $t_{маш} = 6300$ ч,

$$Z_m = 30 \cdot 19,35 \cdot 6300 = 3,6 \cdot 10^6$$

(см. табл. 1.3, Л1, стр.14);

Частота вращения тихоходного вала редуктора равна частоте вращения колеса,

$$n_k = n_m .$$

Передаточное число тихоходной ступени редуктора предполагаем близким к значению $U_m = 5$. Суммарное число циклов контактных напряжений зуба шестерни тихоходной ступени

$$Z_p = Z_m \cdot U_m = 3,6 \cdot 10^6 \cdot 5 = 18 \cdot 10^6. \quad (66)$$

Базовое число циклов контактных напряжений $Z_0 = 125 \cdot 10^6$; Коэффициент срока службы равен

$$k_t = \sqrt[3]{\frac{Z_p}{Z_0}} = \sqrt[3]{\frac{18 \cdot 10^6}{125 \cdot 10^6}} = 0,52$$

Коэффициент долговечности равен

$$K_d = k_Q \cdot k_b, \text{ где}$$

k_Q - коэффициент переменности нагрузки;

k_b - коэффициент срока службы.

$$k_Q = \sqrt[3]{k} ,$$

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

где k - коэффициент нагружения. Значения k в зависимости от класса нагружения приведены в табл. 1.4 (Л 1, стр.14). Для класса нагружения ВЗ принимаем значение 0,4.

$$k_Q = \sqrt[3]{0,4} = 0,74$$

$$k_\partial = 0,74 \cdot 0,52 = 0,38$$

Значение k_∂ необходимо принять не менее чем 0,74, поэтому окончательно принимаем $k_\partial = 0,74$.

Определим расчетный крутящий момент T_p на тихоходном валу редуктора:

$$T_p = T_{дв.мах} \cdot U_p \cdot \eta_p \quad (67)$$

$$T_p = 104 \cdot 26,4 \cdot 0,97 = 2612 \text{ Н} \cdot \text{М},$$

где $T_{дв.мах}$ – максимальный момент двигателя, Нм;

U_p – передаточное число редуктора;

η_p – КПД редуктора.

Передаточное число редуктора ВКУ-500М, который входит в модуль

$$\frac{|U_{p.тп.} - U_p|}{U_{p.тп.}} \cdot 100\% \leq 15\%$$

$$\frac{|28 - 26,4|}{28} \cdot 100\% \leq 5,7\%$$

Из расчетов видно, что редуктор ВКУ-500М удовлетворяет всем требованиям

Примем К.П.Д. редуктора $\eta_p = 0,94$

$$T_{дв.н.} = \frac{N_{дв}}{\omega} \quad (68)$$

Где $T_{дв.н.}$ – номинальный момент двигателя, Н

Определим необходимый момент на валу двигателя

$$T_{дв.н.} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{28,4} = 95,5 \text{ н} \quad (69)$$

Кратность среднепускового момента двигателя по отношению к номинальному $\psi_{н.ср.}$ для короткозамкнутого асинхронного двигателя с

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

частотным управлением предварительно принимаем равным 1,52 - табл.2.17 (Л 1, стр.42).

Тогда:

$$T_{\partial\partial} = 95,5 * 1,52 = 145,16 \text{ Нм.}$$

Следовательно, расчетный крутящий момент на тихоходном валу редуктора:

$$T_p = 145,16 * 0,94 * 28 = 3820,61 \text{ Нм.}$$

Расчетный эквивалентный момент:

$$T_{p.э.} = 0,63 * 3820,61 = 2406,98 \text{ Нм.}$$

Определим фактическую скорость и К.П.Д. механизма передвижения тележки.

Фактическая скорость передвижения тележки равна:

$$v_{\text{пер.т.}} = \frac{\omega_{\text{дв}} \cdot r_k}{u_{\text{мех}}} \quad (70)$$

$$v_{\text{пер.т.}} = \frac{28,4 \cdot 0,56}{0,94} = 16,9 \text{ м/мин}$$

Полученное значение скорости передвижения тележки отличается от заданного на 50%.

Фактическое значение К.П.Д. останется тем же, поскольку в механизме не используется применение муфт.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

4. МЕХАНИЗМ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ МОСТА КРАНА

В механизмах передвижения мостовых кранов чаще применяют отдельный привод. Он более прост в ремонте и обслуживании. Однако при отдельном приводе по многим причинам может быть несинхронность движения, чем при центральном.

Число ходовых колес зависит от грузоподъемности крана, режима его работы и скорости. В нашем случае при грузоподъемности крана 12,5 т, принимаем число ходовых колес 4 диаметром 710 мм, что рекомендовано (Л 1 стр. 36), а также, чтобы не менять конструкцию модернизируемого крана.

4.1. Определение сопротивлений передвижению крана

Полное сопротивление W (кН) передвижению тележки в период разгона, приведенное к ободу колеса, может включать в себя следующие составляющие:

$$W = W_{тр} + W_y + W_в + W_{ин} + W_{зуб}, \quad (73)$$

где $W_{тр}$ - сопротивление, создаваемое силами трения;

W_y - сопротивление, создаваемое уклоном подтележечного пути;

$W_в$ - сопротивление, создаваемое ветром, если кран работает на открытом воздухе;

$W_{ин}$ - сопротивление, создаваемое инерцией вращающихся и поступательно движущихся масс тележки;

$W_{зуб}$ - сопротивление, создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске.

