

Реферат

Дипломная работа «Расчет остаточного ресурса мостового крана» выполнена на 138 листа формата А4. В качестве наглядного материала выполнены 6 плакатов, которые дублируются в приложениях.

Актуальность исследования. В современных условиях эксплуатации грузоподъемных механизмов возникает необходимость точного определения наступления моментов времени, при которых должны проводиться те или иные процедуры технического контроля (технические освидетельствования, обследования) и обслуживания. При исчерпании нормативного срока службы крана должно проводиться определение остаточного ресурса металлической конструкции с тем, чтобы решить вопрос о продлении срока службы крана.

Цель данной работы - определение остаточного ресурса крана на основе сравнительного анализа различных методов оценки остаточного ресурса.

Задачи исследования:

- 1. Оценить техническое состояние металлоконструкций крана;*
- 2. Произвести расчет элементов конструкций на сопротивление усталости с учетом спектра действующих нагрузок на элемент; .*
- 3. Выбрать и обосновать методику оценки остаточного ресурса крана;*
- 4. Составить рекомендации по дальнейшей эксплуатации крана.*

Объектом исследования является работа грузоподъемных машин на ООО «Оникс».

Предмет исследования - мостовой электрический кран грузоподъемностью 75/20 т.

Теоретическими и методологическими основами исследования является литература по подъемно-транспортному оборудованию, сопротивлению материалов, теории механики машин, государственные стандарты, нормы и правила. Кроме того, в работе использованы материалы заводской документации по эксплуатации подъемно-транспортного оборудования

Содержание

<i>Введение</i>	4
<i>1. Исходные данные</i>	6
<i>2. Определение доли нагрузки на вспомогательную ферму, приложенной к главной ферме</i>	15
<i>3. Определение доли нагрузки на вспомогательную ферму, приложенной к главной ферме</i>	17
<i>3.1 Главная балка</i>	17
<i>3.2 Концевая балка</i>	24
<i>3.3 Определение распределённой нагрузки концевой и пролётной балки</i>	28
<i>4. Определение положения центра тяжести привода механизма передвижения</i>	29
<i>5. Расчёт динамических коэффициентов при подъёме груза</i>	30
<i>6. Вертикальные нагрузки при подъёме груза</i>	35
<i>7. Вертикальные динамические нагрузки при передвижении крана</i>	51
<i>7.1 Расчёт коэффициента толчков</i>	51
<i>7.2 Расчет вертикальных нагрузок при перемещении крана</i>	53
<i>8. Сила перекоса при передвижении крана</i>	59
<i>9. Горизонтальные нагрузки пролётных балок</i>	63
<i>10. Максимальные и минимальные нагрузки в расчётных сечениях</i>	69
<i>11. Нагрузки, действующие на концевые балки</i>	71
<i>11.1 Вертикальные нагрузки при подъёме груза</i>	71
<i>11.2 Вертикальные и горизонтальные нагрузки при перемещении крана</i>	74
<i>12. Определение выработки ресурса крана по характеристическому числу</i>	80
<i>13. Расчёт на сопротивление усталости</i>	83
<i>13.1 Пролётная балка</i>	83
<i>13.2 Концевая балка</i>	98

						Лист
						2
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

13.3 Рекомендации по дальнейшей эксплуатации крана Q75/20 т.....	100
14 Безопасность жизнедеятельности и экологичность работы	101
14.1 . Механические опасности.....	102
14.2. Электробезопасность.....	103
14.3 Производственное освещение.....	104
14.4. Пожарная безопасность.....	104
14.5. Состояние травматизма в цехе.....	105
14.6. Чрезвычайные ситуации.....	107
14. 7. Экологичность работы	109
15.Технико-экономическое обоснование проекта.....	113
16.Педагогическая часть.....	118
Заключение.....	121
Список использованных источников.....	122
Приложение.....	124

						Лист
						3
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Введение

В современных условиях эксплуатации грузоподъемных механизмов возникает необходимость точного определения наступления моментов времени, при которых должны проводиться те или иные процедуры технического контроля (технические освидетельствования, обследования) и обслуживания. При исчерпании нормативного срока службы крана должно проводиться определение остаточного ресурса металлической конструкции с тем, чтобы решить вопрос о продлении срока службы крана.

Значение срока службы крана, указываемое в паспорте обычно сравнивают с показаниями счетчика моточасов — прибора, который контролирует наработку крана. Но его показания выдаются в единицах времени (моточасах), а наработка крана и долговечность его металлических конструкций оценивается на основании числа циклов работы крана и среднего кубического значения относительной массы поднимаемых грузов. Поэтому возникает необходимость определения алгоритма определения наработки крана, выраженной в циклах работы крана.

Основной целью данной работы является определение остаточного ресурса крана на основе сравнительного анализа различных методов оценки остаточного ресурса. Для достижения этой цели необходимо решить ряд задач:

- 1. Оценить техническое состояние металлоконструкций крана;*
- 2. Произвести расчет элементов конструкций на сопротивление усталости с учетом спектра действующих нагрузок на элемент;*
- 3. Выбрать и обосновать методику оценки остаточного ресурса крана;*
- 4. Составить рекомендации по дальнейшей эксплуатации крана.*

При выполнении работы анализируются опасные и вредные производственные факторы, их характер воздействия на человека, указываются правила безопасной работы с крановым оборудованием, оценивается возможность аварийных ситуаций.

В работе предложен комплекс мер по охране окружающей среды на предприятии.

									Лист
									4
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

Технико-экономическое обоснование работы содержит расчет экономического эффекта от продления срока службы машины.

Объектом исследования является работа грузоподъемных машин на Березовском ремонтно-механическом заводе.

Предмет исследования - мостовой электрический кран грузоподъемностью 75/20 т.

Теоретическими и методологическими основами исследования является литература по подъемно-транспортному оборудованию, сопротивлению материалов, теории механики машин, государственные стандарты, нормы и правила. Кроме того, в работе использованы материалы заводской документации по эксплуатации подъемно-транспортного оборудования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- проведен анализ технического состояния металлоконструкций крана,*
- раскрыта сущность методики оценки остаточного ресурса крана,*
- выработаны практические предложения по оптимизации работы подъемного оборудования на заводе.*

Практическая ценность исследования состоит в том, что выработанные предложения могут иметь практическую значимость при разработке мер по повышению эффективности работы подъемного оборудования на заводе.

									Лист
									5
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под.</i>	<i>Дат</i>					

1. Исходные данные

Мостовой электрический балочный кран, установленный в цехе ООО Оникс применяется для перемещения грузов внутри цеха, подачи металла на участки. Данные о массах поднимаемого груза и о перемещениях крана даны в справке о работе крана.

За время всего срока службы крана неоднократно производился ремонт металлоконструкции. Возникающие поломки (трещины) появлялись в одних и тех же местах с некоторой периодичностью. Это даёт нам повод провести расчёт остаточного ресурса и дать заключение о возможности или невозможности дальнейшей эксплуатации данного крана, а также рекомендации о ремонте (усиении) мест поломок.

