Министерство науки и высшего образования 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
«____»_____2019г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОСТОВОГО КРАНА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ С 8 ДО 12,5 ТОНН

Идентификационный код ВКР: 111

Исполнитель:
Обучающийся группы ЗПМ-405С А.В. Семилетов

Руководитель
доцент, канд. техн. наук.
доцент Ю.И. Категоренко

Нормоконтролер
доцент, канд. техн. наук.
доцент Ю.И. Категоренко

Екатеринбург
2019

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ МОСТОВОГО КРАНА С ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ЕГО ГРУЗОПОДЪЁМНОСТИ С 8 ДО 12,5 ТОНН

ДП 44.03.04.111 ПЗ

Екатеринбург
2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 74 страницах, содержит 11 рисунка, 10 таблиц, 38 источников литературы.

Ключевые слова: КРАН, ГРУЗОПОДЬЕМНОСТЬ, РЕДУКТОР, ПРИВОД, ОСВЕШЕНИЕ, ЗАЗЕМЛЕНИЕ, МОЛНОЗАЩИТА.

Объект исследования – Мостовой кран

Предмет исследования – Механизм подъёма

Цель работы – Целью выпускной квалификационной работы является модернизация мостового крана, с целью увеличения его грузоподъёмности с 8 до 12,5 тонн.

Основные задачи:

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....5
1.ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ МЕХАНИЗМОВ.....9
1.1.5 Установка барабана.....13
1.1.6 Выбор электродвигателя.....14
1.1.7 Выбор передачи.....15
1.1.9 Выбор соединительных муфт.....18
1.2 Механизм передвижения тележки.....19
1.2.1 Выбор кинематической схемы.....19
1.2.4 Выбор электродвигателя.....21
1.2.5 Выбор передачи.....22
1.2.6 Выбор тормоза.....23
1.2.7 Выбор соединительных муфт.....24
2. РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКА ОПОРЫ БАРАБАНА.....26
3. ПРОВЕРКА БАРАБАНА НА ИЗГИБ И КРУЧЕНИЕ.....27
4. ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПРОЛЕТНЫХ БАЛОК КРАНА.....30
4.1 Расчетные нагрузки комбинации 1.1. А.....31
4.2 Расчетные нагрузки комбинации 1.1. Б.....35
4.3 Прочность верхнего пояса балки моста.....39
4.4 Торцевая балка моста крана.....41
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ.....50
6.1 Расчёт сметы затрат на разработку документации.....50
6.2 Расчёт объёма затрат на инженерно-технические работы с учётом квалификации исполнителей.....50
6.3 Расчёт материальных затрат.....52
6.4 Расчёт амортизации оборудования, применяемого при выполнении работ..52
6.5 Расчёт амортизации программного обеспечения, применяемого при выполнении работ.....53

6.6 Расчёт затрат на электроэнергию.....53
6.7 Расчёт общеинститутских расходов.....54
6.8 Текущие расходы на ремонт.....55
6.9 Расчёт увеличения производительности погрузочно-разгрузочного цикла..57
7. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....59
7.1 Введение.....59
7.2 Безопасность труда.....60
7.2.1 Идентификация опасных и вредных факторов.....60
7.2.2 Электробезопасность.....61
7.3 Анализ условий труда.....62
7.3.1 Тяжесть и напряженность труда.....62
7.3.2 Состояние воздушной среды, вентиляции.....63
7.3.3 Микроклимат.....63
7.3.4 Шум, вибрация.....64
7.3.5 Производственное освещение.....65
7.3.6 Электромагнитные поля.....65
7.4 Пожарная безопасность.....66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....70
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....71
Приложение.....74

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 работает на предприятии ООО «УГМК-Святогор» в сталелитейном цехе, где проходит интенсивный технологический процесс по выплавке стали. На предприятии по причине модернизации оборудования возникла необходимость в повышении грузоподъемности мостового крана.

Целью настоящего проекта является модернизация мостового крана, в частности увеличить грузоподъёмность с 8 до 12,5 т. Данный кран применяется для установки и перемещения литейных ковшей, массой 10 т.

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;

6. Произвести проверочные расчеты.

Краном мостового типа называют кран с грузозахватным устройством, подвешенным к грузовой тележке или тали, которые перемещаются по

ь

подвижной стальной конструкции (мосту). К ним относятся мостовые краны, мост которых непосредственно опирается на надземный рельсовый путь сверху (опорные краны) или подвешиваются к нижним полкам рельсового пути (подвесные краны), и козловые краны с мостом, установленным на надземный рельсовый путь посредством двух опор. Различают краны общего назначения с крюком, специальные с грейфером, магнитом, захватами для контейнеров и металлургические.

По грузоподъемности краны условно разделяют на 3 группы:

первая – до 5000 кг;

вторая – от 5000 до 50000 кг;

третья – свыше 50000 до 320000 кг.

Мостовой кран представлен на рисунке 1.

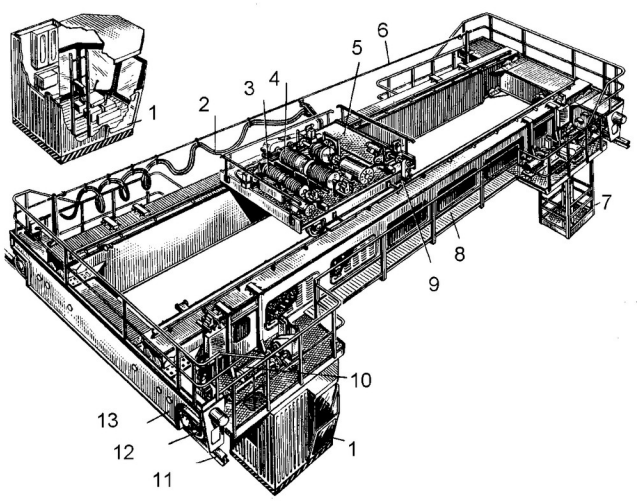


Рисунок 1 – Мостовой кран

Мостовой кран состоит из моста 8, перемещающегося по крановым путям 11 на ходовых колесах 12, которые установлены на концевых балках 13. Пути 11 укладывают на подкрановые балки, опирающиеся на выступы верхней части колонн цеха. По верхнему (в некоторых конструкциях — по нижнему) поясу балок моста, в поперечном направлении, относительно пролета цеха передвигается крановая тележка 5, снабженная механизмом подъема груза. В

зависимости от назначения крана на тележке размещают один или два механизма подъема. При наличии двух механизмов подъема один из них является главным 4, а второй, меньшей грузоподъемности — вспомогательным 3. Механизм передвижения 10 крана установлен на мосту крана, механизм передвижения 9 тележки — непосредственно на тележке. Управление всеми механизмами осуществляют из кабины 1, прикрепленной к мосту крана.

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.

Рассматриваемый, в дипломном проекте мостовой кран, грузоподъёмностью 8 т находится в металлургическом цехе ООО «УГМК-Святогор». Кран применяется для установки и перемещения литейных ковшей, массой 5 т. В планах предприятия, стоит задача модернизации оборудования, с целью повышения производительности, для этого закупаются литейные ковши массой 10т. По этой причине была сформулирована задача о перемещении новых литейных ковшей, рассматривается два пути решение этой задачи: первый - закупка нового мостового крана, необходимой грузоподъёмности, и второй – повышение грузоподъёмности существующего крана. В данном дипломном проекте мною рассматривается вариант решения задачи – повышения его грузоподъёмности крана с 8 т до 12,5 т.

Параметры модернизируемого мостового крана приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики мостового крана

Наименование величины	Обозначение величины	Числовое значение	Единицы измерения
Грузоподъемность	Q	12,5	т
Пролёт	$L_К$	28	м
Высота подъема	$H_П$	12,5	м
Скорость подъема	$V_П$	0,125	м/сек
Скорость передвижения тележки	$V_Т$	0,63	м/сек
Скорость передвижения крана	$V_К$	1,25	м/сек
Нагрузка на колесо крана	$P_К$	155	кН
Масса грузовой тележки	$m_{ТЕЛ}$	3	т
Масса крана	$m_К$	26	т

ь

1 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЁТЫ МЕХАНИЗМОВ

1.1 Механизм подъема

1.1.1 Выбор крюковой подвески

Расчёт проводится по [1].

Механизм подъёма мостового крана представлен на рисунке 2.

Выбор типоразмера крюковой подвески производится по двум условиям:

1) Ее грузоподъемность не должна быть меньше заданной;

2) Режим работы подвески должен соответствовать режиму работы механизма.

Выбрана крюковая подвеска: 3-12,5-500 по ГОСТ 24.191.08-81 [1]. Крюковая подвеска представлена на рисунке 2.

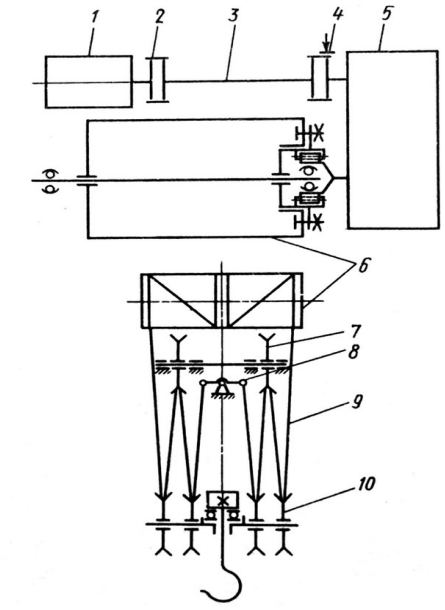


Рисунок 2. Механизм подъёма мостового крана

1- электродвигателя; 2- соединительной муфты; 3- промежуточного вала; 4- тормоза; 5- редуктора; 6- барабана; 7- верхних блоков; 8- уравнительного блока; 9- каната; 10- крюковой подвески.

1.1.2 Определение кратности полиспаста

По выбранной крюковой подвеске мы определяем кратность полиспаста [1]:

$$K_П = \frac{Z_K}{Z_{K.P.}}, \quad (1)$$

где Z_K - число ветвей каната, на которых висит груз;

$Z_{K.Б.}$ - число ветвей каната, которые навиваются на барабан.

$$K_П = \frac{6}{2} = 3.$$

1.1.3 Выбор каната

Выбор каната производят по максимальному статическому усилию, которое рассчитывается по формуле [1]:

$$S_{max} = \frac{G}{Z_{K.Б.} K_П \eta_П}, \quad (2)$$

где G - вес номинального груза и крюковой подвески;

$\eta_П$ - к.п.д. полиспаста.

$$G = (Q + m_П) \cdot g, \quad (3)$$

$$G = (12500 + 250) \cdot 9{,}81 = 125077{,}5 \text{ Н}.$$

$$S_{max} = \frac{125{,}0775 \cdot 10^3}{2 \cdot 3 \cdot 0{,}97} = 21491 \text{ Н}.$$

Канат выбирается из условия, что разрывное усилие в целом, F, больше произведения максимального статического усилия, S_{max}, на коэффициент запаса прочности, z_P=4 Т.е.

$$F \geq z_P \cdot S_{max}, \quad (4)$$

$$F \geq 4 \cdot 21491 = 85964 \text{ Н}.$$

$$85964 \text{ Н} \leq 86700 \text{ Н}.$$

Итак, выбираем канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19 (1+6+6/6)+1о.с. ГОСТ 2688-80, диаметр которого $d_К$=14 мм, маркировочной группы 1372 МПа и разрывным усилием 86700 Н.