Для кранов, имеющих ходовые колеса с ребордами, сопротивления, создаваемые силами трения $W_{тр}$ (кН) определяют по формуле

$$W_{тр} = \frac{(G_{кр} + G_r) \cdot (2 \cdot \mu + f \cdot d_{ц})}{D_K} \cdot K_p \quad (74)$$

где μ - коэффициент трения качения колеса по рельсу, принимаем μ равным 0,6 мм (Л1, стр.40);

f - приведенный коэффициент трения скольжения в подшипниках колес, принимаем/равным 0,015 (Л1, стр.40);

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

k_P - коэффициент дополнительных сопротивлений, определяемых в основном трением реборд о головку рельса и трением токосъемного оборудования, $k_{дон} = 1,1$ (Л1, стр.41);

$G_{кр}$ и $G_{зр}$ - соответственно вес мостового крана и номинального груза, кН;

D - диаметр колеса, мм;

d_u - диаметр цапфы вала (оси) колеса.

$$W_{тр} = \frac{(233,1+122,5) \cdot (2 \cdot 0,6 + 0,015 \cdot 142)}{710} \cdot 1,1 = 1,83 \text{ кН} \quad (75)$$

Сопротивление W_y (кН), создаваемое уклоном определяют по формуле

$$W_y = \alpha(G_{кр} + G_{зр}), \quad (76)$$

α - уклон рельсового пути, для крана равный 0,001.

$$W_y = 0,001 \cdot (233,1 + 122,5) = 0,3 \text{ кН}.$$

Так как мостовой кран находится в помещении, то сопротивление $W_в$, создаваемое ветром не учитываем.

Сопротивление $W_{ин}$ (кН), создаваемое силами инерции определяют по формуле

$$W_{ин} = \delta \cdot m_{пост} \cdot a, \quad (77)$$

где δ - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей механизма (при скорости передвижения больше 1 м/с можно принимать $\delta = 1,15$);

$m_{пост}$ - масса поступательно движущегося объекта (крана), т;

a - ускорение при разгоне, м/с. Значение a можно принять равным

$$a = (0,5 \dots 1,0) \cdot [a], \quad (78)$$

где $[a]$ - допускаемое ускорение м/с. $[a] = 0,1 \text{ м/с}$, из таблицы

(Л 1, стр.41).

$$W_{ин} = 1,15 \cdot 93 \cdot 0,7 \cdot 0,1 = 7,5 \text{ кН}. \quad (79)$$

Сопротивление $W_{гиб}$ (кН), создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске

$m_{зр}$ и m_n - соответственно масса номинального груза и крюковой подвески, т.

$$W_{гиб} = (m_{зр} + m_n) \cdot a, \quad (80)$$

Полное сопротивление передвижению тележки

$$W = 1,83 + 0,3 + 7,5 + 7,1 = 16,7 \text{ кН}$$

4.2. Выбор двигателя

Тип двигателя выбирают исходя из следующих условий:

Первое условие - продолжительность включения двигателя должна соответствовать относительной продолжительности включения механизма.

Второе условие - номинальная мощность двигателя должна быть равна или несколько больше значения мощности, вычисленного по формуле

$$N = \frac{W \cdot k_T}{\eta_{пр} \cdot \psi_{н.ср.}} \quad (81)$$

где $\eta_{пр} = 0,8..0,85$ - предварительное значение К.П.Д. механизма;

$\psi_{н.ср.}$ - кратность среднепускового момента двигателя по отношению к номинальному, из таблицы 2.17 (Л 1, стр.42) $\psi_{н.ср.} = 1,52$. Введение коэффициента объясняется тем, что сопротивление передвижению W определено с учетом сил инерции и раскачивания груза, исчезающих в момент окончания разгона механизма. Достаточная же интенсивность разгона механизма обеспечивается благодаря перегрузочной способности, характеризуемой коэффициентом $\psi_{н.ср.}$

$$N = \frac{16,7 \cdot 1,24}{0,84 \cdot 1,52} = 16,21 \text{ кВт}$$

Так как применяется кинематическая схема с отдельным приводом, то номинальная мощность двигателя

$$N = 0,5 \cdot 16,21 = 8,1 \quad (82)$$

Выбираем двигатель серии МТФ 311-6 с фазным ротором с основными характеристиками:

ПВ = 25%, средний режим работы;

Мощность на валу $N = 11$ кВт;

Частота вращения вала двигателя $N_{\text{дв}} = 945$ об/мин;

Максимальный момент 320 Нм;

Момент инерции ротора $J_{\text{дв}} = 0,225$ кг*м ;

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Масса двигателя $m = 180$ кг.

4.3. Выбор передачи

Типоразмер редуктора выбирают по той же методике, что была изложена для механизма передвижения тележки.

Частота вращения колеса n_k

$$n_k = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{69,3}{\pi \cdot 0,71} = 31,08 \text{ об/мин} \quad (83)$$

Определим общее передаточное число передачи от двигателя на ходовое колесо

$$U_{mp} = \frac{n_{дв}}{n_k} = \frac{945}{31,08} = 30,4 \quad (84)$$

Максимальный момент на тихоходном валу редуктора

$$M_{max} = \frac{W \cdot D_k}{2} = \frac{16,7 \cdot 0,71}{2} = 5,92 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (85)$$

Угловая скорость вала двигателя равна

$$\omega = \frac{n_1}{i} = \frac{945}{20,9} = 45,21 \text{ рад/с}, \quad (86)$$

где n_1 - частота оборотов двигателя, об/мин.