Кран мостовой электрический крюковой заводской номер №2753 изготовлен в декабре 1969 года ленинградским заводом подъёмно-транспортного оборудования имени С. М. Кирова г. Ленинград Обводный канал 118 согласно Б-959 по заводскому заказу №125163.

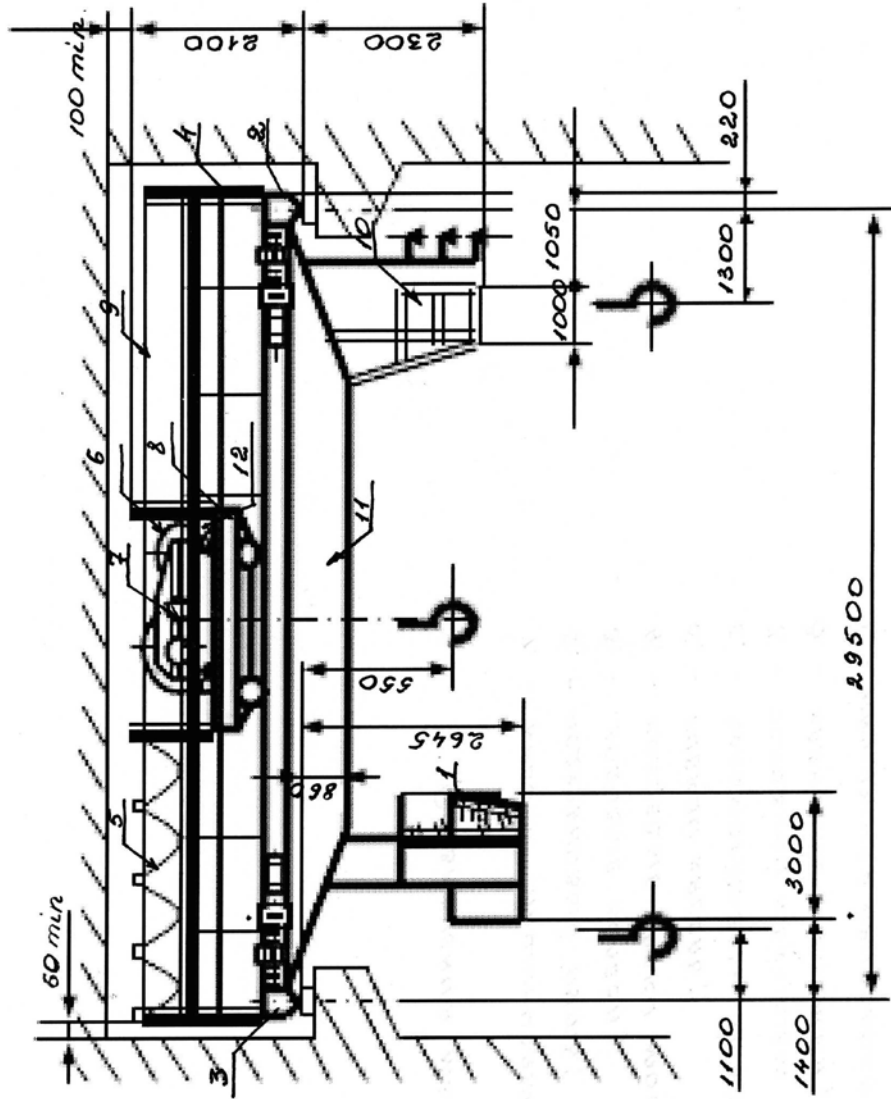
Регистрационный номер: 11754.

Инвариантный номер: 7938/44

Дата ввода в эксплуатацию: 1969 г

						Лист
						6
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

КРАН МТОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ,
 ТЧ 24.01.75468500-05 с/р 75/20 т, РЕЖИМ А5 (применен)



Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата	Лист
					6

Характеристики мостового электрического балочного крана.

Края мостовой электрический балочный.

<i>Q, т</i>	<i>L, м</i>	<i>V, м/с подъёма</i>	<i>V, м/с крана</i>	<i>V, м/с те- лежки</i>	<i>H, м</i>	<i>ГРР %</i>
75/20	29,5	0,078/ 0,073	0,078	0,0416	20/22	40

где Q - грузоподъёмность крана;

L - пролёт крана;

V_{подъёма} - скорость подъёма груза;

V_{крана} - скорость передвижения крана;

V_{тележки} - скорость передвижения тележки;

H - высота подъёма груза;

ГРР - группа режима работы крана.

Вес (полный): 107310 кг

моста: 56790 кг

тележки с механизмами: 26875 кг

механизма передвижения моста: 14682 кг

прочие узлы: 5528 кг

Давление колеса крана на рельс: P₁=36 т

P₂=35т

Место управления: кабина крановожатого.

						Лист
						8
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под.</i>	<i>Дат</i>		

Характеристики механизмов.

Характеристика механизмов подъёма.

	<i>Тип передачи</i>	<i>Диаметр барабана мм</i>	<i>Диаметр блоков полиспаста мм</i>	<i>Число ветвей полиспаста</i>
<i>Главный подъём</i>	<i>Зубчатая цилиндрическая редуктор А-1300-V-2 i=54.75</i>	<i>Ø 900</i>	<i>Ø 900</i>	<i>8</i>
<i>Вспомогательный подъём</i>	<i>Зубчатая цилиндрическая редуктор РМ-650-II-4М i=40.17</i>	<i>Ø 500</i>	<i>Ø 400 Ø 500</i>	<i>8</i>

Характеристика механизмов передвижения.

<i>Механизм передвижения</i>	<i>Тип передачи</i>	<i>Диаметр ходового колеса</i>
<i>крана</i>	<i>Редуктор РМ-650-V-7Ц Ø 125 i=20.49 Редуктор РМ-650-V-8Ц Ø 125 i=20.49</i>	<i>Ø 700</i>
<i>тележки</i>	<i>Редуктор ВК-750-32,4-1 i=32.4 .</i>	<i>Ø 600</i>

Характеристика электродвигателей.

Механизмы	Электродвигатель	Номинальная мощность, кВт	Количество	Род тока	Частота вращения ротора, об/мин	ПВ, %
Главный подъём	МТВ713-10	160	1	3-х фазный U=380В	587	25
Вспомогательный подъём	МТ52-8	30	1	3-х фазный U=380В	725	25
Передвижение крана	МТ52-8	30	2	3-х фазный U=380В	725	25
Передвижение тележки	МТВ411-8	16	1	3-х фазный U=380В	715	25

Характеристика тормозов

Механизмы	Тип	число
Главный подъём	ТКТГ 500x200	2
Вспомогательный подъём	ТКТГ 300x140	1
Механизм передвижения крана	ТКТГ 200x90	2
Механизм передвижения тележки	ТКТГ 200x90	1

Характеристика грузозахватного органа.

	<i>Обозначение</i>	<i>Грузоподъемность</i>	<i>Материал</i>
<i>Главный подъем</i>		75000	
<i>Вспомогательный подъем</i>	19А ГОСТ 6627-53	20000	Сталь 20 ГОСТ 1050-74

Характеристика канатов.