Второе условие – должно выполняться соотношение между диаметром выбранного каната и диаметром блока крюковой подвески:

$$\frac{D_{бл}+d_л}{d_л} > h_2, \quad (5)$$

где $D_{бл}$ – диаметр блока по дну ручья;

h_2=16– коэффициент, регламентируемый нормалями РОСТЕХНАДЗОРА и зависящий от режима работы.

$$\frac{500+14}{14} \le 34,9;$$

$$36,7 < 34,9.$$

Второе условие выполняется.

1.1.4 Установка верхних блоков

Минимальные диаметры барабанов, блоков и уравнительных блоков, огибаемых стальными канатами, определяются по формулам:

$$D_б \ge h_1 \cdot d_k,\ D_2 \ge h_2 \cdot d_k,\ D_3 \ge h_3 \cdot d_k, \quad (6)$$

где $D_б$, D_2, D_3 – диаметры соответственно барабана, блока, уравнительного блока по средней линии навитого каната;

h_1, h_2, h_3 – коэффициент выбора диаметров соответственно барабана, блока и уравнительного блока;

d_k – диаметр каната.

$$D_б \ge 16 \cdot 14 = 224\ мм,\ D_2 \ge 18 \cdot 14 = 252\ мм,\ D_3 \ge 14 \cdot 14 = 196\ мм$$

Диаметры существующих барабана, блоков, уравнительных блоков удовлетворяют условиям расчёта: $D_б = 610\,мм$, $D_2 = 500\,мм$, $D_3 = 500\,мм$.

Размеры профиля ручья (см. рис.3)

должны соответствовать следующим

соотношениям:

$R=(0,53 \div 0,56) \cdot d_К$, (7)

$R=(0,53 \div 0,56) \cdot 18=9,54 \div 10,08=10$ мм;

$H=(1,4 \div 1,9) \cdot d_К$, (8)

$H=(1,4 \div 1,9) \cdot 18=25,2 \div 34,2=30$ мм;

$r=0,2 \cdot d_К$, $r=0,2 \cdot 18=3,6$ мм.

При соблюдении этих условий канат может отклоняться от плоскости симметрии ручья не более 6^0.

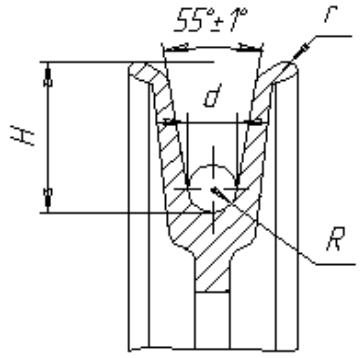


Рисунок 3 – Профиль ручья блока

1.1.5 Установка барабана

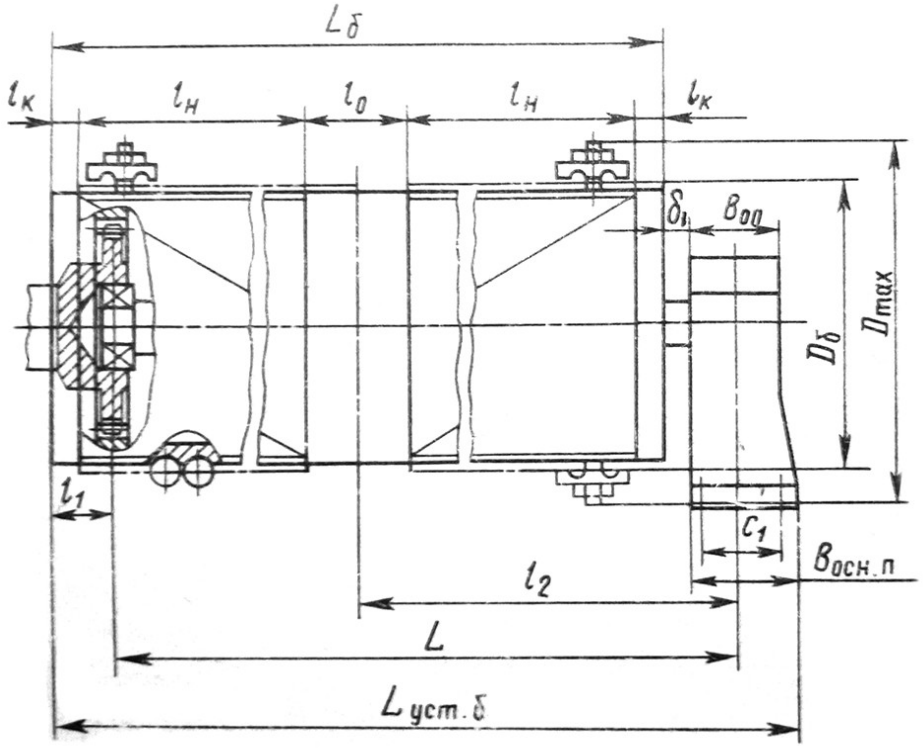


Рисунок 4 – Установка барабана

Диаметр барабана по оси навиваемого каната $D_Б$=610 мм. Длина барабана рассчитывается по формуле:

$$L_Б=2l_Н+l_0+2l_К, \quad (9)$$

где $l_Н$ -длина одного нарезанного участка;

l_0 -длина гладкого среднего участка;

$l_К$ -длина одного гладкого концевого участка.

Длина одного нарезанного участка.

$l_Н=t\cdot(z_{РВ}+z_{НВ}+z_{КР})$,

Здесь:$t=d_К+2$-шаг навивки каната, t=14+2=16 мм;

$z_{РВ}=\frac{H_П\cdot K_П}{\pi\cdot D_0}$ -число рабочих витков для навивки половины рабочей длины каната.

$z_{РВ}=\frac{12500\cdot 3}{3,14\cdot 610}=$ 20 мм,

$z_{НВ}$=2 - число неприкосновенных витков, необходимых для разгрузки деталей крепления каната на барабане;

$z_{КР}$=3 - число витков для крепления конца барабана.

$l_Н$=16 · (20+2+3)=400 мм.

длина гладкого среднего участка определяется по формуле:

$B_Н \le l_0 \le B_Н + 2 \cdot h_{min} \cdot tg\gamma$.

Здесь: $B_Н$ - расстояние между осями наружных блоков крюковой подвески (табличное значение), $B_Н = B_З + B_З = 62+62=124$ мм,

$h_{min} \approx 3 \cdot D_Б$ - минимальное расстояние между осью блоков крюковой подвески и осью барабана, $h_{min} \approx 3 \cdot 610 = 1830$ мм;

$\gamma = 6^0$ - допустимый угол отклонения каната.

$124 \le l_0 \le 124 + 2 \cdot 1830 \cdot tg6^0 = 509$ мм.

Принимаем l_0=150 мм.

длина гладкого концевого участка, необходимого для закрепления барабана в станке при нарезании канавок:

$l_К = (4 \div 5) \cdot d_К$, $l_К = (4 \div 5) \cdot 14 = 56 \div 70$ мм.

Принимаем $l_К$=60 мм.

Длина барабана: $L_Б = 2 \cdot 400 + 150 + 2 \cdot 60 = 1070$ мм.

Существующий барабан удовлетворяет условиям расчёта.

1.1.6 Выбор электродвигателя

Выбор двигателя производится по относительной продолжительности включения (при легком режиме работы - 15%) и по необходимой статической мощности при подъеме груза максимального веса:

$$N_{СТ} = \frac{G \cdot V_П}{\eta_М}, \qquad (10)$$

где G – вес груза и крюковой подвески,

$V_П$=0,125 м/с - скорость подъема груза;

$\eta_М$=0,88 - предварительное значение к.п.д. механизма.

$N_{СТ}=\frac{125,0775\cdot 0,125}{0,88}=17,8$ кВт.

По этим параметрам существующий крановый электродвигатель серии МТН 312-8У2 с фазным ротором, мощность на валу N=13 кВт, частота вращения выходного вала 690 об/мин, масса m=210 кг не удовлетворяет условиям расчёта. Меняем на МТН 411-8 с фазным ротором; мощность на валу N=18 кВт, частота вращения выходного вала 695 об/мин, масса m=280 кг.

1.1.7 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:

$$u_Р=\frac{\pi\cdot D_Б\cdot n}{V_П K_П}, \qquad (11)$$

$u_Р=\frac{3,14\cdot 610\cdot 10^{-3}\cdot 695}{60\cdot 0,125\cdot 4}=$ 44,4.

Принимаем $u_Р$=44.

Эквивалентный момент на выходном валу редуктора:

$$M_e=\sqrt[3]{\frac{\sum N\cdot\mu}{N_{НО}}}\cdot M_{\max}, \qquad (12)$$

где $\Sigma N=K_1\cdot n\cdot n_W\cdot \Sigma t$, $\Sigma N=3600\cdot 0,724\cdot 1\cdot 6000=16,3\cdot 10^6$;

K_1=3600 - коэффициент для передач с односторонней нагрузкой;

$n=\frac{695}{16\cdot 60}=0,724$ 1/с - частота вращения тихоходного вала редуктора;

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

Σt - время работы механизма за срок службы. Принимаем, Σt=6000 ч;

μ=0,18 - коэффициент интенсивности режима нагружения.

Базовое число циклов перемены напряжений выбирают, исходя из характеристик материала колес. Твердость рабочей поверхности зубьев колес редуктора НВ=290, следовательно, принимаем $N_{HO}=18{,}8\cdot10^6$.

Максимальный вращающий момент на тихоходном валу рассчитывается по формуле:

$$M_{max}=\frac{\left[\left(Q+\frac{G_n}{g}\right)\left(g+a_{max}\right)\right]\cdot D_Б}{2\cdot K_П\cdot\eta_П\cdot\eta_Б}, \qquad (13)$$

где $a_{max}=\frac{V_П}{t_{P\min}}$, м/с^2 - максимальное ускорение при пуске (t_{Pmin} - минимальное время разгона при пуске, в предварительных расчетах его принимают равным единице), $a_{max}=\frac{0{,}125}{1}=0{,}4$ м/с^2;

$\eta_П$, $\eta_Б$ - к.п.д. полиспаста и барабана соответственно (при установке барабана на подшипники качения, его к.п.д. принимают 0,98, $\eta_П$=0,97).

$$M_{max}=\frac{\left[\left(12500+250\right)\cdot\left(9{,}81+0{,}4\right)\right]\cdot610\cdot10^{-3}}{2\cdot3\cdot0{,}88\cdot0{,}98}=15551\text{Н}\cdot\text{м}.$$

$$M_e=\sqrt[3]{\frac{16{,}3\cdot10^6\cdot0{,}18}{18{,}8\cdot10^6}}\cdot15551=8373\ \text{Н}\cdot\text{м}.$$

По всем рассчитанным параметрам существующий цилиндрический двухступенчатый редуктор типа Ц2-750 с характеристиками: $U_{ном}$=50, $M_{ном}$=87,5 кН·м, η=0,96, m=1650 кг не удовлетворяет условию расчёта. Меняем редуктор на Ц2-750 с характеристиками: $U_{ном}$=45, $M_{ном}$=80 кН·м, η=0,96, m=1650 кг

1.1.8 Выбор тормоза

Расчетный тормозной момент:

$M_{Т.Р.}=K_{Т.} \cdot M_{СТ.Т.}$,

где $K_{Т.}=1,5$ - коэффициент запаса торможения при лёгком режиме работы;

$M_{СТ.Т.}$ - статический крутящий момент при торможении, создаваемый весом номинального груза на валу, на котором установлен тормоз. Рассчитывается по формуле:

$$M_{СТ.Т.}=\frac{G \cdot D_{Б} \cdot \eta_{М}}{2 \cdot u_{М}}, \qquad (14)$$

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

$U_{М}=K_{П} \cdot U_{Р}$ - передаточное число механизма, $U_{М}=3 \cdot 45=135$.

$$M_{СТ.Т.}=\frac{125077,5 \cdot 610 \cdot 10^{-3} \cdot 0,91}{2 \cdot 135}= 257 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$M_{Т.Р.}=2 \cdot 257=514 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

По рассчитанным параметрам существующий колодочный тормоз с электромагнитным приводом переменного тока ТКГ-300 со следующими характеристиками: $M_{ном}=800 \text{ Н} \cdot \text{м}$, m=100 кг удовлетворяет условиям расчёта. Тормоз отрегулировать до $M_{СТ.Т.}$

1.1.9 Выбор соединительных муфт

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

$$M_P = K \cdot M_{KP} \leq [M_{KP}], \quad (14)$$

где M_P - расчетный вращающий момент;

K - коэффициент запаса прочности;

M_{KP} - действующий вращающий момент;

$[M_{KP}]$ - 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: $M_{KP} = M_{max.дв.} = 2910$ Н · м, когда $M_P = 1{,}8 \cdot 2910 = 5238$ Н · м Выбираем муфту зубчатую №4 $[M_{KP}] = 5600$ Нм.