Суммарное число циклов контактных напряжений тихоходного зубчатого колеса редуктора определяют по формуле

$Z_m = 30 * n_m * t_{маи}$, т.к. работает не одна, а две активные поверхности зубьев.

$$Z_m = 30 * 30,4 * 6300 = 5,74 * 10^6, \quad (87)$$

где $t_{маи}$ - 6300 ч, (см. табл. 1.3, Л1, стр.14);

Передаточное число тихоходной ступени редуктора предполагаем близким к значению $U_m = 5$. Суммарное число циклов контактных напряжений зуба шестерни тихоходной ступени

$$Z_p = Z_m * U_m = 5,74 * 10^6 * 5 = 28,7 * 10^6. \quad (88)$$

Базовое число циклов контактных напряжений $Z_0 = 125 * 10^6$

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Коэффициент срока службы равен

$$k_t = \sqrt[3]{\frac{Z_p}{Z_0}}$$

$$k_t = \sqrt[3]{\frac{28,7 \cdot 10^6}{125 \cdot 10^6}} = 0,61$$

Коэффициент долговечности равен

$$k_d = k_Q \cdot k_t \quad (89)$$

где k_Q - коэффициент переменности нагрузки;

k_t - коэффициент срока службы.

$$k_Q = \sqrt[3]{k}, \quad (90)$$

где k - коэффициент нагружения. Значения k в зависимости от класса нагружения приведены в табл. 1.4 (Л 1, стр.14). Для класса нагружения ВЗ принимаем значение 0,4.

$$k_Q = \sqrt[3]{0,4} = 0,74 \quad (91)$$

$$k_d = 0,74 \cdot 0,61 = 0,45.$$

Значение k_d необходимо принять не менее чем 0,74, поэтому окончательно принимаем $k_d = 0,74$.

Расчетный крутящий момент T_p на тихоходном валу редуктора определяется по формуле

$$T_p = T_{дв.мах} \cdot U_p \cdot \eta_p, \quad (92)$$

где $T_{дв.мах}$ - максимальный момент двигателя, Нм;

U_p - передаточное число редуктора;

η_p - К.П.Д. редуктора.

Так как редуктор еще не выбран, то можно принять U_p из паспортных данных на принятый тип редуктора и близкое к требуемому передаточному числу редуктора. Ближайшее передаточное число редуктора РМ-350 $U_p = 20,49$, что расходится со значением U на допустимую величину 10,5%

$$\frac{|U_{p.тр.-U_p}|}{U_{p.тр.}} \cdot 100\% \leq 15$$

$$\frac{|22,4-20,49|}{22,4} \cdot 100\% = 8,5\%$$

Примем К.П.Д. редуктора $\eta_p = 0,94$

$$T_{\partial в.н.} = \frac{N_{дв}}{\omega} \quad (93)$$

где $T_{\partial в.н.}$ - номинальный момент двигателя, Нм. Определим необходимый момент на валу двигателя

$$T_{\partial в.н.} = \frac{11 \cdot 10^3}{45,21} = 243 \text{ Нм} \quad (94)$$

Кратность среднепускового момента двигателя по отношению к номинальному $\psi_{н.ср.}$ для двигателя серии МТФ предварительно принимаем равным 2,0 - табл.2.17 (Л 1, стр.42).

$$T_{\partial в.маx} = 243 * 2 = 496 \text{ Нм.}$$

Следовательно, расчетный крутящий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_p = 496 * 0,94 * 22,4 = 10443,77 \text{ Нм.}$$

Расчетный эквивалентный момент

$$T_{p.э.} = 0,74 * 10443,77 = 7729,38 \text{ Нм.}$$

Редуктор ВКУ-610М имеет номинальный крутящий момент на тихоходном валу, равный $T_{p.н.} = 12400$ Нм, следовательно условие

$$T_{p.э.} \leq T_{p.н.} \quad \text{выполняется.}$$

Определим фактическую скорость и К.П.Д. механизма.

Фактическая скорость передвижения тележки равна

$$v_{\phi} = \frac{45,21 \cdot 0,71}{0,94} = 34 \text{ м/мин} \quad (95)$$

полученное значение отличается от заданного на 8%, что допускается.

К.П.Д. одной зубчатой муфты равен $\eta_m = 0,99$. Поставим одну зубчатую муфту между редуктором и двигателем, и две между колесом и редуктором.

Тогда:

$$\eta_m = \eta_m * \eta_m * \eta_m * \eta_p = 0,99 * 0,99 * 0,99 * 0,94 = 0,91. \quad (96)$$

Данное значение не намного отличается от принятого предварительно, поэтому пересчет мощности не требуется.

4.4. Выбор муфт

Типоразмер муфт выбирают по диаметрам концов соединяемых валов (ГОСТ 5006-83). При этом допускается комбинация втулок различных исполнений (с коническим и цилиндрическим отверстием). Диаметр отверстия втулки можно заказывать равным диаметру конца вала, если последний не превышает наибольшего для данного типоразмера значения, указанного в таблице ГОСТа. Технические данные приведены в ГОСТ 5006-83, 21424-75 и 20884-75.

По диаметрам концов соединяемых валов выбираем муфты:

Для быстроходного вала зубчатую муфту - 1600-40-2-50-2-2У2 ГОСТ 5006-83;

Для тихоходного вала зубчатую муфту — 2-25000-80-125-1-2У2 ГОСТ 5006-83.

Технические характеристики:

- на быстроходном валу:

Номинальный вращающий момент $T_{н.м.} = 1600$ м;

Момент инерции $J_m = 0,06$ кг*м²;

(97)

Масса m_m не более 9,2 кг.

- на тихоходном валу:

Номинальный вращающий момент $T_{н.м.} = 25000$ Нм;

Момент инерции $J_m = 2,25$ кг*м²;

(98)

Масса m_m не более 100 кг.

4.5. Выбор тормоза

Согласно правилам на механизмы передвижения, тормоза в устанавливаются в тех случаях, если:

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

- 1) механизм работает на открытом воздухе;
- 2) работает в помещении и передвигается по пути, уложенному на полу;
- 3) работает в помещении на надземном пути, перемещается со скоростью более 0,32 м/с.