	<i>Главный подъем</i>	<i>Вспомогательный подъем</i>
<i>Обозначение</i>	29-Н-1701 ГОСТ 7677-55	16,5-Н-1701 ГОСТ 2688-55
<i>Диаметр, мм</i>	29	16,5
<i>Предел прочности проволоки, кг/мм²</i>	170	170
<i>Суммарное разрывное усилие, кгс</i>	72050	18730
<i>Длина, м</i>	210	208
<i>Действительный коэффициент запаса прочности</i>	5,8	5,7

Металлоконструкция.

Пролётные балки — ферменная конструкция.

Концевые балки — коробчатая конструкция.

	<i>Марка стали ГОСТ</i>	<i>Марка электрода</i>
<i>Моторная балка Редукторная балка Главные поперечные балки Примыкание балок</i>	<i>Сталь 3 ГОСТ 380-60</i>	<i>Э42 ГОСТ 2523-51</i>
<i>Главные балки Вспомогательные балки Торцевые балки Примыкание главных балок к торцевым (вертикальные швы) Примыкание вспомогательных балок к торцевым</i>	<i>Сталь 3 ГОСТ 380-60</i>	<i>Э42 ГОСТ 2523-51 Сварочная проволока Св 08 а ГОСТ 2246-54</i>

Справка о характере работы мостового крана

- 1. Грузоподъёмность: 75/20 т*
- 2. Длина обслуживаемой зоны вдоль цеха: 170 м*
- 3. Сменность работы крана в сутки: 12 ч*
- 4. Количество дней в году, когда работает кран: 240 дней*
- 5. Количество циклов работы крана в сутки: 40 циклов*
- 6. В какой доле циклов производится подъём груза массой:*

до 0,25 $Q_{ном}$ - /30 %

от 0,25 до 0,5 $Q_{ном}$ 5/45 %

от 0,5 до 0,75 $Q_{ном}$ 15/- %

от 0,75 до $Q_{ном}$ 5/- %

вдоль цеха: 60 м

									Лист
									12
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

7. Суммарное время застроповки и отстроповки груза в среднем за цикл: 60 сек.
8. Среднее перемещение груза:
по вертикали: 20м
поперек пролета: 29,5 м
9. Температурные условия работы крана:
min+10° С
max +35° С
10. Характеристика среды, в которой работает кран: закрытое, отапливаемое помещение, в условиях запылённости и частичной загазованности.
11. Температурный режим для стали ВстЗсп5 ГОСТ 380-60 по РД 24.090.52-90
-20° С
+40° С

Расчёт фактического режима работы крана.

Расчёт в соответствии с ГОСТ 25546-82 «Краны грузоподъёмные. Режимы работы».

По справке о характеристике работы кран эксплуатируется 37 лет; 240 дней в году и выполняет 40 циклов за сутки.

Загрузка по циклу за период эксплуатации

$$C_m = 3,7 * 240 * 40 = 3,5 * 10^5$$

Это соответствует классу использования И5

$$2,5 * 10^5 < C_m < 5 * 10^5$$

Коэффициент нагружения крана при этом

$$K_p = (0,25)^3 * 0,75 + (0,5)^3 * 0,05 + (0,75)^3 * 0,15 + (1)^3 * 0,05 = 0,133$$

Это соответствует классу нагружения Q2

При И5 и Q2 группа режима работы крана А5(5К).

Фактический режим работы крана – средний

						Лист
						13
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

2. Определение доли нагрузки на вспомогательную ферму, приложенной к главной ферме

Определим моменты инерции главной, вспомогательной фермы и фермы нижних связей. Для этого воспользуемся следующей формулой [3. стр. 94]:

$$J = \frac{F_1 * F_2}{\mu(F_1 + F_2)} h^2 \quad (2.1)$$

где F_1 и F_2 - площади сечения верхнего и нижнего поясов;

h - высота фермы;

μ - коэффициент, учитывающий влияние деформации решётки ферм, ($\mu = 1$ при равных площадях сечений раскосов и поясов)

Т. к. главная ферма - одностенчатая балка, площади F_1 и F_2 определим как сумму площадей пояса и стенки длиной 20δ , где δ - толщина стенки [2. стр. 89].

Площадь участка стенки:

$$F = 20 * 2 * 2 = 80 \text{ см}^2$$

$$\text{Площадь пояса: } F = 2,6 * 55 = 143 \text{ см}^2$$

$$F_1 = F_2 = 143 + 80 = 223 \text{ см}^2$$

По формуле (2.1):

$$J_1 = \frac{223 * 223}{1 * (223 + 223)} 214.2^2 = 5115802.86 \text{ см}^4$$

Момент инерции вспомогательной фермы и фермы нижних связей определим аналогично:

площадь сечения уголка №16: $F = 31,4 \text{ см}^2$

$$J_2 = \frac{31.4 * 31.4}{1 * (31.4 + 31.4)} 211.6^2 = 702960.6 \text{ см}^4$$

$$J_4 = \frac{31.4 * 223}{1 * (31.4 + 223)} 195.2^2 = 1048762.2 \text{ см}^4$$

По графикам [2. рис. 9.4] определяем долю нагрузки, приходящейся на вспомогательную ферму:

- при неподвижной тележке $Q_2/P = 7,1 \%$
- при движущейся тележке $Q_2/P = 5,1 \%$

						Лист
						15
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

По формулам [2. стр. 89] определим долю нагрузки, приходящуюся на горизонтальные фермы:

придвижущейся тележке

$$\frac{Q_3}{P} = -\frac{Q_4}{P} = \frac{J_2 b}{[2h(J_1 + J_2)]} \quad (2.2)$$

где J_1 и J_2 - моменты инерции главной и вспомогательной фермы
 b , h - ширина горизонтальной и высота вспомогательной ферм.

$$\frac{Q_3}{P} = -\frac{Q_4}{P} = \frac{702960.6 * 195.2}{2 * 211.6 * (5115802.86 + 702960.6)} = 0.052$$

$$Q_3/P = 5.2\%$$

придвижущейся тележке

$$\frac{Q_4}{P} = \frac{b/h}{1 + \frac{J_1}{J_2} + B^2 J_1 / (h^2 J_4)} \quad (2.3)$$

где все обозначения см. формулу (5,2)

$$\frac{Q_4}{P} = \frac{195.2/211.6}{1 + \frac{5115802.86}{702960.6} + 195^2 * \frac{5115802.86}{(211.6^2)} * 1048762.2)} = 0.069$$

$$Q_4/P = 6.9\%$$

Нагрузка, приходящаяся на вспомогательную ферму и на горизонтальные фермы при неподвижной и движущейся тележке очень мала, следовательно, можно считать, что вся нагрузка приходится на главную ферму (в данном случае на одностенчатую балку). Поэтому расчёт нагрузок будем вести только для главной балки.

						Лист
						16
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

3. Определение доли нагрузки на вспомогательную ферму, приложенной к главной ферме

3.1 Главная балка

Вертикальные нагрузки воспринимает сечение, представленное на рис. 2
Определим момент инерции и положение центра тяжести сечения. Данное сечение представляет сварную конструкцию.