- 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.

ь

1.2 Механизм передвижения тележки

1.2.1 Выбор кинематической схемы

При выборе кинематической схемы механизма передвижения тележки отдают предпочтение схеме, имеющей центральный привод с тихоходным трансмиссионным валом и применением вертикальных редукторов типа ЦЗвк, ВК и ВКУ.

1.2.2 Определение статической нагрузки на колеса

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

$$P_{MAX}=\frac{G_Г+G_T}{Z}\cdot K_H, \qquad (15)$$

где G, G_T - вес номинального груза главного подъема и тележки соответственно.

$G_T=m_{ТЕЛ}\cdot g=3000\cdot 9.81=29430$ Н.

Z =4- число колес;

K_H =1,25 - коэффициент неравномерности распределения нагрузки на колеса.

$$P_{MAX}=\frac{(125,0775+29,430)\cdot 10^3}{4}\cdot 1,25=$$ 50813 Н.

По ГОСТ 24.090.44-82 выбираем при данной нагрузке диаметр ходового колеса D_K=320 мм. Затем по ГОСТ 24.090.44-82 подбираем соответствующую единицу «Колесо в сборе» и определяем основные размеры колеса. Установленные ранее колеса удовлетворяют условиям расчета.

1.2.3 Определение сопротивления движению тележки

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

$$W=W_{ТР}+W_{У}+W_{В}+W_{ИН}+W_{ГИБ}\ , \qquad (16)$$

где $W_{ТР}$-сопротивление, создаваемое силами трения, определяется по формуле:

$$W_{ТР}=\frac{(G_{Т}+G_{Г})\cdot(2\cdot\mu+f\cdot d_{Ц})}{D_{К}}\cdot K_{ДОП}\ , \qquad (17)$$

где μ = 0,3 мм - коэффициент трения качения колес по рельсу;

f = 0,015 - коэффициент трения в подшипниках колес;

$d_{Ц}$ - диаметр цапфы вала колеса. В предварительных расчетах можно принять равным: $d_{Ц}$=80 мм.

$K_{ДОП}$=2,5 - коэффициент дополнительных сопротивлений (трения реборд и токосъемного устройства).

$$W_{ТР}=\frac{(29430+125077,5)\cdot(2\cdot 0,3+0,015\cdot 80)}{320}\cdot 2,5=2926\text{Н}.$$

где $W_{У}$ - сопротивление, создаваемое уклоном пути; рассчитывается:

$$W_{У}=\alpha\cdot(G_{Т}+G_{Г}), \qquad (18)$$

где α = 0,002 - уклон рельсового пути.

$$W_{У}=0,002\cdot(29430+1250775)=416\ \text{Н}.$$

$W_{В}$- сопротивление, создаваемое ветром.

При работе крана в помещении $W_{В}$=0.

$W_{ИН}$ - сопротивление, создаваемое инерцией вращающихся и поступательно движущихся масс тележки; рассчитывается по формуле:

$$W_{ИН}=\delta\cdot m_{Т}\cdot a\ , \qquad (19)$$

где δ = 1,25 - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс;

$m_{Т}$ - масса тележки; $m_{Т}$=3000 кг;

а -ускорение при разгоне. Значение а предварительно можно принять равным $(0,5\div 1,0)\cdot[a]$, где [а]=0,07 м/с^2. Принимаем а=0,07 м/с^2.

$W_{ИН}=1,25 \cdot 3000 \cdot 0,07=262,5$ Н.

$W_{ГИБ}$ - сопротивление, создаваемое раскачиванием груза на гибкой подвеске; рассчитывается по формуле:

$$W_{ГИБ}=(Q+m_П) \cdot a , \quad (20)$$

где Q - грузоподъемность крана;

$m_П$ - масса подвески (табличная величина).

$W_{ГИБ}=(12,5+0,3) \cdot 10^3 \cdot 0,07=896$ Н.

$W=2926+416+0+262,5+896=4500,5$ Н.

1.2.4 Выбор электродвигателя

Выбор двигателя производится по относительной продолжительности включения (при легком режиме работы - 15%) и по необходимой мощности:

$$N_{СТ}=\frac{W \cdot V_T}{\eta_M \cdot \phi_{СР.П.}}, \quad (21)$$

где $V_Т$= 0,63 м/с - скорость тележки;

$\eta_М$=0,85 - предварительное значение к.п.д. механизма;

$\varphi_{СР.П.}$ - кратность средне пускового момента двигателя по отношению к номинальному, для асинхронных двигателей с фазным ротором (MTF и MTH) $\varphi_{СР.П.}=1,5 \div 1,6$. Принимаем $\varphi_{СР.П.}=1,55$.

$$N_{СТ}=\frac{4,5 \cdot 0,63}{0,85 \cdot 1,55}= 2,2 \text{ кВт}.$$

По этим параметрам установленный крановый электродвигатель серии MTF 011-6 с фазным ротором: мощность на валу N=2,0 кВт, частота вращения выходного вала 800 об/мин; масса m=51 кг – не удовлетворяет условиям расчёта, мы устанавливаем новый электродвигатель серии MTF 012-6 с фазным ротором: мощность на валу N=2,7 кВт, частота вращения выходного вала 840 об/мин; масса m=58.

1.2.5 Выбор передачи

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:

$$u_P = \frac{\pi \cdot n_{дв} \cdot D_K}{V_T}, \quad (22)$$

$$u_P = \frac{3,14 \cdot 840 \cdot 0,32}{0,63 \cdot 60} = 16,05.$$

Эквивалентный момент на выходном валу редуктора:

$$M_e = \sqrt[3]{\frac{\sum N \cdot \mu}{N_{HO}}} \cdot M_{max}, \quad (23)$$

где $\Sigma N = K_1 \cdot n \cdot n_W \cdot \Sigma t$, $\Sigma N = 1800 \cdot \frac{840}{60} \cdot 1 \cdot 6000 = 9,6 \cdot 10^6$.

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;

Σt - время работы механизма за срок службы, для легкого режима работы принимаем Σt=6000 ч;

μ = 0,18 - коэффициент интенсивности режима нагружения.

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

Максимальный вращающий момент на тихоходном валу рассчитывается по формуле:

$$M_{max}=\frac{W\cdot\frac{D_K}{2}}{}, \quad (24)$$

$$M_{max}=\frac{4500,5\cdot\frac{0,32}{2}}{}=720,08\ Н\cdot м.$$

$$M_e=\sqrt[3]{\frac{9,6\cdot10^6\cdot0,18}{18,8\cdot10^6}}\cdot720,08=353\ Н\cdot м.$$

По всем рассчитанным параметрам, установленный цилиндрический трехступенчатый редуктор типа ЦЗвк-250 с передаточным числом $U_{ном}$=12,5,– не удовлетворяет условиям расчёта. Устанавливаем новый редуктор ЦЗвк-250 с передаточным числом $U_{ном}$=16.

1.2.6 Выбор тормоза

Согласно правилам РОСТЕХНАДЗОРА РФ в данном механизме передвижения должен быть установлен тормоз, т.к. тележка, предназначенная для работы в помещении на надземном рельсовом пути, перемещается со скоростью больше 0,53 м/с.

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

$$M=M_У+M_{ИН}-M_{ТР}, \quad (25)$$

где $M_У$ - момент, создаваемый уклоном пути.

Рассчитывается по формуле:

$$M_У=\frac{W_У\cdot D_K\cdot\eta_M}{2\cdot u_P}, \quad (26)$$

где $W_У$ - сопротивление передвижению тележки, создаваемое уклоном (α - уклон рельсового пути): $W_У=\alpha\cdot G_Т$, $W_У$ =0,002 · 29430=59 Н.

$$M_У=\frac{59\cdot320\cdot10^{-3}\cdot0,88}{2\cdot16}=0,5\ Н\cdot м,$$

где $M_{ИН}$ - момент, создаваемый инерцией. Рассчитывается по формуле:

$$M_{ИН}=\frac{W_{ИН}\cdot D_K\cdot \eta_M}{2\cdot u_P}, \quad (27)$$

где $W_{ИН}$ - сопротивление передвижению тележки, создаваемое инерцией (δ - коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс механизма; при скорости менее 1 м/с δ=1,25): $W_{ИН}=\delta\cdot m_T\cdot a$, $W_{ИН}=1,25\cdot 3000\cdot 0,07=263$ Н.

$$M_{ИН}=\frac{263\cdot 320\cdot 10^{-3}\cdot 0,88}{2\cdot 16}=5\ Н\cdot м.$$

где $M_{ТР}$ - момент, создаваемый трением. Рассчитывается по формуле:

$$M_{ТР}=\frac{W_{ТР}\cdot D_K}{2\cdot u_P\cdot \eta_M}, \quad (28)$$

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

$$W_{ТР}=\frac{2\cdot \mu+f\cdot d_Ц}{D_K}\cdot K_{ТРОЛ}\cdot G_T, \quad (29)$$

$$W_{ТР}=\frac{2\cdot 0,3+0,015\cdot 80}{320}\cdot 1,25\cdot 3000=338\ Н.$$

$$M_{ТР}=\frac{338\cdot 320\cdot 10^{-3}}{2\cdot 16\cdot 0,88}=5\ Н\cdot м.$$

$M=0,5+5-5=1\ Н\cdot м$

По рассчитанным параметрам установленный колодочный тормоз с электромагнитным приводом переменного тока ТКГ-200 со следующими характеристиками: $T_{ном}=250 Н\cdot м$, m=38кг удовлетворяет условиям расчёта.

1.2.7 Выбор соединительных муфт

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

$$M_P = K \cdot M_{KP} \leq [M_{KP}], \quad (30)$$

где M_P - расчетный вращающий момент;

K - коэффициент запаса прочности;

M_{KP} - действующий вращающий момент;

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

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

K_1 - коэффициент, учитывающий степень ответственности соединения,

K_2 - коэффициент режима работы, K_3 - коэффициент углового смещения).

Подбираем муфты:

- для тихоходного вала редуктора: $K = 1{,}8 \cdot 1 \cdot 1{,}25 = 2{,}25$.

$M_{KP} = 353$ Н · м, тогда $M_P = 2{,}25 \cdot 353 = 794$ Н · м.

Выбираем зубчатую муфту с $M_K = 1000$ Н · м.

- для быстроходного вала редуктора: $K = 1{,}8 \cdot 1 \cdot 1 = 1{,}8$.

$M_P = 1{,}8 \cdot 5{,}7 = 10$ Н · м.