Так как мостовой кран выполняет ответственную задачу по перемещению больших грузов и при его работе необходима высокая точность перемещения груза, необходимо установить тормоз на механизм передвижения крана.

Расчетный тормозной момент механизма $T_{тр.мех.}$ при работе крана в закрытом помещении определяют при движении без груза под уклон в предположении, что реборды колес (или горизонтально направляющие ролики) не задевают за головки рельсов:

$$T_{тр.мех} = T_{y0} + T_{ино} - T_{тро}$$

(99)

где T_{y0} , $T_{ино}$, $T_{тро}$ - моменты, создаваемые уклоном, инерцией и силами трения и приведенные к валу, на котором установлен тормоз:

$$T_{y0} = \frac{W_{y0} \cdot r_k \cdot \eta_{k-m}}{25}, \quad (100)$$

где r_k - радиус ходового колеса, м;

η_{k-m} - К.П.Д. механизма на участке кинематической цепи "приводное колесо-тормоз";

W_{y0} - сопротивление передвижению крана без груза, создаваемое уклоном, Н.

$$W_{y0} = \alpha \cdot G_{кр}, \quad (101)$$

где α - уклон рельсового пути, для крана равный 0,001.

$$W_{y0} = 0,001 \cdot 233,1 = 0,2 \text{ кН}$$

$$T_{y0} = \frac{0,2 \cdot 10^3 \cdot 0,71 \cdot 0,91}{25} = 5,16 \text{ Нм} . \quad (102)$$

$$, \quad (103)$$

где $W_{ин0}$ - сопротивление передвижению крана без груза, создаваемое инерцией.

$$W_{ин0} = \delta \cdot m_{кр} \cdot a ,$$

(104)

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

где δ - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся частей механизма (при скорости передвижения больше 1 м/с можно принимать $\delta=1,15$);

$m_{пост}$ - масса поступательно движущегося объекта (крана), т;

a - ускорение при разгоне, м/с. Значение a можно принять равным

$a = (0,5... 1,0) \cdot [a]$, где $[a]$ - допускаемое ускорение м/с², $[a] = 0,1$ м/с², из таблицы (Л1, стр.41).

$$W_{инО} = 1,15 \cdot 93 \cdot 0,7 \cdot 0,1 = 7,5 \text{ кН.} \quad (105)$$

где $W_{мп}$ - сопротивление передвижению крана без груза, создаваемое силами трения.

$$W_{мп} = \dots \quad (106)$$

где μ - коэффициент трения качения колеса по рельсу, принимаем μ равным 0,6 мм (Л1, стр.40);

f - коэффициент трения скольжения в подшипниках крановых колес, принимаем/равным 0,015 (Л1, стр.40);

d_u - диаметр цапфы вала(оси)колеса.

Расчетный тормозной момент механизма $T_{т.р.мех.}$ равен

$$T_{т.р.мех} = 11,6 + 97 - 61,6 = 47 \text{ Нм.}$$

Расчетный тормозной момент тормоза $T_{т.р}$ определяют по формуле

$$T_{т.р} = \dots \quad (107)$$

где z_m число тормозов в механизме.

$$T_{т.р.} = \frac{47}{2} = 23,5 \text{ Нм}$$

Выбираем тормоз типа ТКГ, с электрогидравлическим толкателем. Это благоприятно скажется на сцеплении колес крана с рельсами при торможении.

Выбираем типоразмер тормоза:

Тормоз ТКГ-160-У2-50-380-40, со следующими характеристиками:

$$T_{т.н.} = 100 \text{ Нм;}$$

$$D_{т.ш.} = 160 \text{ мм;}$$

$$B_k = 70 \text{ мм;}$$

$P_{um} = 157 \text{ Н};$

$m = 21 \text{ кг.}$

Типоразмер электрогидравлического толкателя - ТЭГ-16М.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

5. РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ЗАНЯТИЯ НА ТЕМУ: «МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМА И ТЕЛЕЖКИ МОСТОВОГО КРАНА»

Курс целевого назначения – вид непрерывного профессионального обучения рабочих и служащих, организуемый для изучения новой техники, оборудования, материалов, технологических процессов, прогрессивных форм организации труда, трудового законодательства, правил технической эксплуатации оборудования, требований безопасности труда, а также вопросов, связанных с повышением качества продукции, и других вопросов, направленных на решение конкретных технических, экономических и иных задач.

Целью данной дипломной работы является повышение грузоподъемности мостового крана путем замены крюковой подвески, каната, барабана, редуктора, электродвигателя и тормоза.

В связи с изменением конструкции мостового крана для рабочего персонала (слесарей-ремонтников, электромонтеров, машинистов крана) нужно провести курс целевого обучения и внеплановый инструктаж и ознакомить с изменением конструкции крана каждого работника под роспись в журнале инструктажа.

Таблица 3 – Учебный план курса целевого обучения для обслуживающего персонала на тему: «Механизмы подъема и тележки мостового крана»

№ П/П	Темы(разделы)	Количество часов	
		Лекции	Практ. занятия
1	2	3	4
1.	Основные особенности(отличия) конструкции грузовой тележки	1	
2.	Особенности конструкции механизма подъема мостового крана	2	2
3.	Особенности конструкции механизма передвижения тележки	1	1

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
4.	Элементы грузовых и тяговых устройств мостового крана	1	1
5.	Тормоза, применяемые в механизме подъема и передвижении тележки	1	
6.	Грузозахватный орган (крюковая подвеска)	1	
7.	Форма проверки знаний, ответы на вопросы в виде теста	1	
Общее число часов, отведенное на изучение раздела – 12.			