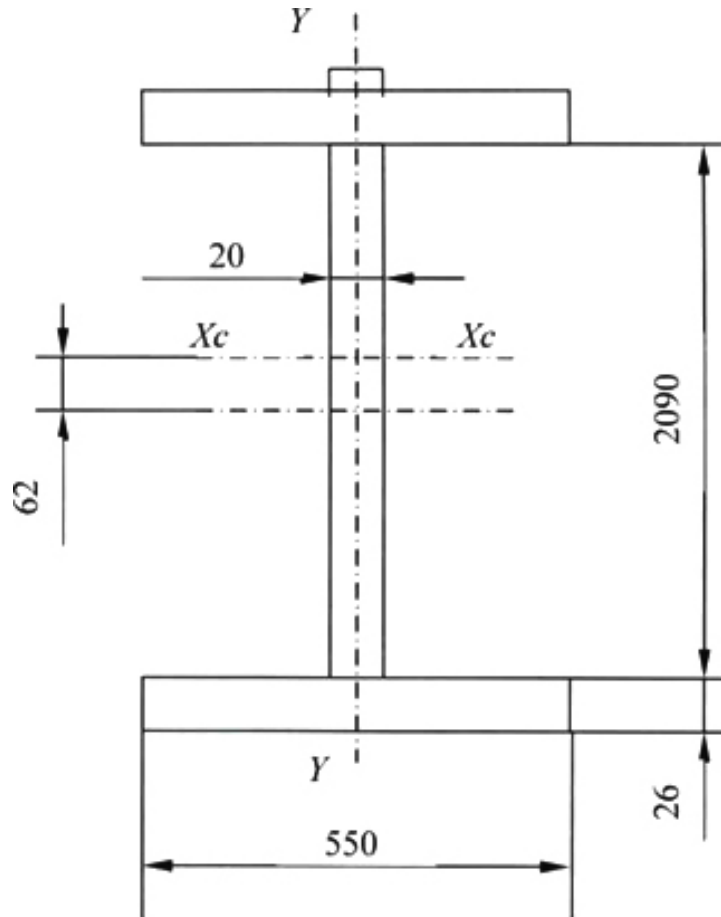


Рис. 2 - Поперечное сечение пролётной балки.

Площадь поперечного сечения рельса определяю по формуле:

$$F_1 = bh * \quad (3.1)$$

$$F = 6 * 7 = 42 \text{ см}$$

$$\text{Площадь пояса } F_1 = 2,6 * 55 = 143 \text{ см}^2$$

$$\text{стенки } F_2 = 209 * 2 = 418 \text{ см}^2$$

Собственные моменты инерции определяю по формуле:

$$J_{x-x} = \frac{bh^3}{12} \quad J_{y-y} = \frac{b^3h}{12} \quad (3.2)$$

где b и h - соответственно ширина и высота прямоугольников.

						Лист
						17
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Собственные моменты инерции рельса, поясов и стенки относительно осей x и y определяю по формуле (3.2):

$$J_{x-x} = \frac{6^3 * 7}{12} = 126 \text{ см}^4, \quad J_{y-y} = \frac{7^3 * 6}{12} = 171.5 \text{ см}^4$$

Для поясов:

$$J_{x-x} = \frac{2.6^3 * 55}{12} = 80.6 \text{ см}^4, \quad J_{y-y} = \frac{55^3 * 2.6}{12} = 36048 \text{ см}^4$$

Для стенки:

$$J_{x-x} = \frac{209^3 * 2}{12} = 1521555 \text{ см}^4, \quad J_{y-y} = \frac{2^3 * 209}{12} = 139.3 \text{ см}^4$$

Положение оси x_c-x_c определяю по формуле:

$$y_c = \frac{\sum F_i * y_i}{\sum F_i} \quad (3.3)$$

где F_i — площадь i -го элемента сечения, см^2 ;

y_i - расстояние от оси $x-x$ до центра тяжести i -го элемента сечения, см ;

y_c - расстояние от оси $x-x$ до центра тяжести сечения, см .

Исходя из рис.2:

$$y_c = \frac{143 * 105,8 - 143 * 105,8 + 42 * 110,1 + 0 * 418}{143 + 143 + 42 + 418} = 6.2 \text{ см}$$

Определим момент инерции сечения относительно оси $x-x$ по формуле:

$$J_{\text{сеч}} = \sum (J_i + F_i * y_i^2) \quad (6.4)$$

где J_i - собственные моменты инерции сечения элементов;

F_i - площадь поперечного сечения этого элемента;

y_i - расстояние от оси x_c до центра тяжести i -го элемента.

Момент инерции сечения относительно оси $x-x$ по формуле (6.4):

$$J_{\text{сеч}} = (126 + 42 * 103.9^2) + (80.6 + 143 * 112^2) + (1521555 + 418 * 6.2^2) + (80.6 + 143 * 99.6^2) = 5203683,6 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления изгибу в вертикальной плоскости W_{x-x} (см^3) определяем по формуле:

$$W_{x-x} = \frac{J_{\text{сеч}}}{y_{\text{тах}}} \quad (3.5)$$

						Лист
						18
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

где y_{max} - расстояние от оси x_c до наиболее удалённой точки сечения (см. рис.

2).

$$W_{x-x} = \frac{52036833.6}{113.3} = 45928,4 \text{ см}^3$$

Горизонтальные нагрузки воспринимаются двутавром и фермой. Поперечное сечение представлено на рис. 3

Собственные моменты инерции стенки и пояса см. формулу (3.2).

Момент инерции уголка $J_{yz}^{y-y} = 774 \text{ см}^4$

Момент инерции рельса см. формулу (6.2).