Выбираем втулочно-пальцевую муфту с тормозным шкивом, с номинальным вращающим моментом, $M_K = 250$ Н · м

2 РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКА ОПОРЫ БАРАБАНА

C=86 кН – динамическая грузоподъемность, [4];

p=10/3 – показатель степень для шарикоподшипников, [4];

L – долговечность подшипника, ч.;

F – эквивалентная нагрузка;

n=16 об/мин – частота вращения внутреннего кольца подшипника.

$$L=\frac{10^6}{60\cdot n}\left(\frac{C}{F}\right)^{10/3}, \quad (31)$$

$$F=R_A\sigma_B\cdot\sigma_\tau, \quad (32)$$

$$R_A=S_{MAX}/2 \quad (33)$$

где P – нагрузка на барабан, P=21491 Н.

$R_A=P/2=21491/2=10745,5\,H$.

$F=10745,5\cdot1,1\cdot1=11820$ Н <86000 Н.

$L=\frac{10^6}{60\cdot16}\left(\frac{86000}{11820}\right)^{10/3}=11230$ ч.

11230>10000 ч, что удовлетворяет условию.

3 ПРОВЕРКА БАРАБАНА НА ИЗГИБ И КРУЧЕНИЕ

Нагрузки на ступицы барабана (при пренебрежении его весом) рис. 8:

$$P_1 = 2 \cdot S_{\max} \cdot \frac{2 \cdot l_н + l_{гл}}{2 \cdot l_н + l_{гл} - l_1}, \quad (34)$$

$$P_2 = 2 \cdot S_{\max} \cdot \frac{2 \cdot l_н - 2 \cdot l_1 + l_{гл}}{2 \cdot l_н + l_{гл} - l_1}, \quad (35)$$

где $l_н$ – длина нарезанной части;

$l_{гл}$ – длина гладкой части барабана;

l_1 – расстояние от ступицы барабана до опор вала.

$$P_1 = 2 \cdot 21491 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}4 + 0{,}15}{2 \cdot 0{,}4 + 0{,}15 - 0{,}75} = 154{,}5 \text{ кН.}$$

$$P_2 = 2 \cdot 21491 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}4 - 2 \cdot 0{,}75 + 0{,}15}{2 \cdot 0{,}4 + 0{,}15 - 0{,}75} = 25{,}7 \text{ кН.}$$

Определяем коэффициент запаса прочности s в опасном сечении (под левой ступицей барабана):

$$s = \frac{s_\sigma \cdot s_\tau}{\sqrt{s_\sigma^2 + s_\tau^2}} \geq [s], \quad (36)$$

где s_σ – коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям;

s_τ – коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям.

$$s_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma \cdot \beta} \cdot \sigma_\upsilon}, \quad (37)$$

где σ_{-1} = 379 МПа – предел выносливости стали при симметричном цикле изгиба;

k_σ=1,9–эффективный коэффициент концентрации нормальных напряжений;

ε_σ = 0,61 – масштабный фактор для нормальных напряжений;

σ_υ – амплитуда цикла нормальных напряжений

$$\sigma_{\upsilon}=\frac{M_{\max}}{W}, \qquad (38)$$

где M_{max} = 72 кНм – максимальный изгибающий момент в рассматриваемом сечении;

W – момент сопротивления сечения:

$$W=\frac{\pi\cdot d^3}{32}-\frac{b\cdot t_1\cdot(d-t_1)}{2\cdot d}=\frac{\pi\cdot 0,18^3}{32}-\frac{0,045\cdot 0,013\cdot(0,18-0,013)^2}{2\cdot 0,18}=0,00083 \text{ м}^3.$$

$$\sigma_{\upsilon}=\frac{72\cdot 10^3}{0,00083}=67,9 \text{ МПа.}$$

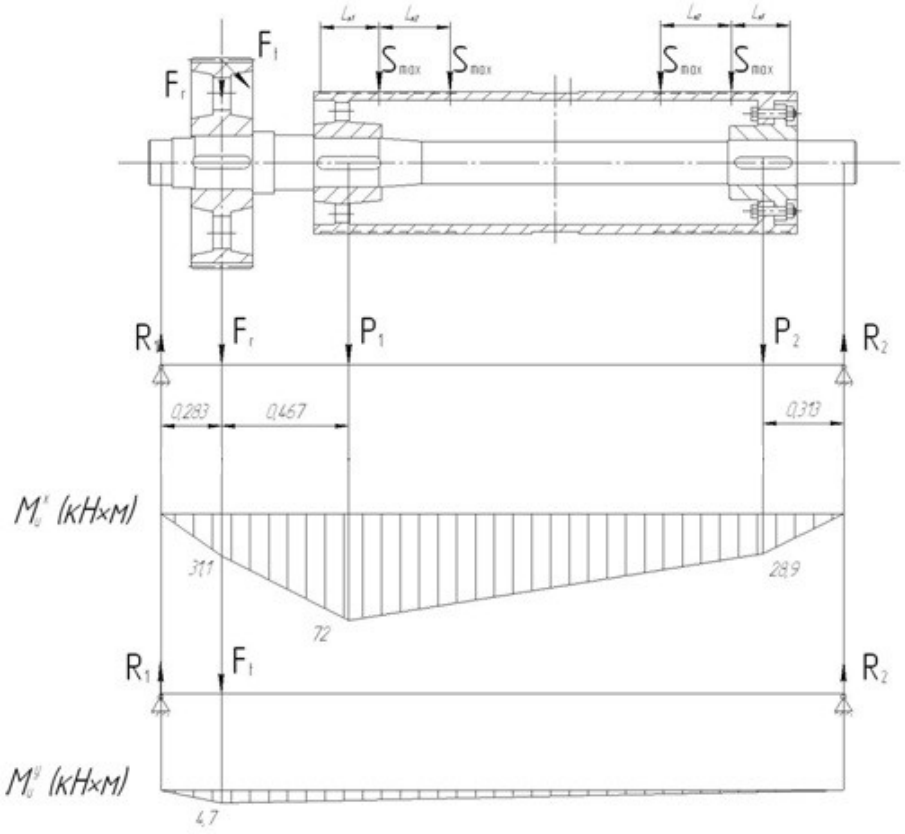


Рисунок 5 – Эпюра изгибающих моментов.

$$s_{\sigma}=\frac{379}{\frac{1,9}{0,61}\cdot 67,9}=1,79 \quad .$$

$$s_{\tau}=\frac{\tau_{-1}}{\frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}\cdot\beta}\cdot\tau_{\upsilon}}, \qquad (39)$$

где τ_{-1} = 220 МПа – предел выносливости стали при симметричном цикле кручения;

k_τ = 1,9 – эффективный коэффициент концентрации касательных напряжений;

ε_τ = 0,52 – масштабный фактор для касательных напряжений;

τ_υ – амплитуда цикла нормальных напряжений:

$$\tau_\upsilon = \frac{M_{\max}}{W_k}, \qquad (40)$$

где M_{max} = 72 кНм – максимальный изгибающий момент в рассматриваемом сечении;

$W_к$ – момент сопротивления сечения:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)}{2 \cdot d} = \frac{\pi \cdot 0,18^3}{16} - \frac{0,045 \cdot 0,013 \cdot (0,18 - 0,013)^2}{2 \cdot 0,18} = 0,0045 \text{ м}^3;$$

$$\tau_\upsilon = \frac{72 \cdot 10^3}{0,0045} = 32,7 \text{ МПа.}$$

$$s_\tau = \frac{220}{\frac{1,9}{0,52} \cdot 32,7} = 1,84 .$$

$$s = \frac{1,79 \cdot 1,84}{\sqrt{1,79^2 + 1,84^2}} = 1,28 > [s] = 1,2.$$

Запас прочности вала барабана удовлетворяет требованиям.

Прогиб вала:

$$y = \frac{Q \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J_x} = \frac{21491 \cdot 2,091^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,00065} = 0,00022 [м]; \; 0,0002091 \le y \le 0,00105.$$

$$J_x = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 0,16^4}{64} = 0,00065 [м^4].$$

4 ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПРОЛЕТНЫХ БАЛОК КРАНА

Примем расчетные комбинации нагрузок для проектного расчета металлоконструкции моста:

1.) Комбинация нагрузок 1.1 .А.

2.) Комбинация нагрузок 1.1.Б.

Где римская цифра I означает предельное состояние конструкции, в нашем случае – прочность; арабская цифра 1 – расчетный случай положения тележки – в середине моста, буква – работа механизмов:

А – подъём грузов; Б – движение крана.

В качестве материала для несущих конструкций моста примем сталь как и у других элементов металлоконструкции сталь Ст3сп5 – 12 ГОСТ 380 – 71.

Расчетные сопротивления основного металла, в соответствии с таблицей 6.7 [3] равны:

При растяжении, сжатии, изгибе:

R = 260 (МПа).

При срезе $R_{ср}$ = 15О (МПа).

При смятии торцевой поверхности $R_{m.см.}$ = 390 (МПа).

Собственный вес моста крана при пролете 28,5 м равен

G =26·9,81= 255,1 (кН).

Интенсивность нормативной распределенной нагрузки на каждую балку моста определяем по формуле:

$$q_{н.}=\frac{G_{пм.н.}}{2\cdot L}, \qquad (41)$$

где $G_{пм.н}$ – нормативный вес пролетной части моста (пролетной балки с площадками обслуживания), кН;

L – пролет крана, м;

$$q_{н.}=\frac{255,1}{2\cdot 28,5}=4,475\left(кН/м\right).$$

ь

4.1 Расчетные нагрузки комбинации 1.1. А

Расчетная схема приложения вертикальных нагрузок имеет вид рис. 6

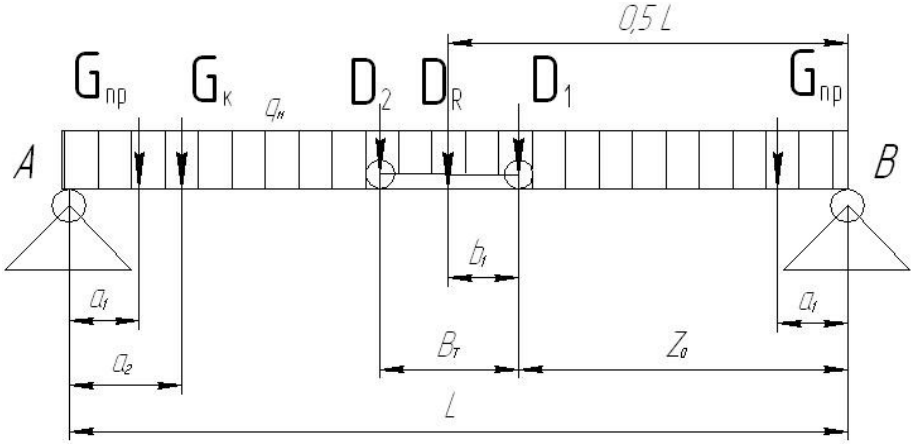


Рисунок 6 – Расчетная схема приложения вертикальных нагрузок

где $q_н$ – распределенная нагрузка от собственного веса пролетной части моста;

$G_{пр}$ – вес приводов механизма передвижения крана;

$G_к$ – вес кабины управления;

D_1, D_2 – давление колес тележки на балку;

D_R – равнодействующая давлений колес тележки;

При расчете будем использовать:

D_2 = 38,6 (кН);

D_1 = 50,8 (кН);

$D_R = D_2 + D_1$ = 89,4 (кН).