Разработка вопросов для проверки знаний после прохождения курса целевого назначения

Форма проверки знаний состоит из контрольных вопросов по пройденным разделам в виде тестирования

Вопросы:

1. Что собой представляет грузоподъемная тележка?
2. Из каких основных частей состоит механизм подъема мостового крана?
3. Перечислите основные схемы соединения выходного вала редуктора с барабаном?
4. Какая схема соединения выходного вала редуктора с барабаном наиболее применима в механизмах подъема?
5. Какие по форме бывают крюки?
6. В соответствии с какими требованиями выбирается форма крюков?
7. Из каких материалов изготавливают крюки?
8. Что применяют в качестве гибких элементов в мостовых кранах?
9. Из каких материалов изготавливают канаты?
10. Какие канаты преимущественно применять в грузоподъемных машинах?
11. Какие грузозахватные приспособления наиболее широко применяются на мостовых кранах

Продолжение таблицы 4

1	2
	<p>Это приводы, электродвигатели подъемных механизмов (основного и вспомогательного), токосъемник, блокираторы высоты подъема. Аварийную остановку тележки при поломке тормозной системы обеспечивают буфера.</p> <p>Консольную тележку используют для однобалочных устройств. В двухбалочных применяют тележки, которые могут двигаться по обоим поясам балок (нижнему и верхнему).</p> <p>Konecranes – это группа компаний, являющаяся мировым лидером в сфере разработки и производства подъемного оборудования под торговой маркой Lifting Businesses™, оказывающая услуги широкому спектру заказчиков, представляющих производственные и обрабатывающие отрасли промышленности, судостроительные заводы, порты и грузовые терминалы. Независимо от ваших потребностей в грузоподъемных работах, мы стремимся предоставить вам специализированное грузоподъемное оборудование и услуги, повышающие стоимость и эффективность бизнеса</p>
<p>Заключительная часть</p>	<p>В результате занятия мы ознакомились с техническими характеристиками и особенностями модернизированной грузовой тележки финской фирмы и определили все особенности конструкции.</p>

Вывод: В методической части дипломного проекта разработан учебный план курса целевого обучения для ремонтного персонала предприятия ПАО «Уралмашзавод» которые работают в отделе главного механика на участке по ремонту и обслуживанию кранового оборудования. Также был разработан план-конспект одного занятия.

6. ДЕМОНТАЖ МОНТАЖ ОБОРУДОВАНИЯ ГРУЗОВОЙ ТЕЛЕЖКИ

Для того чтобы произвести монтаж нового оборудования нам нужно демонтировать старые, а так как у нас ограниченная высота цеха по этому у автокрана не хватит вылета стрелы, чтобы снять тележку через верх. Для этого нам придется разполовинить кран по центру концевых балок в монтажных местах. После того как, разполовинили балки, производим строповку тележки и приподнимаем ее. После того как, мы ее приподняли откатываем одну из балок монтажными лебедками после этого производим спуск тележки вниз.

Монтаж производится, в обратном порядке при этом соблюдается техника безопасности. Работы выполняются по согласованному плану производства работ, а так же по нарядам допускам.

По завершению монтажа и проведению пуско-наладочных работ проводятся испытания мостового крана. В соответствии с действующими ФНП[19] производится испытание крана грузом превышающим на 25 процентов паспортную грузоподъемность (статические испытания, без движения). Помимо этого кран подвергается динамическим испытаниям, подъем груза превышающего паспортную грузоподъемность крана на 10 процентов в движении (проверяются тормоза и другие механизмы).

Только после успешно проведенных испытаний монтаж мостового крана можно считать окончанным.

После того как, все работы выполнены на 100 процентов мы обязаны будем в десяти дневный срок направить письмо в органы Ростехнадзора с просьбой провести процедуру о пуске крана в производство с участием инспектора Ростехнадзора, и предоставить всю необходимую документацию на кран, только после этого мы можем эксплуатировать наш модернизированный кран.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

7. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Целью настоящего проекта является повышение грузоподъемности путем замены крюковой подвески, каната, барабана, редуктора, электродвигателя и тормоза.

Рассмотрим варианты по выполнению данной задачи, исходя из того, что мы имеем возможность либо установить новый мостовой кран, либо заменить оборудование крана.

Рассмотрим два варианта, когда в пролете можно установить новый мостовой кран и замена оборудования старого крана. Определим годовые эксплуатационные расходы, но следует иметь в виду, что некоторые затраты по модернизированному и не модернизированному кранам могут остаться без изменения, а затраты на электроэнергию при увеличении производительности крана после модернизации или замены - возрасти. Однако затраты на ремонт сократятся.

Годовой сравнительный экономический эффект различных вариантов модернизации следует оценивать путем сравнения с не модернизированным краном, в том числе и с другими способами решения задачи. Для этого нужно составить таблицу, в которой отразить для не модернизированного крана, а также вариантов модернизации эксплуатационные показатели, после чего выбрать наилучший вариант.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

7.1. Затраты на проектирование

$З_{контр} = T_{мес} \cdot O \cdot K_{пр} \cdot K_{пояс.к-т} \cdot K_{соц.взносы} = 3 \cdot 20000 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,3 = 107640$
руб

где $T_{мес}$ – продолжительность производства чертежей.

O – оклад (16000 ÷ 20 000 руб).

7.2. Затраты на покупку

Таблица 5- Затраты на покупку.

№ п/п	Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб	Сумма затрат, руб
1	Работы по модернизации		11300000	11300000
2	Покупка нового крана	1	13200000	13200000

Затраты на демонтаж старой тележки составляет 10% и равны 278 000 руб.