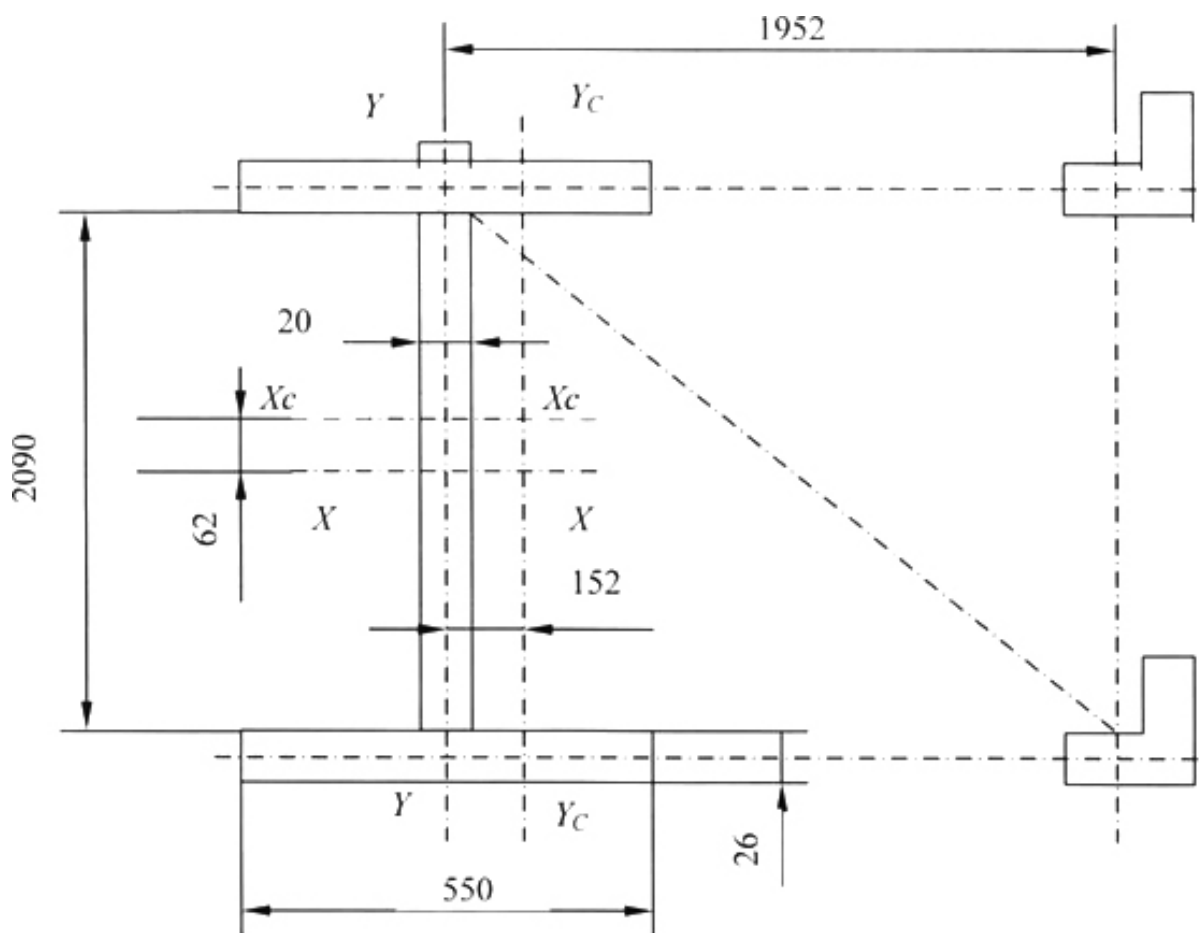


Рис.3 - Поперечное сечение пролётной балки.

Положение оси y_c - y_c определяю по формуле:

$$x_c = \frac{\sum F_i * x_i}{\sum F_i} \quad (3.6)$$

где F_i - площадь i -го элемента сечения, см^2 ;

x_i -расстояние от оси y - y до центра тяжести i -го элемента сечения, см. рис.

3;

x_c -расстояние от оси y - y до центра тяжести сечения,

						Лист
						19
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$x_c = \frac{31.4 * 195.2 * 2}{31.4 * 2 + 42 + 143 * 2 + 418} = 15.2 \text{ см}$$

Момент инерции сечения определяю по формуле:

$$J_{y-y}^{\text{сеч}} = \sum (J_i + F_i x_i^2) \quad (3.7)$$

где x_i - расстояние от оси y_c - y_c до центра тяжести i -го элемента.

$$J_{y-y}^{\text{сеч}} = (171.5 + 42 * 15.2^2) + (36048 + 143 * 15.2^2) * 2 + (139.3 + 418 * 15.2^2) + (774 + 31.4 * 180^2) * 2 = 2281030,7 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления в горизонтальной плоскости определяю по формуле:

$$W_{y-y} = \frac{J_{\text{сеч}}}{x_{\text{max}}} \quad (3.8)$$

где x_{max} — максимально удалённая точка сечения от оси y_c - y_c

$J_{\text{сеч}}$ — момент инерции сечения относительно оси y_c - y_c

$$W_{y-y} = \frac{2281030.7}{184.3} = 12377 \text{ см}^3$$

В месте сопряжения пролётной и концевой балок сечение пролётной балки уменьшается до высоты концевой балки. Поэтому момент сопротивления будет иной, чем для пролётной балки в её средней части. Определим этот момент сопротивления для вертикальных нагрузок.

Площадь поперечного сечения рельса определяю по формуле (3.1):

$$F = 6 * 7 = 42 \text{ см}^2$$

Площадь пояса $F_1 = 2.6 * 55 = 143 \text{ см}^2$

стенки $F_2 = 92.2 * 2 = 184.4 \text{ см}^2$

Положение оси x_c - x_c определяю по формуле (3.3):

$$y_c = \frac{143 * 47.4 - 143 * 47.4 + 42 * 51.7 + 0 * 184.4}{143 + 143 + 42 + 184.4} = 4.2 \text{ см}$$

						Лист
						20
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

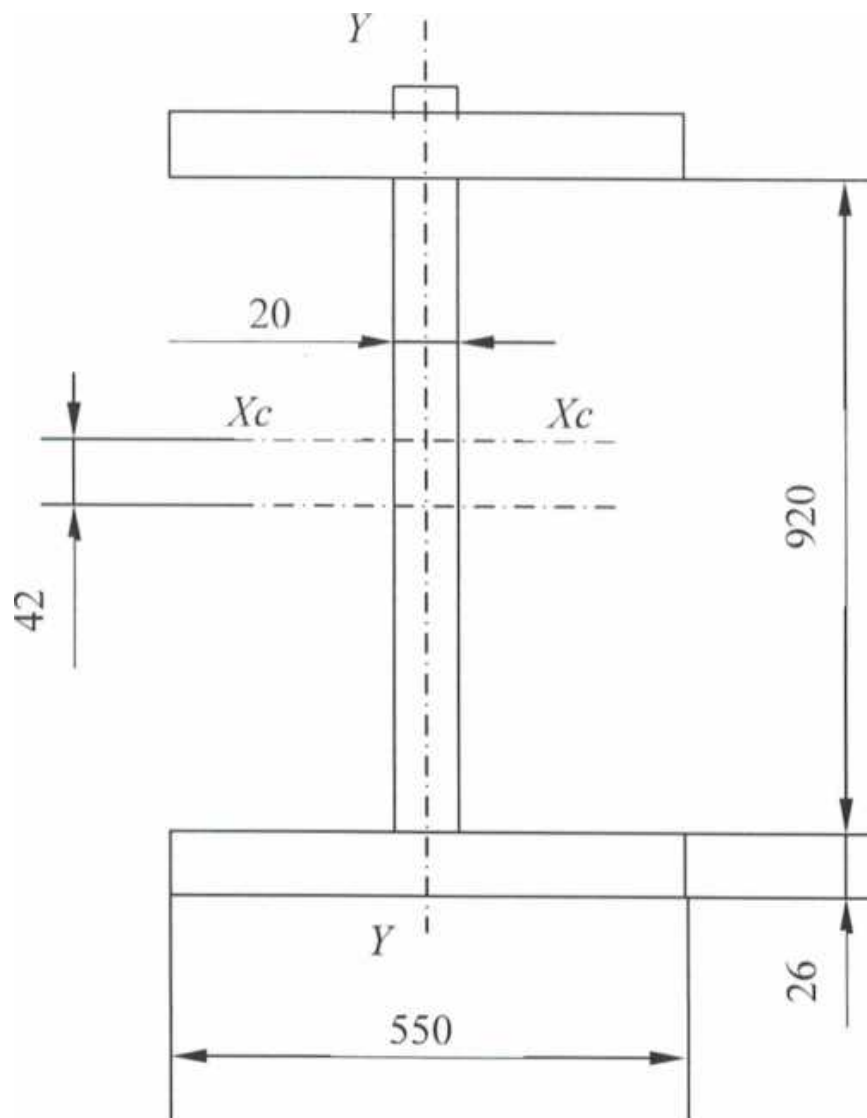


Рис. 4 - Поперечное сечение пролётной балки в месте сопряжения её с концевой.