При четырехколесной тележке наибольший изгибающий момент от подвижной нагрузки действует в сечении под колесом с давлением , расположенным от опоры на расстоянии:

$$Z_0 = 0{,}5 \cdot (L - b_1) = 0{,}5\,(28{,}5 - 0{,}85) = 10{,}8\,(м).$$

Большинство источников рекомендуют вводить в расчеты коэффициенты перегрузок:

Коэффициент перегрузки веса тележки принимают обычно:

K_a = 1,1 [3]

Исходя из вышеприведенного находим:

Нагрузка от собственного веса:

$q = 1,1 \cdot 4,475 = 4,9$ кН/м.

Вес кабины:

$G_к = 21,5 \cdot 1,2 = 25,8$ кН.

Вес привода механизма передвижения

$G_{пр} = 9,7 \cdot 1,2 = 11,62$ кН.

Равнодействующая давлений колес:

$D_R = 89,4 \cdot 1,3 = 116$ кН.

Для сечения под колесом с давлением D_1 суммарный изгибающий момент равен:

$$M_1 = \frac{q \cdot L^2}{8} - D_к \cdot \frac{(L - b_1)^2}{4L} + G_{пр} \cdot a_1 + G_к \cdot a_2 \cdot \frac{L - b_1}{2L}, \qquad (42)$$

где q – распределенная нагрузка от собственного веса пролетной части моста;

L – пролет крана;

D_R – равнодействующая давлений колес тележки;

$G_{пр}$ – вес привода механизма передвижения;

G_k – вес кабины управления;

Для расчетной схемы приложения вертикальных нагрузок, следующие значения имеют величины:

$b_1 = 0,85$ м; $a_1 = 1,5$ м; $a_2 = 2,5$ м.

$$M_1 = \frac{4,9 \cdot 28,5^2}{8} - 116 \cdot \frac{(28,5 - 0,85)^2}{4 \cdot 28,5} + 11,62 \cdot 1,5 + 25,8 \cdot 2,5 \cdot \frac{28,5 - 0,85}{2 \cdot 28,5} = 860,6 (кНм).$$

Геометрические характеристики сечения пролетной балки моста по рисунку 7

ь

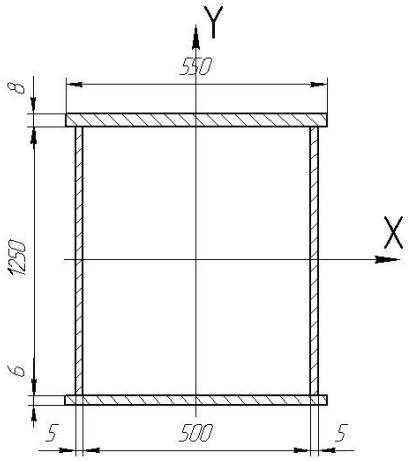


Рисунок 7 – Геометрические характеристики сечения пролетной балки моста

Момент инерции относительно горизонтальной оси:

$$J_k = 2 \cdot \frac{0,005 \cdot 1,25^3}{12} + 0,008 \cdot 0,55 \left(\frac{1,25}{2} + 0,008 \right)^2 + 0,006 \cdot 0,55 \left(\frac{1,25}{2} + 0,006 \right)^2 = 0,00632 \left(м^4 \right).$$

Момент инерции относительно вертикальной оси главной (пролетной) балки:

$$J_k = 2 \cdot \left(0,005 \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{0,5}{2} + 0,005 \right)^2 \right) + \frac{0,008 \cdot 0,55^3}{12} + \frac{0,006 \cdot 0,55^3}{12} = 0,00112 \left(м^4 \right).$$

Момент сопротивления сечения пролетной балки относительно горизонтальной оси:

$$W_x = \frac{2 \cdot 0,00632}{1,25 + 0,008} = 0,00941 \left(м^3 \right).$$

Момент сопротивления сечения пролетной балки относительно вертикальной оси:

$$W_y = \frac{2 \cdot 0,00112}{0,55} = 0,00415 \left(м^3 \right).$$

Расчетная зависимость проверки прочности балки в средней части пролета имеет вид:

$$\sigma = \frac{M_{1y}}{W_x} \le m_0 \cdot R, \qquad (44)$$

где M_{1y} – изгибающий момент в вертикальной плоскости;

W_x – момент сопротивления балки при изгибе в горизонтальной плоскости;

m_0 – коэффициент неполноты расчета;

ь

R – расчетное сопротивление.

$m_0 = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3$, (45)

где $m_1 = 0,9$ – коэффициент, учитывающий ответственность рассчитываемого элемента, т.е. возможные последствия его разрушения и наличие предупредительных признаков разрушения;

$m_2 = 0,95$ – коэффициент, учитывающий отклонения в геометрических размерах конструкции, влияние коррозии и т.п.;

$m_3 = 0,85$ – коэффициент, учитывающий несовершенство расчета, связанные с неточностью расчетных схем, неполнотой методов расчета и т.п.;

$m_0 = 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,85 = 0,73$;

Расчетная прочность балки:

$$\sigma = \frac{860,6 \cdot 10^3}{0,00941} \cdot 10^{-6} = 115,4 \left(МПа \right).$$

$\sigma = 115,4 < 0,73 \cdot 260$

$\sigma = 115,4$ (МПа) $< 189,9$ (МПа);

Прочность средней части пролетной балки при изгибе в вертикальной плоскости обеспечена [3].

4.2 Расчетные нагрузки комбинации 1.1. Б

Расчетная схема приложения нагрузок в вертикальной плоскости аналогична схеме при комбинации нагрузок 1.1. А.

Вертикальные динамические нагрузки, возникающие при движении крана определяют по выражению:

$$\psi_T = 1 + h_c \cdot a \cdot \xi ; \quad (46)$$

где h_c = 3-15 мм – высота ступеньки стыка рельсов;

a = 0,025 – коэффициент, принимаемый в зависимости от скорости крана V_k, $^{м}/_{сек}$ и частоты колебания моста;

ξ – коэффициент, зависящий от схемы крана и вида нагрузки;

Для собственного веса моста двухбалочного четырехколесного крана коэффициент будет равен:

$$\xi = \frac{B_k + L_T}{2 B_k} , \quad (47)$$

где $B_к$ – база крана;

$L_Т$ – колея тележки;

$$\xi = \frac{5{,}3 + 2{,}5}{2 \cdot 5{,}3} = 0{,}736$$

Парциальная частота собственных поперечных колебаний моста определяется по формуле:

$$\omega = \sqrt{\frac{C_м}{m_м}} , \quad (48)$$

где $C_м$ – коэффициент жесткости, $^{кН}/_{м}$;

$m_т$ – приведенная масса моста, т;

Коэффициент жесткости моста может быть принят как минимально возможный по условиям третьего предельного состояния.

$$C_м \geq \frac{G_{q.н.} + G_{т.н.}}{[f_\angle] \cdot L} , \quad (49)$$

где $G_{q.н.}$ – номинальный вес груза, кН;

$G_{т.н.}$ – номинальный вес тележки, кН;

L – пролет крана, м;

$[f_<] = {}^1/_{600}$ – предельный относительный прогиб моста при действии номинальной подвижной нагрузки принимаемый в соответствии с ОСТ – 24.090.72 – 83.

$$C_м = \frac{98+314}{\frac{1}{600}\cdot 28,5} = 4237,9\left({}^{кН}/_{м}\right).$$

Определяем изгибающий момент для сечения под колесом с давление D_1:

$$M_1 = \frac{4,56\cdot 28,5^2}{8} + 91,3\cdot\frac{(28,5-0,85)^2}{4\cdot 28,5} + 11,8\cdot 1,5 + 25,7\cdot 2,5\cdot\frac{28,5-0,85}{2\cdot 28,5} = 849,9\,(кНм).$$

Горизонтальные нагрузки двухбалочного моста.

Влиянием горизонтальных нагрузок от инерции масс приводов механизма передвижения и кабины при расчетах можно пренебречь.

Схема приложения горизонтальных нагрузок от инерции масс комбинации 1.1. Б. при четырехколесной тележке имеет вид на рисунке 8:

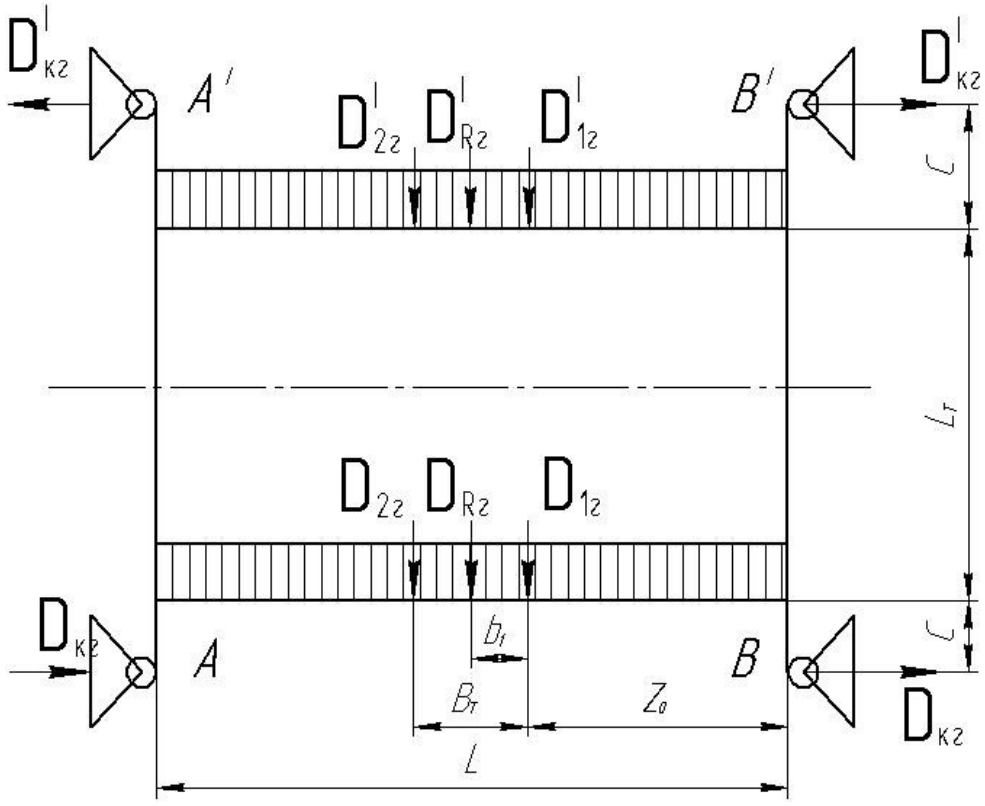


Рисунок 8 – Схема приложения горизонтальных нагрузок.