Затраты на монтаж лебедки составляет 15% и равны 1695000 руб.

Затраты на демонтаж старого крана составляет 10% и равны 350000руб.

Затраты на монтаж крана составляет 15% и равны 1980000руб.

7.3. Единовременные затраты

$К_{ед} = \text{проектирование} + \text{цена} + \text{транспорт (10÷15\%)} + \text{демонтаж(10÷ 15\%)} + \text{монтаж (10÷15\%)}$

Итого:

Покупка нового оборудования:

$К_{ед1} = 107640 + 11300000 + 1130000 + 278\ 000 + 1695000 = 14510640$ руб

Кран фирмы "УРАЛКРАН:

$К_{ед2} = 13200000 + 1320000 + 350000 + 1980000 = 16850000$ руб.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

7.4. Эксплуатационные затраты

Затраты на амортизацию:

$$C'_a = \frac{Ц'_{б.т.о.} \cdot H'_a}{100} = \frac{11300000 \cdot 10}{100} = 1130000 \text{ руб}$$

$$C''_a = \frac{Ц''_{б.т.о.} \cdot H''_a}{100} = \frac{13200000 \cdot 10}{100} = 1320000 \text{ руб}$$

$Ц'_{б.т.о.}, Ц''_{б.т.о.}$ – балансовая стоимость единицы.

H'_a, H''_a – годовая норма амортизационных отчислений на восстановление оборудования, %.

Затраты на ремонт и техническое обслуживание:

$$C'_{\text{РиТО}} = 0,6 \cdot C'_a = 0,6 \cdot 1130000 = 678000 \text{ руб}$$

$$C''_{\text{РиТО}} = 0,6 \cdot C''_a = 0,6 \cdot 1320000 = 792000 \text{ руб}$$

Затраты на силовую электроэнергию, из расчета цены за кВт 3,5 руб.:

$$\begin{aligned} C'_э &= N'_y \cdot k'_N \cdot k'_{сп} \cdot k'_w \cdot Ц'_э \cdot \Phi'_д = \\ &= 13 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,04 \cdot 3,5 \cdot 3600 = 81768,96 \text{ руб} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C''_э &= N''_y \cdot k''_N \cdot k''_{сп} \cdot k''_w \cdot Ц''_э \cdot \Phi''_д = \\ &= 15 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,04 \cdot 3,5 \cdot 3600 = 94348,8 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где N'_y, N''_y – установленные мощности главного электродвигателя, кВт.

k'_N, k''_N – средние коэффициенты загрузки электродвигателя по мощности (0,8).

- средние коэффициенты загрузки электродвигателя по времени (0,6÷0,8).

k'_w, k''_w – коэффициенты, учитывающие потери электроэнергии в сети завода (1,04).

$Ц_э$ – стоимость 1 кВт · ч (3,5 руб).

$\Phi'_д, \Phi''_д$ – действительный годовой фонд времени работы (3600 ч)

Приведенные затраты по вариантам, руб.:

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

$$= 14510640 \cdot 0,5 + 1130000 + 81769 + 678000 = 9145089 \text{ руб}$$

$$Z''_{\text{пр}} = K''_{\text{ед}} \cdot E_{\text{н}} + \mathcal{E}''_{\text{загр}} =$$

$$= 16850000 \cdot 0,5 + 1320000 + 94349 + 792000 = 10631349 \text{ руб}$$

$E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности (может быть принят на уровне норматива по данному предприятию, процента за пользование банковским кредитом на уровне 0,5).

7.5. Годовой экономический эффект

Таким образом получаем в случае выбора лебедки годовой экономический эффект равный 1486260 руб, что показывает экономическую целесообразность и выгоду в замене тележки на лебедку, а не монтажа нового крана с нужной грузоподъемностью.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

8. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

8.2. Введение

На предприятии блок производственных цехов относится к разряду производства с повышенной опасностью, отсюда многообразие и сложность проблем безопасности.

Организация надзора и техника безопасности

При проектировании, изготовлении и эксплуатации грузоподъемных машин особое внимание следует уделять на повышение надёжности и соблюдения техники безопасности.

Безопасность труда при подъёме и перемещении грузов в значительной степени зависит от конструктивных особенностей подъёмно-транспортных машин и соответствия их согласно ФНИП [19].

На мостовом электрическом кране следует ограждать все движущиеся и вращающиеся части механизмов. Важную роль во время работы играют устройства безопасности, предназначенные для обеспечения своевременной остановки механизмов и появления аварийных нагрузок.

Задачей технической эксплуатации крана является: создание расчётных условий работы крана и отдельных его механизмов, следить за исправным состоянием механизмов, аппаратов и деталей, тем самым обеспечить безопасные условия труда для обслуживающего персонала.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

8.3. Безопасность труда по ГОСТ 12.0.003-74

8.3.1. 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.

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

Технические мероприятия по травмобезопасности оператора крана:

- наличие на лестницах, площадках крана перил,
- вращающиеся части механизмов защищены кожухами,
- наличие заземления и зануления,
- отсутствие открытых участков проводов и т.д.

Организационные мероприятия по травмобезопасности оператора крана:

- проходит инструктаж по ТБ,
- оператор крана должен работать в спец. одежде,
- при обслуживании крана, его механизмов, на высоте необходимо использовать страховочную привязь, съемную анкерную линию и т.д

8.3.2 Электробезопасность

Класс опасности по поражению электротоком.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Обеспечение электробезопасности техническими способами и средствами

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие средства защиты:

- защитные оболочки проводов;
- защитные ограждения (временные или стационарные);
- изоляция токоведущих частей (основная, дополнительная, усиленная, двойная);
- изоляция рабочего места;
- малое напряжение для собственных нужд в кабине крана;
- защитное отключение;
- электрическое разделение;
- предупредительная сигнализация, блокировки, знаки безопасности.
- диалектрический коврик

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяют следующие способы:

- защитное заземление электрооборудования;
- зануление электроприборов.
- систему защитных проводов;
- аварийное отключение приводов;
- изоляцию нетоковедущих частей;
- электрическое разделение сети;
- простое и защитное разделения цепей;
- малое напряжение;
- контроль изоляции;
- электроизоляционные средства;
- средства индивидуальной защиты.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита при нормальном функционировании электроустановок и при возникновении аварийных ситуаций.