Собственный момент инерции стенки определяю по формуле (3.2):

$$J_{x-x} = \frac{92^3 * 2}{12} = 129781.3 \text{ см}^4$$

Момент инерции сечения определяю по формуле (3.4):

$$J_{сеч} = (126 + 42 * 47.4^2) + (80.6 + 143 * 51.5^2) + (129781.3 + 184.4 * 4.2^2) + (80.6 + 143 * 43.1^2) = 872595,2 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления изгибу в вертикальной плоскости $W_{x-x}(\text{см}^3)$ определяем по формуле (3.5):

$$W_{x-x} = \frac{876550.5}{52.8} = 16526 \text{ см}^3$$

Горизонтальные нагрузки воспринимаются двутавром и фермой. Поперечное сечение представлено на рис. 5

						Лист
						21
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

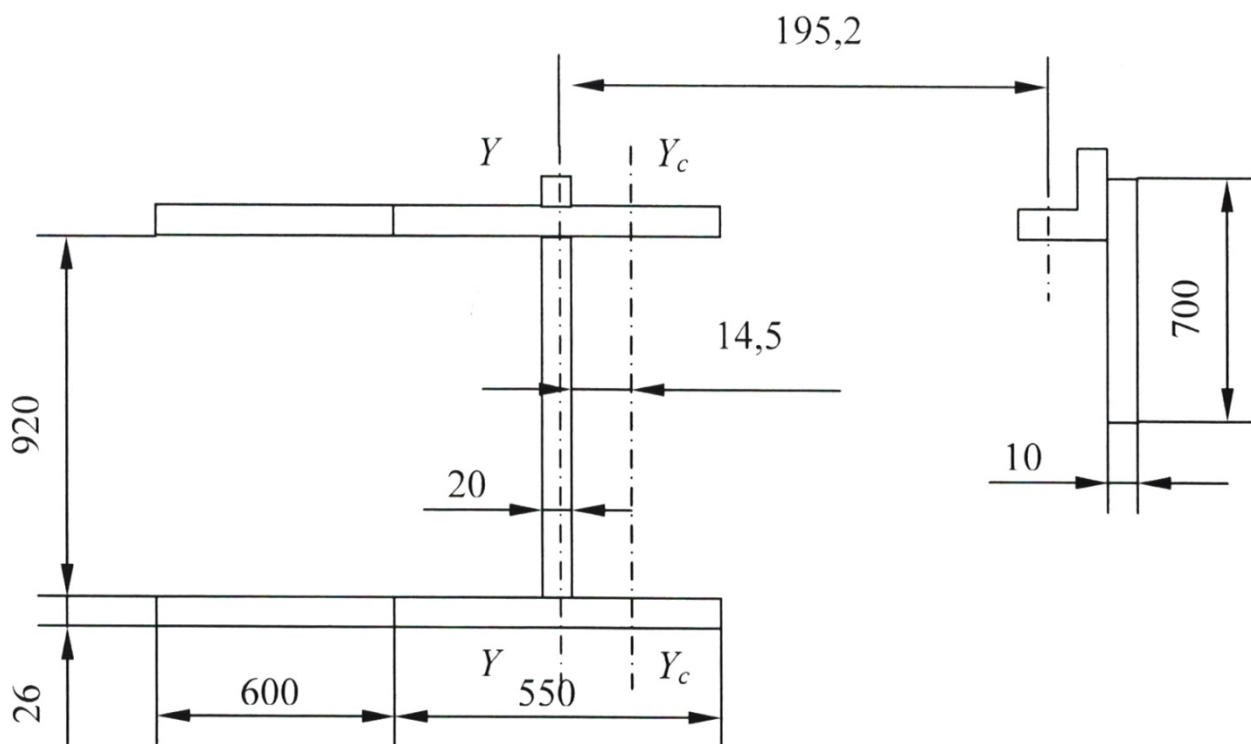


Рис. 5 - Сечение пролётной балки, в месте её стыка с концевой.

Площадь листа 1 определяю по формуле (3.1):

$$F=1*70=70 \text{ см}^2$$

Площадь накладки 2 определяю по формуле (6.1):

$$F=60*2.6=156 \text{ см}^2$$

Собственный момент инерции листа относительно вертикальной оси определяю по формуле (3.2):

$$J_{y-y} = \frac{1^3 * 70}{12} = 5.83 \text{ см}^4$$

-накладки:

$$J_{y-y} = \frac{60^3 * 2.6}{12} = 46800 \text{ см}^4$$

Собственные моменты инерции остальных элементов:

- уголка 774 см^4

- рельса см. формулу (3.2);

- верхнего и нижнего пояса см. формулу (3.2);

- стенки см. формулу (3.2);

						Лист
						22
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Положение оси y_c - y_c определяю по формуле (3.6):

$$x_c = \frac{-156 * 57.5 + 31.4 * 195.2 + 70 * 200}{31.4 + 42 + 156 + 143 * 2 + 184 + 70} = 14.5 \text{ см}$$

Момент инерции сечения определяю по формуле (3.7):

$$J_{y-y}^{сеч} = (171.5 + 42 * 14.5^2) + (36048 + 143 * 14.5^2) * 2 + (61.3 + 184 * 14.5^2) + (774 + 31.4 * 180.7^2) + (5.83 + 70 * 185.5^2) + (46800 + 156 * 57.5^2) = 4177337.3 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления в горизонтальной плоскости определяю для того места, где образовывались трещины, т. е. до края нижнего пояса по формуле (3.8):

$$W_{y-y} = \frac{4177337.3}{42} = 99460 \text{ см}^3$$

						Лист
						23
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

3.2 Концевая балка

Концевая балка имеет коробчатое сечение. Для расчёта моментов инерции и момента сопротивления изгибу будем пользоваться теми же формулами.