С достаточной степенью точности суммарный горизонтальный изгибающий момент в расчетном сечении пролета может быть определен по выражению:

$$M_{1г}=\frac{q_г\cdot L}{8}\cdot\frac{1+S}{3+S}+\frac{D_{Rг.}\cdot L}{8}\cdot\frac{3+2\cdot S}{3+S}, \qquad (50)$$

где $q_г$ – горизонтальная нагрузка от распределенного веса пролетной части моста;

L – пролет крана;

$D_{Rг}$ – равнодействующая горизонтальных давлений колес тележки;

Величину находим по формуле:

$$S=\frac{B_k\cdot J_{1y}}{L\cdot J_{2y}}\left[1-3\frac{L_T}{B_k}\left(1-\frac{L_T}{B_k}\right)\right], \qquad (51)$$

где $B_к$ – база крана, м;

J_{1y} – момент инерции пролетной балки относительно вертикальной оси;

J_{2y} – момент инерции концевой балки относительно вертикальной оси;

$L_т$ – колея тележки;

Геометрические характеристики сечения концевой балки моста по рисунке 9

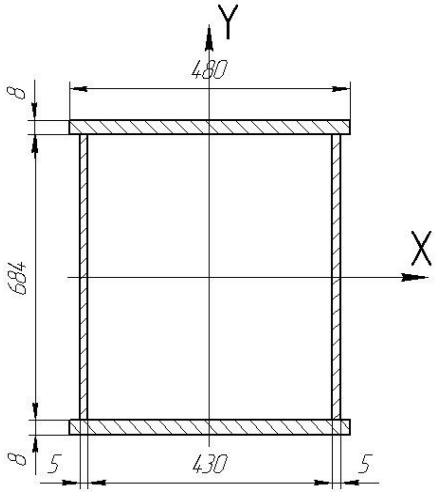


Рисунок 9 – Геометрические характеристики сечения концевой балки моста

Момент инерции относительно горизонтальной оси:

$$J_x = 2 \cdot \frac{0,005 \cdot 0,684^3}{12} + 0,008 \cdot 0,48 \cdot \left(\frac{0,684}{2} + 0,005 \right)^2 + 0,008 \cdot 0,48 \cdot \left(\frac{0,684}{2} + 0,008 \right)^2 = 0,001661 \left(м^4 \right).$$

Момент инерции относительно вертикальной оси концевой балки:

$$J_y = 2 \cdot \left(0,005 \cdot 0,684 \cdot \left(\frac{0,43}{2 + 0,005} \right)^2 \right) + 2 \cdot \frac{0,008 \cdot 0,48^3}{12} = 0,000405 \left(м^4 \right).$$

Момент сопротивления сечения пролетной балки относительно горизонтальной оси:

$$W_x = \frac{2 \cdot 0,001661}{0,684 + 0,008} = 0,004221 \left(м^3 \right).$$

Момент сопротивления сечения концевой балки относительно вертикальной оси:

$$W_y = \frac{2 \cdot 0,000405}{0,48} = 0,001803 \left(м^3 \right).$$

Тогда:

$$S = \frac{5,3 \cdot 0,00112}{28,5 \cdot 0,000405} \left[1 - 3 \frac{2,3}{5,3} \left(1 - \frac{2,3}{5,3} \right) \right] = 0,124.$$

При J_k = 0,1 ($^м/_{сек^2}$) – ускорение, возникающее в период неустановившегося режима работы механизма передвижения, т.е. при $\frac{J_k}{q} = \frac{0,1}{9,81} = 0,0102$, горизонтальные инерционные нагрузки будут равны:

$$q_T = 0,0102 \cdot 1,1 \cdot 4,003 = 0,04415 \left({}^{кН}/_{м} \right).$$

$$D_{R.г.} = 0,0102 \cdot 1,1 \cdot 73,34 = 0,8213 \left(кН \right).$$

Тогда суммарный изгибающий момент в горизонтальной плоскости:

$$M_{1г} = \frac{0,04415 \cdot 12,4^2}{8} \cdot \frac{1 + 0,124}{3 + 0,124} + \frac{0,8213 \cdot 12,4}{8} \cdot \frac{3 + 2 \cdot 0,124}{3 + 0,124} = 4,689 \left(кН \cdot м \right).$$

m_3 принимаем равным 0,95, тогда коэффициент неполноты расчета будет равным:

$m_0 = 0,9 \cdot 0,95 \cdot 0,95 = 0,812$.

Проверку прочности балки в средней части пролета при действии нагрузок комбинации 1.1. Б производим по следующей зависимости:

$$\sigma = \frac{M_{1y}}{W_x} + \frac{M_{1x}}{W_y} \le m_0 \cdot R,$$

где M_{1y} – изгибающий момент в вертикальной плоскости;

M_{1x} – изгибающий момент в вертикальной плоскости;

W_x – момент сопротивления балки при изгибе в горизонтальной плоскости;

W_y – момент сопротивления балки при изгибе в вертикальной плоскости;

m_0 – коэффициент неполноты расчета;

R – расчетное сопротивление материала моста.

$$\sigma = \frac{849,9 \cdot 10^3}{0,00941} \cdot 10^{-6} + \frac{4,689 \cdot 10^3}{0,00415} \cdot 10^{-6} \le 0,812 \cdot 260.$$

σ = 112,92 (МПа) < 211 (МПа).

Прочность средней части балки при изгибе в двух плоскостях обеспечена.

4.3 Прочность верхнего пояса балки моста

При контакте подошвы рельса с поясом балки, пояс находится в плосконапряженном состоянии и его прочность нужно проверять по условию:

$$\sqrt{\sigma_z^2 + \sigma_{ум}^2 - \sigma_z \cdot \sigma_{ум}} \le m_0 \cdot R, \quad (52)$$

где $\sigma_z = \sigma_{z0} + \sigma_{z.м.}$;

σ_{z0} – напряжение в балке от ее общего изгиба в продольном направлении;

$\sigma_{z.м}$ и $\sigma_{у.м}$ – местные нормальные напряжения в поясе соответственно вдоль и поперек продольной оси балки;

$$\sigma_{у.м.} = \frac{6 \cdot k_2 \cdot N}{\delta_n^2}, \quad (53)$$

$$\sigma_{z.м.} = \frac{6 \cdot k_3 \cdot N}{\delta_n^2}, \quad (54)$$

где N – сила, передающаяся на поясной лист через рельс от давления ходового колеса тележки;

$$N = \frac{D}{1 + \frac{96 \cdot k_1 \cdot b^2 \cdot J_{р.с}}{a_1^3 \cdot \delta_n^3}}, \quad (55)$$

где $\delta_п$ – толщина пояса;

k_2 и k_3 – коэффициенты;

a_1 – расстояние между диафрагмами;

$J_{р.с}$ – момент инерции рельса в вертикальной плоскости;

D – давление от колес тележки;

При a_1 = 835 мм, b = 480 мм определяем:

k_1 = 0,149; k_2 = 0,25; k_3 = 0,18;

тогда:

$$N = \frac{116}{1 + \frac{96 \cdot 0,149 \cdot 0,48^2 \cdot 4,978 \cdot 10^{-6}}{0,835^3 \cdot 0,008^3}} = 0,695 (кН).$$

$$\sigma_{у.м.} = \frac{6 \cdot 0,25 \cdot 695}{0,008^2} \cdot 10^{-6} = 10,4 (МПа).$$

$$\sigma_{z.м.} = \frac{6 \cdot 0,18 \cdot 695}{0,008^2} \cdot 10^{-6} = 7,52 (МПа).$$

$$\sigma_{z0} = \frac{M_1}{W_{1x}}, \quad (56)$$

где M_1 – изгибающий момент в вертикальной плоскости определенный для нагрузок комбинации 1.1. Б;

W_{1x} – момент сопротивления балки при изгибе в горизонтальной плоскости;

$$\sigma_{z0}=\frac{849,9\cdot10^{3}}{0,00941}\cdot10^{-6}=103,8\,(МПа)$$.

σ_z = 103,8 + 7,52 = 111,32 (МПа).

$$\sqrt{111,32^2+10,4^2-111,32\cdot10,4}\le0,64\cdot260.$$

112,9 (МПа) < 166,4 (МПа).

4.4 Торцевая балка моста крана

Проверку прочности балки в опасном сечении – в узле сопряжения с пролетной балкой – производим для случая действия нагрузок комбинации 1.2. Б (тележка у торцевой балки).

Расчетная схема нагружения моста крана на рисунке 10:

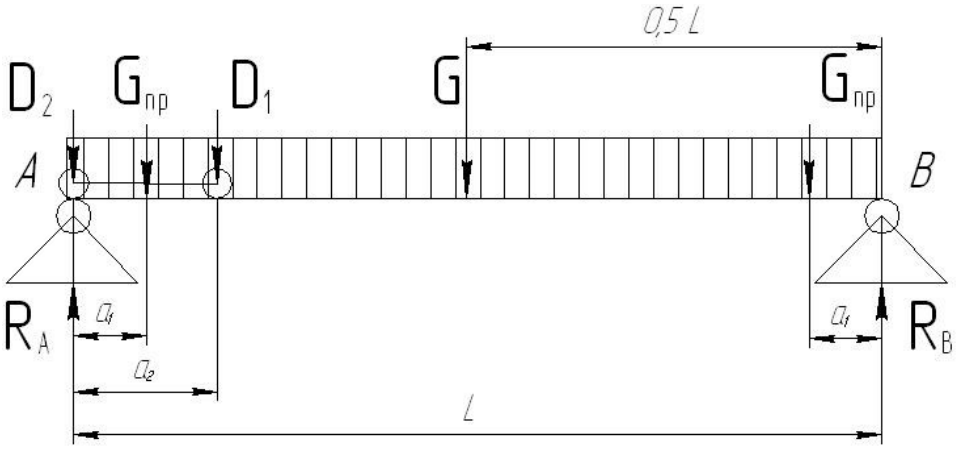


Рисунок 10 – Расчетная схема нагружения моста крана

$G_{пр}$ – вес приводов механизма передвижения крана;

G – вес пролетной балки;

D_1, D_2 – давление колес тележки на рельс;

Определим более опасное с точки зрения максимальной поперечной силы в опорном сечении положения тележки.

При положении тележки с грузом у опоры А реакция опор “приводной” пролетной балки определяется согласно указанной выше схемы.

$$G_{пр}\cdot1,5+D_1\cdot1,7+G\cdot9,5+G_{пр}\cdot17,5+R_B\cdot19=0;\qquad(57)$$

$$R_B=\frac{12,29\cdot1,5+128\cdot1,7+152,1\cdot6,2+12,29\cdot11,5}{28,5}=80,71\,(кН)$$.

$$R_a = 37,29 + 35,05 + 2 \cdot 12,29 + 152,1 - 81,71 = 168,26\,(кН).$$

При положении тележки с грузом у опоры В:

$$-D_2 \cdot 1,7 - G_{пр} \cdot 1,5 - G \cdot 9,5 - G_{пр} \cdot 17,5 + R_A \cdot 19 = 0, \quad (58)$$

$$R_A = \frac{12,29 \cdot 1,5 + 36,05 \cdot 1,7 + 152,1 \cdot 6,2 + 12,29 \cdot 11,5}{28,5} = 83,3\,(кН).$$

$$R_B = 37,29 + 36,05 + 2 \cdot 12,29 + 152,1 - 83,3 = 169,18\,(кН).$$

Более опасным будет случай положения тележки у опоры В.