Сопротивление заземляющего контура, сопротивление изоляции

Считается достаточным, если части подлежащие заземлению или занулению, присоединены к металлическим конструкциям крана, при этом должна быть обеспечена 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. Все подкрановые пути должны быть заземлены, рельсы между собой и к подкрановым балкам

Расчёт заземляющего устройства

Определим сопротивление заземления, Ом:

$$R_z = \frac{U_p}{I_{расч}} \quad (108)$$

где U_p - расчётное напряжение, В

$$U_p = 125$$

$I_{расч}$ - расчётный ток, А

$$I_{расч} = \frac{U \cdot (35 \cdot l_k)}{350} \quad (109)$$

где l_k - длина кабельной линии, км

$$I_{расч} = \frac{6 \cdot (35 \cdot 1,2)}{350} = 0,72$$

$$R_z = \frac{125}{0,72} = 173,6$$

Определим сопротивление искусственных заземлителей с учётом естественных, Ом

$$R_{\text{и}} = R_{\text{з}} = 173,6$$

$$R_{\text{и}} \leq 4$$

принимаем

$$R_{\text{и}} = R_{\text{з}} = 4 \text{ Ом}$$

8.3.3. Анализ условий труда

8.3.3.1. Тяжесть и напряженность труда

Тяжесть труда характеризуется физической динамической нагрузкой, массой поднимаемого и перемещаемого груза, вовремя рабочей смены.

По показателям тяжести трудового процесса различают следующие классы условий труда:

Оптимальный (легкая физическая нагрузка)

Допустимый (средняя физическая нагрузка)

Вредный (тяжелый труд 1-й и 2-й степеней).

По показателям напряженности трудового процесса различают следующие классы условий труда:

Оптимальный (напряженность труда легкой степени, требующая затрат энергии до 174,1 Дж/с).

Допустимый (напряженность труда средней степени — от 174,1 до 290,5 Дж/с).

Вредный (напряженность труда 1-й и 2-й степеней — более 290,5 Дж/с).

По тяжести и напряженности труда оператор крана и ремонтный персонал относится ко второй группе, т.е. средняя физическая нагрузка. Допустимые условия труда (2 класс) такими: уровнями характеризуются факторы среды и трудового процесса, которые не превышают установленных нормативов для рабочих мест, а изменения функционального состояния организма, восстанавливаются во время отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

состояние здоровья работающих. Допустимые условия труда условно относятся к безопасным

8.3.3.2. Состояние воздушной среды, вентиляции

Температура, °С факт/норм · 15-22/16-27

Относительная влажность% 15-75/15-75
факт/норм -

Скорость воздуха, м/с 0,2-0,4/0,20,5
факт/норм -

Концентрация вредного вещества, мг/м³ факт/норм - 1,4/0,5

8.3.3.3. Микроклимат

Теплоизлучение, Вт/м² факт/норм · 110/140

Освещение, ЛК факт/норм · 300/200

Наименование вредного вещества на рабочем месте - Пыль,загазованность воздуха в цехе

Измеренные параметры соответствуют требованиям СанПиН, условия труда по показателям микроклимата характеризуются как допустимые (2 класс)

8.3.3.4. Шум, вибрация

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 на оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (в 4 раза)

ГОСТ 12.04.002-97 [3].

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

Общую вибрацию 2 категории - транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок.

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.

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.

8.3.3.5. Производственное освещение

По параметрам освещенности по СНиП 23–05–95 [4] 200 Лк, зрительная работа - 6 разряд характеризуется, как глубокая при этой работе коэффициент пульсации $K_p=20\%$, показатель ослепленности $P=40$, Коэффициент естественного освещения при комбинированном освещении

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

$E_n=3\%$, при боковом освещении $E_n=1\%$, при верхнем освещении $E_n=1,8\%$, при комбинированном боковом освещении $E_n=0,6\%$.

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 [4] 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.

Расчет искусственной освещенности.

Рабочая площадка по длине 25 м, ширине 25 м. Необходимое число светильников определяется по формуле:

$$N = E_{\text{ср}} \cdot S \cdot K / (Y \cdot \Phi_{\text{л}}), \quad (110)$$

где N – необходимое число прожекторов, шт

$E_{\text{ср}}$ – средняя нормируемая освещенность, 75 ЛК

S – площадь освещенной территории, м^2

K – коэффициент запаса (2,5 по СНиП 23-05-95)

Y – коэффициент использования прожекторов

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток всех ламп на открытом воздухе, Лм (по ГОСТ 2239-79 выбираем прожекторы ГО 24-1000-001 с лапами типа ДРЛ (1000), напряжением 200В, мощность 1000Вт, со световым потоком 16100Лм)

Определяем индекс участка по формуле:

$$I = S / (A + B), \quad (111)$$

где I – индекс площадки,

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

S – площадь помещения, м²

A, B – длина, ширина, высота установки прожекторов

$$I=625/(25+25)=1,5$$

При индексе помещения 1,5 – коэффициент использования светильников равен – 1,19 (ГОСТ 12.1.046-85 - НОРМЫ ОСВЕЩЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДОК)

прожекторов

Система вентиляции

Контроль за состоянием воздуха рабочей зоны производственных помещений должен производиться в соответствии с требованиями

(ГОСТ 12.1.005-88) [5].