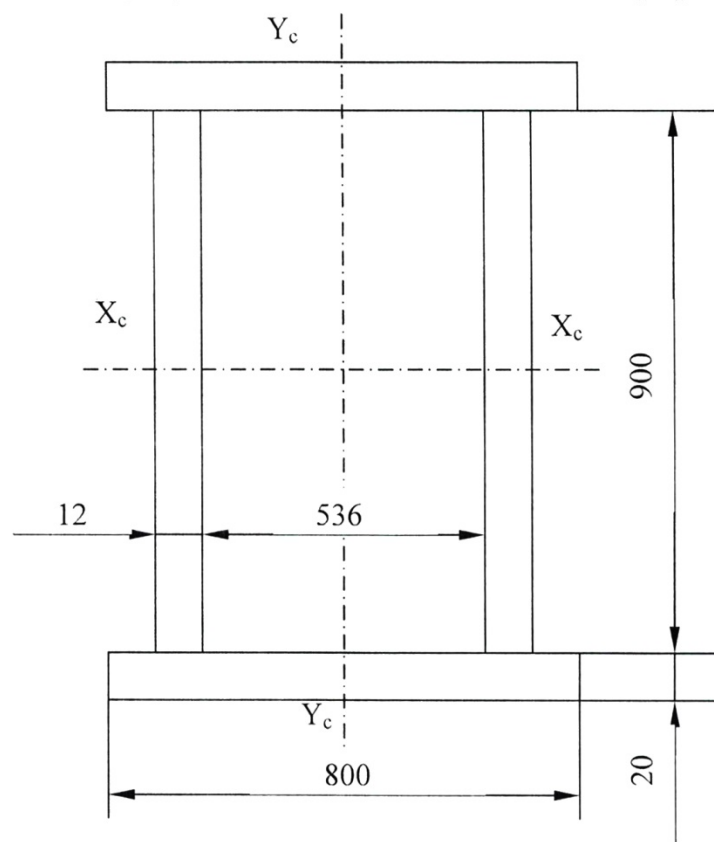


Рис. 6 - Поперечное сечение концевой балки.

Собственные моменты инерции сечения элементов относительно оси $x-x$ определим по формуле (3.2): пояс:

$$J_{x-x} = \frac{80 * 2^3}{12} = 53.3 \text{ см}^4$$

стенка:

$$J_{x-x} = \frac{1.2 * 90^3}{12} = 72900 \text{ см}^4$$

Площади поперечных сечений определяю по формуле (3.1):

пояс:

$$F_1 = 80 * 2 = 160 \text{ см}^2$$

стенка:

$$F_2 = 90 * 1.2 = 108 \text{ см}^2$$

						Лист
						24
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Момент инерции сечения относительно оси x-x определяю по формуле (6.4):

$$J_{x-x}^{сеч} = (53.3 + 160 * 46^2) * 2 + (72900 + 108 * 0^2) + (72900 + 108 * 0^2) = 823026.6 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления изгибу в вертикальной плоскости W_{x-x} (см^3) определим по формуле (3.5):

$$W_{x-x} = \frac{823026.6}{47} = 17511 \text{ см}^3$$

Т. к. сечение симметрично относительно оси y-y, то ось u_c-u_c совпадёт с осью y-y.

Собственные моменты инерции сечения элементов относительно оси u_c-u_c определим по формуле (3.2):

для поясов:

$$J_{y-y} = \frac{80^3 * 2}{12} = 85333.3 \text{ см}^4$$

для стенок:

$$J_{x-x} = \frac{1.2^3 * 90}{12} = 12.96 \text{ см}^4$$

Момент инерции сечения определяю по формуле (3.7):

$$J_{y-y}^{сеч} = (85333.3 + 160 * 0^2) * 2 + (12.69 + 108 * 27.42) * 2 = 332856.7 \text{ см}^4$$

Момент сопротивления W_{y-y} определяю по формуле (3.8):

$$W_{y-y} = \frac{332856.7}{40} = 8321.4 \text{ см}^3$$

Надбуксовая часть концевой балки.

Поперечное сечение представлено на рис. 7

									Лист
									25
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

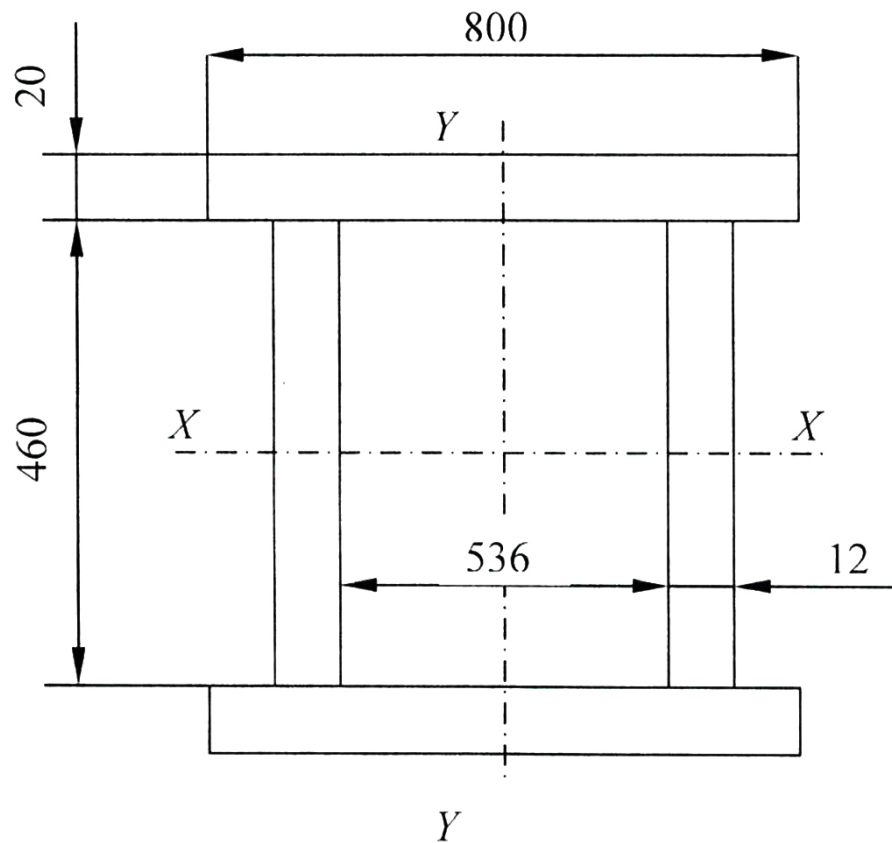


Рис. 7 - Поперечное сечение надбуксовой части концевой балки.