Горизонтальные изгибающие моменты в узлах сопряжения балок:

$$M_{ут}^{\max} = \frac{q_г \cdot L}{2} \cdot L_T \cdot k_q + \frac{D_{1г}}{2} \cdot L_T \cdot k_Д + \frac{P_{пер}}{2} \cdot L_T \cdot k_p; \quad (59)$$

У более нагруженной концевой балки этот момент равен:

$$M_{ут}^{\min} = \frac{q_г \cdot L}{2} \cdot (L - L_T \cdot k_q) + \frac{D_{1г}}{2} \cdot (2B_T - L_T \cdot k_q) + \frac{P_{пер}}{2} \cdot L_T \cdot k_p; \quad (60)$$

где L – пролет крана, м;

$L_Т$ – колея тележки, м;

$q_г$ – горизонтальная нагрузка от распределенного веса пролетной части моста;

$D_{1г}$ – горизонтальная нагрузка от силы давления колеса;

$Р_{пер}$ – сила перекоса при движении крана;

$$k_q = \frac{1}{2 \cdot (s_1 + 3)} \cdot \frac{L}{L_T} \cdot \left(2 + \frac{L_T}{B_k} \cdot s_1\right), \quad (61)$$

$$k_Д = \frac{1}{s_1 + 3} \cdot \frac{L}{L_T} \cdot \left(3 \cdot \frac{B_T}{L} + \frac{L_T}{B_k} \cdot s_1\right), \quad (62)$$

$$k_p = \frac{1}{s_1 + 3} \cdot \frac{L}{L_T} \cdot \left(3 + \frac{L_T}{B_k} \cdot s_1\right), \quad (63)$$

где $В_к$ = 5,3 м – база крана;

$$s_1 = \frac{L_T}{L} \cdot \frac{J_{1y}}{J_{2y}}, \quad (64)$$

где J_{1y} – момент инерции пролетной балки относительно вертикальной оси;

J_{2y} – момент инерции концевой балки относительно вертикальной оси;

$$s_1 = \frac{2}{28,5} \cdot \frac{0,00112}{0,000405} = 0,291.$$

Сила перекоса при движении крана:

$$P_{пер} = \mu_{сц} \cdot D_{пр}^{\min}, \qquad (65)$$

где $\mu_{сц}$ – коэффициент сцепления приводных колес с рельсами (при работе в помещении $\mu_{сц} = 0,2$);

$D_{пр}^{\min}$ - суммарное давление на приводные колеса менее нагруженной концевой балки;

$$P_{пер} = 0,2 \cdot 98 = 19,6\,(кН).$$

$$k_q = \frac{1}{2 \cdot (0,291+3)} \cdot \frac{12,4}{2,3} \cdot \left(2 + \frac{2,3}{5,3} \cdot 0,291\right) = 2,21.$$

$$k_Д = \frac{1}{0,291+3} \cdot \frac{12,4}{2,3} \cdot \left(3 \cdot \frac{1,7}{12,4} + \frac{2,3}{5,3} \cdot 0,291\right) = 1,15.$$

$$k_p = \frac{1}{0,291+3} \cdot \frac{12,4}{2,3} \cdot \left(3 + \frac{2,3}{5,3} \cdot 0,291\right) = 10,7.$$

тогда:

$$M_{ут}^{\max} = \frac{0,04415 \cdot 12,4}{2} \cdot 2,3 \cdot 2,21 + \frac{0,427}{2} \cdot 2,3 \cdot 1,15 + \frac{19,6}{2} \cdot 2,3 \cdot 10,7 = 139,4\,(кН \cdot м).$$

Скручивающий момент для опорного узла приводной пролетной балки:

$$T_{кр} = \sum \frac{q_{iг} \cdot L}{2} \cdot l_i + \sum \left(1 - \frac{z_i}{L}\right) \cdot P_i \cdot l_i + T_{пр}, \qquad (66)$$

где q_{ir} – распределение нагрузки;

P_i – сосредоточенные нагрузки;

L – пролет балки;

z_i – расстояние от рассматриваемого опорного сечения;

l_i – эксцентриситеты нагрузок относительно Ц.И.;

$T_{пр}$ – реактивный момент привода передаваемый на балку;

Схема нагрузок на приводную балку для определения скручивающих нагрузок приведена на рисунке 11

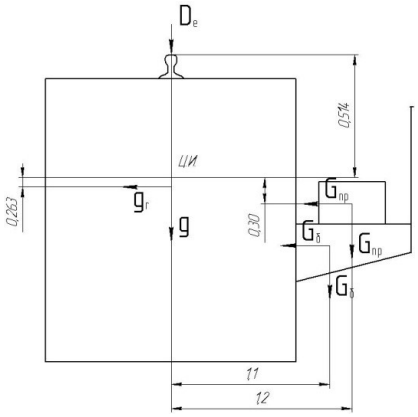


Рисунок 11 – Схема нагрузок на приводную балку для определения скручивающих нагрузок

$$T_{кр1}=0,427\cdot0,514\cdot\frac{28,5-1,5}{28,5}-\frac{0,04415\cdot22,5}{2}\cdot0,263-0,12\cdot0,2+\frac{1,2\cdot28,5}{2}\cdot0,5+11,6\cdot1,2+5,4$$

$$\approx 26,4\,(кН\cdot м).$$

Для неприводной пролетной балки:

$$T_{кр2}=0,427\cdot0,514\cdot\frac{28,5-1,5}{28,5}-\frac{0,04415\cdot22,5}{2}-\frac{1,2\cdot28,5}{2}\cdot0,5-14,8\cdot\frac{28,5\cdot2,3}{28,5}=-20,12\,(кН\cdot м).$$

Максимальный изгибающий момент в вертикальной плоскости:

$$M_в=A_{\max}\cdot\frac{L_{тб}-L_т}{2}+\left(T_{кр1}-T_{кр2}\right)\cdot\frac{L_{тб}-L_т}{L_{тб}}=$$

$$\approx 147,1\cdot\frac{5,3-2,3}{2}+(26,4-20,12)\cdot\frac{5,3-2,3}{5,3}=207,44\,(кН\cdot м).$$

Горизонтальный момент равен $M_г$ = 132,21 (кНм);

Определим нормальные напряжения изгиба в двух плоскостях:

$$\sigma=\frac{207,44\cdot10^3}{0,004221}\cdot10^{-6}+\frac{132,21\cdot10^3}{0,001801}\cdot10^{-6}=122,7\,(МПа).$$

принимаем m_0 =0,9; $R_р$ = 0,9 · 260 = 234 (МПа).

σ = 122,7 (МПа) < 234 (МПа).

Максимальные касательные напряжения среза в стенке:

$$\tau=\frac{169,98\cdot2,3\cdot10^{-3}\cdot1,1\cdot10^3}{2\cdot0,005\cdot0,001661}\cdot10^{-6}=24,5\,(МПа).$$

$$R^{св}_{у.ср.}=m_0\cdot150=0,9\cdot150=135\,(МПа).$$

$\tau = 23{,}4$ (МПа) $< \left[R^{св}_{у.ср.}\right] = 135$ (МПа).

Прочность торцевой балки обеспечена. [3]

5 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Учебное занятие по технологии управления мостовым краном.

В связи с модернизацией мостового крана, для работников, обслуживающих кран предприятия ООО «УГМК-Святогор», было составлено учебное занятие. Цель которого, донесение основной информации об изменениях в конструкции крана, а также актуализации знаний по применению грузозахватных приспособлений, стропального дела и основных операций погрузочно-разгрузочных работ.

КОНСПЕКТ ЗАНЯТИЯ

Тема занятия:

Погрузка-разгрузка изделий с применением грузового мостового крана.

Тип занятия:

Комбинированный (формирование новых знаний, умений и закрепление навыков выполнения приемов и операций).

Методы обучения:

Объяснительно-иллюстративный

Репродуктивный (применение полученных ранее знаний)

Цели занятия:

Образовательная:

Ознакомление с модернизацией мостового крана, актуализация знаний о правильности выбора съемных грузозахватных приспособлений, правильности строповки и мест складирования грузов, при выполнении операций погрузочно-разгрузочных работ.

Развивающая:

развитие умений по актуализации полученных ранее знаний, функций мышления (умение анализировать, сравнивать, делать выводы)

Воспитательная:

воспитание трудолюбия, ответственности за качество работ, культуры труда.

Задачи занятия:

- ознакомиться с модернизацией крана

- различать и уметь пользоваться съемными грузозахватными приспособлениями.

- выполнять общие правила по т/б в цехе.

- практическое обслуживание мостового крана.

Оснащение занятия:

Производственная площадка, мостовой кран, съемные грузозахватные приспособления, грузовой автомобиль, контрольные грузы.

Таблица 2. – План-конспект занятий

№ п/п	Содержание и структура занятия	Время	Деятельность		Планируемые результаты по формированию ОК и ПК
			Мастера п/о	Обучающегося	
1.	Вводная часть	45 мин			
1.1	Организационный момент.		Проверка явки учащихся.	Готовятся к уроку.	ОК 1-6
1.2	- Ознакомление с модернизацией мостового крана		Показывает чертежи, плакаты, объясняет, отвечает на вопросы.	Воспринимают информацию, анализируют, задают вопросы.	ОК 1-6
1.3	Актуализация опорных знаний и опыта. Объяснение и разбор основных вопросов с работниками: - Какие виды съемных грузозахватных приспособлений вы знаете? - Что должно		Организует повторение материала. Уточняет ответы обучающихся. Организует самостоятельную работу на основе репродуктивного и поискового методов. Выделение	Вспоминают изученный материал. Отвечают на вопросы. Дополняют друг друга. Актуализируют и систематизируют знания. Кратко конспектируют.	ОК 1-6 ПК 2,3

ь

	находится на съемных грузозахватных приспособлениях? - Как бракуются съемные грузозахватные приспособления?		главного, обобщение и систематизация изученного. Подводит итоги обсуждения. Оценивает уровень знаний.		
1.4	Работа по теме урока. Технология погрузочно-разгрузочных работ и правила безопасности. Задание обучающимся: - Определите сами последовательность работ при погрузочно-разгрузочных работах (С чего начнёте? Почему? Что дальше? и т.д.) - Какие требования безопасности труда необходимо соблюдать при выполнении работ? Требования к установке крана. - Как правильно начать подъем? Приёмы выполнения работ.		Организует фронтальную работу с использованием плаката, образцов. Управляет познавательным процессом. Помогает правильно определить последовательность работ. Показ приемов выполнения работ, комментирует действия при выполнении операций, обращает внимание на возможные ошибки и способы их предупреждения с обсуждением деталей.	Воспринимают информацию (слушание, наблюдение, выделяют существенное, устанавливают причинно-следственные связи, осмысливают полученную информацию) Конспектируют. Обсуждают, овладевают необходимыми навыками. Задают вопроты Воспринимают информацию, анализируют, задают вопросы.	ОК 1-6 ПК 2,3 ОК 1-6
1.5	Закрепление изученного.		Организует фронтальную работу по проверке усвоения материала.	Отвечают на вопросы, дополняя друг друга.	ОК 1-6
2	Практическая часть	4 часа 30 мин			
2.1	Проведение		Проведение	Расписываются в	ОК 1-6

ь

	инструктажа		инструктажа по т/б.	журнале по т/б	
2.2	Задание обучающимся: - Выбрать оборудование, инструменты и приспособления для перемещения грузов. - выбрать виды съемных грузозахватных приспособлений. -Пользуясь инструкционно-технологической документацией вы-полнить погрузочно-разгрузочные работы на кране, осуществить промежуточный и итоговый контроль качества выполняемой работы -Развитие и совершенствование общепрофессиона-льных умений, и навыков.		Индивидуальная работа с обучающимися: -организуем работу с инструкционно-технологическо й документацией -показывает на личном примере, основные приемы и операции по управлению автокраном. - наблюдение за работой учащихся и оказание им помощи в выявлении и своевременном устранении ошибок - беседа с обучающимися с целью выявле-ния их затруднений и выявление уровня усвоенного.	Саморегуляция деятельности (самоанализ, самоконтроль, самокорекция) -Аргументация своих действий и решений, воспроизведение информации. -Практическое закрепление навыков управления автокраном Проявление способности к самоорганизации, самостоятельности, инициативности, целеустремлённост и ответственности, аккуратности.	ОК 1-6 ПК 2,3
3.	Подведение итогов	45 мин			
	Вопросы обучающимся: - какие цели были поставлены на нашем уроке? -достигли ли мы цели? - что нового узнали, чему научились? - какие впечатления от урока, что понравилось, над		Предлагает вспомнить цели урока. Организует обсуждение итогов урока. Разбор типичных ошибок. Оценка деятельности рабочих.	Вспоминают цели (мотивация завершения). Участвуют в подведении итогов урока. Сравнивают свои работы с заданным критерием. Определяют отклонение от нормы. Участвуют в оценке работ и выставлении	ОК 1-6

ь

	чем предстоит работать? Оцените свою работу по заданным критериям.			оценок.	