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.

8.3.3.6. Электромагнитные поля

Излучение электромагнитное подразделяется на:

- радиоволны (начиная со сверхдлинных),
- инфракрасное излучение,
- видимый свет,
- ультрафиолетовое излучение,
- жесткое рентгеновское излучение (гамма-излучение).

В кабине крана могут присутствовать такие как: инфракрасное излучение от обогревательных приборов которые находятся в цехе, так же рентгеновское излучение, в пролете где расположено здание рентгеноскопии.

8.3.4. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность на участке обеспечивается в соответствии с инструкциями по технике безопасности ПБ-450, ПБ-100

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

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

Чтобы избежать пожарной ситуации необходимо соблюдать все 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.

На мостовом кране должны быть следующие средства пожаротушения: огнетушитель ОУ2.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

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.

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, СИЗ, средства необходимые для оказания первой до врачебной медицинской помощи.

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

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

9. 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 [6],

ГОСТ 10541-78 [7], ГОСТ 20799-75 [8], 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 в ремонтном цехе 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.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

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 цеха установлены специальные контейнеры для сбора твёрдых отходов. Твёрдые отходы подразделяются на: бытовые и производственные. Соответственно предусмотрены баки для бытовых отходов (бумага, пластик, стекло, остатки пищи и др.) и для производственных (металл, стружка металлическая и алюминиевая, 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.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы являлась модернизация мостового крана КМ 10т путем замены крюковой подвески, каната, барабана, редуктора, электродвигателя и тормоза с увеличением грузоподъемности до 12,5т, кран установлен в цехе №31 в ПАО «Уралмашзавод»

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи, связанные с расчетом:

- металлоконструкции крана;
- механизма подъема;
- механизма передвижения грузовой тележки;
- механизма передвижения крана;
- также были проведены проверочные расчеты.
- были затронуты вопросы экономики, экологии и безопасности жизнедеятельности.

- а также еще был рассмотрен немало важный вопрос по демонтажу и монтажу грузовой тележки.

Объектом модернизации послужило технологическое изменение в производственном цикле. Наш действующий кран не мог выполнить заданные цели в полном объеме, почему и возникла потребность в увеличении грузоподъемности до 12,5 тонн

После того как мы решили все выше изложенные задачи по увеличению грузоподъемности, наш модернизированный кран будет использован в производственном процессе, в сборочном цехе кузовов электровоза и соответствовать всем пунктам Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов.- М.:Из-во МГТУ им.Н.Э.Баумана - Высшая школа,2000.-552 с.
2. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов, - М. Машиностроение, 1989.
3. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций: Учеб. пособие для техн. вузов. - М. Машиностроение, 1976.
4. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов/Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. и др. -М. Машиностроение, 1986.
5. Колесник Н.П. Расчеты строительных кранов. - Киев: вища школа, 1985.
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.
8. Марин А.Г. Машинист гидравлического автомобильного крана: учеб. пособие – Москва: Издательский центр «Академия», 2007.- 96с.
9. Олейников В.П. Машинист крана автомобильного: учеб. Пособие для нач. проф. образования, - Москва: Издательский центр «Академия», 2008.- 320с.
10. 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.
11. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций: Учеб.

пособие для студентов вузов / Александров М.П., Решетов Д.Н., Байков В.А. и др. - М.Машиностроение, 1987.

12. Поляков В.И., Елифанов С.П. Пневмоколесные и гусеничные краны: Учебник для ПТУ. -М. :Высш. школа, 1990.

13. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.-М. Металлургия, 1983.

14. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. -М. :Изд-во НПО ОБТ, 1993.

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

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

17. 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.

18. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъёмные сооружения» Москва, ПИО ОБТ, 2013 г.

19. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъёмные сооружения» Москва, ПИО ОБТ, 2013 г.

20. ГОСТ 12.04.002-97 ССБТ «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003.

21. СНиП 23-05-95 - «Естественное и искусственное освещение» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003.

22. ГОСТ 12.1.005-88 – «Общие санитарно-гигиенические требования

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

к воздуху рабочей зоны» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.

23. ГОСТ 23652-79 – «Масла трансмиссионные» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.

24. ГОСТ 10541-78 - «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.

25. ГОСТ 20799-75 – «Масла индустриальные общего назначения. Технические условия» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.

26. СНиП 2.01.01-82 - «Строительные климатология и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003.

27. СНиП 2.04.05-91 - «Отопление, вентиляция и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003.

28. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. М.: Госстрой СССР, 1991.

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

30. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Департамент Госсанэпиднадзора России, 1999.

31. СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Минздрав России, 2000.

32. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие требования безопасности. М.: Изд-во стандартов, 1986.

33. ГОСТ 12.4.011-88. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2001.

34. СНиП 2.09.04-88. Административные и бытовые здания. М.: ГУП ЦПП, 2001.

35. СанПиН 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М.: ФГУП ЦПП, 2003.

					ВКР 44.03.04 110 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 6 – Графические изображения

Наименование		Шифр	Формат	Кол-во
1	Мостовой кран	ВКР 44.03.04. 110 ПЗ	A1	1
2	Главная балка	ВКР 44.03.04 110 ПЗ	A1	1
3	Тележка до модернизации	ВКР 44.03.04 110 ПЗ	A1	1
4	Тележка после модернизации	ВКР 44.03.04 110 ПЗ	A1	1
5	Механизм передвижения крана	ВКР 44.03.04 110 ПЗ	A1	1