ь

6 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 мостового крана с условием соблюдения требований нормативно-технической документации, норм безопасности труда и экологической безопасности.

6.1 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.

6.2 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;

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

- суммарная продолжительность работы 4 месяца;

Результаты расчётов сведены в табл. 3.

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

Таблица 3. Расчёт объёма затрат на инженерно-технические работы с учётом квалификации исполнителей.

№ п/п	Этапы разработки и содержание работ	Должность исполни-теля	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)	Инженер 1категории Инженер	10 72	73,22 65,2	1 1	732,2 4500
2	Теоретическая разработка (разработка технических обоснований, сбор данных)	Инженер 1категории Инженер	16 76	73,22 65,2	1 1	1171,52 4955,2
3	Проектирование нового механизма подъёма	Инженер 1категории Инженер	8 156	73,22 65,2	1 1	585,76 10171,2
4	Анализ влияния изменений на работу крана (раскачивание груза)	Инженер	100	65,2	1	6520
5	Составление и оформление записки	Инженер 1категории Инженер	8 160	73,22 65,2	1 1	585,76 10432
6	Утверждение результатов	Инженер 1категории Инженер	8 20	73,22 65,2	1 1	585,76 1304
Сумма:						41543,2
Итого (с учётом налога 13%)						46943,82

ь

6.3 Расчёт материальных затрат

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

Результаты сведены в таблице 4.

Таблица 4. 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

6.4 Расчёт амортизации оборудования, применяемого при выполнении проектных работ

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

$$А_{ам}=С\cdot К_ч/ Р_ч, \text{ руб}, \quad (67)$$

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

$К_ч$ – количество часов занятости оборудования на данной работе,

$К_ч$ =360 ч;

$Р_ч$ – предполагаемый ресурс работы оборудования, $Р_ч$ =12000 ч.

$А_{ам}=25000\cdot360/12000=750$ руб.

ь

6.5 Расчёт амортизации программного обеспечения, применяемого при выполнении проектных работ

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

$$А_{ам}=С\cdot К_{ч}/ Р_{ч}, \text{ руб} , \quad (68)$$

где С – первоначальная стоимость программного обеспечения,

С=138000 руб.

$К_{ч}$ – количество часов использования программного обеспечения на данной работе, $К_{ч}$ =300 ч.

$Р_{ч}$ – предполагаемый ресурс работы оборудования, $Р_{ч}$ =10000 ч.

$А_{ам}=138000\cdot300/ 10000 = 4140$ руб.

6.6 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 электроэнергии. Результаты расчётов затрат на электроэнергию сведены в таблице 5.

Таблица 5. 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 ($З_{эл.п}$), 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

6.7 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.

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

Таблица 6. Сводная смета затрат на разработку документации для разработки нового механизма подъёма и нового механизма передвижения тележки мостового 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 мостового крана составляют 94425,32 руб.

6.8 Текущие расходы на ремонт

К текущим расходам на модернизацию крана относятся:

1.Затраты на материалы см. таблицу 7.

Таблица 7. 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. Заработная плата рабочих приведена в таблице 8.

Таблица 8. 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=55000·0,3=16500 руб.

3.Амортизационные отчисления:

$A=n \cdot n_a$, (69)

где n – стоимость аппаратуры;

ь

n_a =0,2 – норма амортизации.

К используемой аппаратуре относится сварочный аппарат стоимостью 25000 руб.

А=2500·0,2=5000 руб.

4. Затраты на электроэнергию

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

Расчет электроэнергии на освещение:

$W_O = 0{,}001 \cdot c \cdot F \cdot Тд$, (70)

где W_O – годовой расход осветительной электроэнергии, кВт*ч,

с – средний расход электроэнергии за 1ч на 1м^2 площади (для производственных отделений с=15…18 Вт)

F – освещаемая площадь, м^2,

Тд – число часов осветительной нагрузки, ч, Тд = 200 ч.

$W_O = 0{,}001 \cdot 15 \cdot 40 \cdot 200$ =100 кВт-ч.

$З_Э$=100+100=200 кВт·ч.

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

153000+55000+5000+900=213900 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.

6.9 Расчёт увеличения производительности погрузочно-разгрузочного цикла

Технико-экономические показатели работы приведены в таблице 9.

Таблица 9. Технико-экономические показатели работы

Показатели	Варианты	
	Базовый	Проектный
Средняя высота подъёма груза, м	6	6
Среднее перемещение тележки, м	30	30
Среднее перемещение крана, 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 кран не является машиной циклического действия, прирост производительности погрузочно-разгрузочных работ может изменяться.

Экономический эффект, время окупаемости:

$$T_O=\frac{K_{АП}}{Э\cdot(C_{БАЗ}-C_{ПР})}, \qquad (71)$$

ь

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

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

ь

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 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 грузоподъёмных машин особое внимание следует уделять на повышение надёжности и соблюдений 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 появление 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.

ь

7.2 Безопасность труда

7.2.1 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

7.2.2 Электробезопасность

Класс опасности по поражению электротоком.

Обеспечение электробезопасности техническими способами, 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.
- диэлектрический 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;
- заземление 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.

Технические способы и средства применяют раздельно 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 закрашенные места для обеспечения электрического контакта, то дополнительного заземления не требуется. Все подкрановые пути должны быть заземлены, рельсы между собой и к подкрановым балкам

7.3 Анализ условий труда

7.3.1 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:

ь

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 состояние здоровья работающих. Допустимые условия труда условно относят к безопасным

7.3.2 Состояние воздушной среды, вентиляции

Температура$^{\circ}C$ факт/норм	-	15-22/16-27
Относительная влажность$\%$ факт/норм	-	15-75/15-75
Скорость воздуха, м/с факт/норм	-	0,2-0,4/0,20,5
Концентрация вредного вещества, мг/$м^3$ факт/норм	-	1,4/0,5

7.3.3 Микроклимат

Теплоизлучение, Вт/$м^2$ факт/норм	-	110/140
Освещение, ЛК факт/норм	-	300/200
Наименование вредного вещества на рабочем месте	-	Пыль, загазованность воздуха в цехе

ь

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

7.3.4 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).

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 направление 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.

7.3.5 Производственное освещение

По параметрам освещенности по СНиП 23–05–95 [17] 200 Лк, зрительная работа - 6 разряд характеризуется, как глубокая при этой работе коэффициент пульсации Кп=20%, показатель ослепленности Р=40, Коэффициент естественного освещения при комбинированном освещении Ен=3%, при боковом освещении Ен=1%, при верхнем освещении Ен=1,8%, при комбинированном боковом освещении Ен=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 [17] 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.

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.

7.3.6 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.

7.4 Пожарная безопасность

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

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.

7.6 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 [16],

ГОСТ 10541-78 [17], ГОСТ 20799-75 [18], трансмиссионные, моторные и индустриальные масла.

В ходе эксплуатации грузоподъёмных 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.

В отстойнике – маслоотделителе происходит отделение взвешенных веществ и нефтепродуктов из сточных вод. Нефтепродукты после отделения от

ь

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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной работы являлась модернизация мостового крана путем модернизации крана с 8 до 12,5 тонн, кран установлен в сталелитейном цехе в ООО «УГМК-Святогор».

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

- механизма подъема;

- механизма передвижения грузовой тележки;

- металлоконструкции крана;

- также были проведены проверочные расчеты.

- были затронуты вопросы экономики, экологии и безопасности жизнедеятельности.

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 сталелитейном цехе и соответствовать всем пунктам Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности на опасных производственных объектах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАНЫХ 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.-132с.
3. Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций: Учеб. пособие для техн. вузов. - М. Машиностроение, 1976.- 78с.
4. Грузоподъемные машины: Учебник для вузов/Александров М.П., Колобов Л.Н., Лобов Н.А. и др. -М. Машиностроение, 1986.- 56с.
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. Безопастность 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.- 115с.

12. Поляков В.И., Епифанов СП. Пневмоколесные и гусеничные краны: Учебник для ПТУ. -М. :Высш. школа, 1990.-72с.

13. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.-М. Металлургия, 1983.-24с.

14. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. -М. :Изд-во НПО ОБТ, 1993.- 65с.

15. Расчеты грузовых характеристик и устойчивости стреловых самоходных кранов на ЭВМ: Методические указания по работе с программой для ЭВМ. - Владивосток: Изд-во ДВЕТУ, 1995.-152с.

16. Справочник по кранам: В 2 т. Т.1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. -М. Машиностроение, 1988.- 86с.

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.- 325с.

18. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъёмные сооружения» Москва, ПИО ОБТ, 2013 г.-23с.

19. ГОСТ 25711-83. Краны мостовые электрические общего назначения грузоподъемностью от 5 до 50 т. Типы, основные параметры и размеры. Утвержден и введён в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12.04.1983 № 1713.

20. ГОСТ 12.04.002-97 ССБТ «Средства индивидуальной защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний» М.: ИПК Изд-во стандартов, -203с. Введен 07.01.1998г.

21. Приказа от 28 марта 2014 г. N 155н «Об утверждении правил по охране труда при работе на высоте» Москва, ПИО ОБТ, 2014 г, 65 с., введен

2014 г.

22. СНиП 23-05-95 - «Естественное и искусственное освещение» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003.- 54с. Введён 01.01.1996г.

23. ГОСТ 12.1.005-88 – «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.- 35с. Введен 01.01.1989г.

24. ГОСТ 23652-79 – «Масла трансмиссионные» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.- 87с. Введен 01.01.1981г.

25. ГОСТ 10541-78 - «Масла моторные универсальные и для автомобильных карбюраторных двигателей» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.- 76с. Введен 01.01.1980г.

26. ГОСТ 20799-75 – «Масла индустриальные общего назначения. Технические условия» М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000.- 43с. Введен 01.01.1978г.

27. СНиП 2.01.01-82 - «Строительные климатология и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003.- 65с. Введен 01.01.1984г.

28. СНиП 2.04.05-91 - «Отопление, вентиляция и кондиционирование» М.: Госстрой России. ГУП ЦПП, 2003.-25с. Введен 01.01.1992г.

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

30. СП 2.2.1.1312-03. Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий Российская газета. 2003г.- 119с. Введен 20.07.2003г.

31. СП 2.6.1.758-99. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). М.: Департамент Госсанэпиднадзора России,- 102с. Введен 01.06.1999г.

32. СП 2.6.1.799-99. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности. М.: Минздрав России, Введен 01.01.2000г.

33. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического

электричества. Общие требования безопасности. М.: Изд-во стандартов,- 87с. Введен 01.01.1984г.

34. ГОСТ 12.4.011-88. ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. М.: - 32с. Введен 01.06.1990г.

35. СНиП 2.09.04-88. Административные и бытовые здания. М.: ГУП ЦПП, 2001г.-43с. Введен 01.01.1989г.

36. СанПиН 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М.: ФГУП ЦПП, 2003г.-13с. Введен 01.01.2004г.

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

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

Приложение

ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ГРАФИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ

Наименование		Шифр	Формат	Кол-во
1	Общий вид крана мостового двухбалочного	ДП 44.03.04.111 СБ	А1	1
2	Механизм подъёма	ДП 44.03.04.111 СБ	А1	1
3	Механизм передвижения тележки	ДП 44.03.04.111 СБ	А1	1
4	Барабан в сборе	ДП 44.03.04.111 СБ	А1	1
5	Плакат технико-экономического обоснования	44.03.04.111	А1	1