Площади поясов и стенок определяю по формуле (3.1):

$$F_1 = 80 * 2 = 160 \text{ см}^2$$

$$F^2 = 46 * 1.2 = 55.2 \text{ см}^2$$

Собственные моменты инерции относительно осей x и y элементов определяю по формуле (3.2):

пояса:

$$J_{x-x} = \frac{80 * 2^3}{12} = 53.3 \text{ см}^4$$

$$J_{y-y} = \frac{80^3 * 2}{12} = 85333.3 \text{ см}^4$$

стенки:

$$J_{x-x} = \frac{1.2 * 46^3}{12} = 9733.6 \text{ см}^4$$

$$J_{y-y} = \frac{1.2^3 * 46}{12} = 6.63 \text{ см}^4$$

Момент инерции сечения относительно оси x определяю по формуле (3.4):

$$J_x = 9733.6 * 2 + (53.3 + 160 * 24^2) = 203893,8 \text{ см}^4$$

						Лист
						26
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Относительно оси y по формуле (3.7):

$$J_y = 85333.3 * 2 + (6.63 + 55,2 * 2 * 7,4^2) * 2 = 253563.8 \text{ см}^4$$

Моменты сопротивления относительно осей x и y определяю по формулам (3.5), (3.8):

$$W_x = 203893.8 / 25 = 8155.8 \text{ см}^3$$

$$W_y = 253563.8 / 40 = 6339 \text{ см}^3$$

						Лист
						27
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

3.3 Определение распределённой нагрузки концевой и пролётной балки

Распределённую нагрузку концевой балки определим по следующей формуле:

$$q = m * g$$

где m - масса одного метра балки.

$$m = 2 * m_1 + 2 * m_2$$

где m_1 - масса 1 метра пояса;

m_2 — масса 1 метра стенки;

$$m_1 = 1 * 0,8 * 0,020 * 7800 = 124,8 \text{ кг}$$

$$m_2 = 1 * 0,9 * 0,012 * 7800 = 84,3 \text{ кг}$$

$$m = 2 * 124,8 + 2 * 84,3 = 418,2 \text{ кг}$$

$$q = 418,2 * 9,81 = 4102,6 \text{ Н/м}$$

Для пролётной балки по рис. 2 аналогично:

Масса 1 метра пояса

$$m_1 = 1 * 0,55 * 0,026 * 7800 = 117,95 \text{ кг}$$

Масса 1 метра стенки

$$m_2 = 1 * 2,09 * 0,02 * 7800 = 346,1 \text{ кг}$$

$$m = 2 * 117,95 + 346,1 = 582 \text{ кг}$$

$$q = 582 * 9,81 = 5710 \text{ Н/м}$$

Для пролётной балки по рис.3

Масса моста 56790 кг. вычтем массу 2-х концевых балок:

$$56790 - 2 * 418 * 7 = 50938 \text{ кг}$$

$$\text{Одна балка : } 50938 / 2 = 25469 \text{ кг}$$

$$\text{Один метр: } 25469 / 29,5 = 863,4 \text{ кг}$$

$$\text{Распределённая нагрузка: } 863,4 * 9,81 = 8470 \text{ Н/м}$$

						Лист
						28
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

4. Определение положения центра тяжести привода механизма передвижения.

Массы элементов привода:

масса двигателя: $m_{дв}=530$ кг [6]

масса редуктора: $m_p=740$ кг [5]

масса тормоза: $m_m=49$ кг [6]

масса муфт: $m_m=43$ кг, $m_{м1}=40$ кг [4]

Массу вала определим как массу цилиндра: $m_в=78$ кг

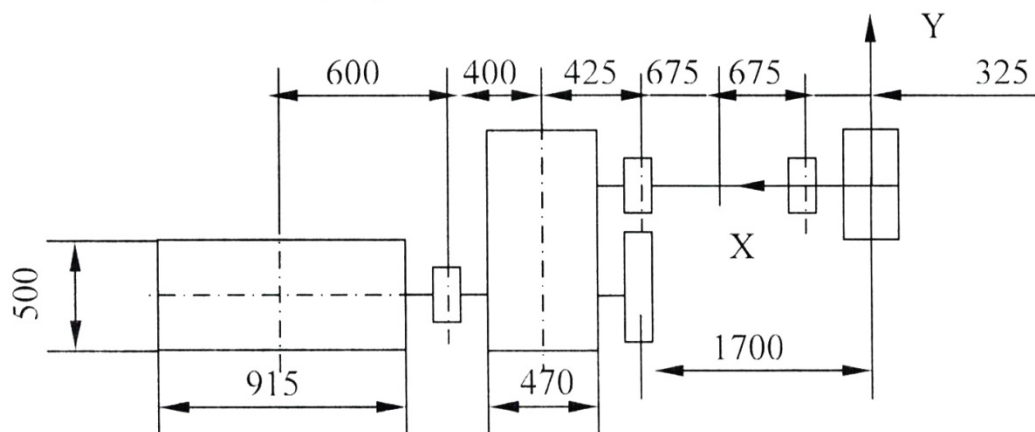


Рис.8 - Расчётная схема.

Координаты центра тяжести найдём по формуле [1. стр. 79]:

$$x_T = \frac{\sum G_i * x_i}{\sum G_i} = 8321.4 \text{ см}^3 \quad (4.1)$$

где G_i - вес отдельных сборочных единиц;

x_i - координата точек их приложения.

По формуле (4.1):

$$x_T = \frac{3100 * 5,2 + 2500 * 0,42 + 1700 * 0,48 + 2100 * 7,26 + 1675 * 0,39 + 5,2 + 0,42 + 0,48 + 7,26 + 0,39 + 1000 * 0,77 + 325 * 0,39}{5,2 + 0,42 + 0,48 + 7,26 + 0,39 + 0,77 + 0,39} = 2383 \text{ мм}$$

5. Расчёт динамических коэффициентов при подъёме груза.

Динамический коэффициент необходим для расчета вертикальных динамических нагрузок, возникающих при работе механизма подъема груза. Динамический коэффициент зависит от скорости подъема и вида электрического привода.

Расчётные массы грузов определяю в долях от номинальной грузоподъёмности:

$$0,25Q_{ном}, 0,5 Q_{ном}, 0,75 Q_{ном}, Q_{ном}.$$

$$m_{зpi} = m_{зp}\gamma + m_{под} \quad (5.1)$$

где $m_{зp}$ - масса груза i -ой группы грузов, кг;

γ - доля грузов от номинальной грузоподъёмности;

$m_{под}$ - масса крюковой подвески.

$$m_{зp1} = 75000 * 0,25 + 514 = 19264 \text{ кг}$$

$$m_{зp2} = 75000 * 0,5 + 3000 = 40500 \text{ кг}$$

$$m_{зp3} = 75000 * 0,75 + 3000 = 59250 \text{ кг}$$

$$m_{зp4} = 75000 * 1 + 3000 = 78000 \text{ кг}$$

Веса грузов $G_{зp}$:

$$G_{зp1} = 21750 * 9,81 = 188979,84 \text{ Н}$$

$$G_{зp2} = 40500 * 9,81 = 397305 \text{ Н}$$

$$G_{зp3} = 59250 * 9,81 = 581242,5 \text{ Н}$$

$$G_{зp4} = 78000 * 9,81 = 765180 \text{ Н}$$

Определяю массу привода механизма подъёма, приведённую к грузу:

$$m_1 = \frac{4 * J * U^2 \eta}{D_б^2} \quad (5.2)$$

где J - момент инерции вращающихся масс, приведённых к валу двигателя, кг*м²;

U - общее передаточное отношение механизма;

η - КПД механизма;

$D_б$ - диаметр барабана.

Момент инерции определяю по формуле [1. стр. 85]

$$J = J_1 * \gamma \quad (5.3)$$

						Лист
						30
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

где J_1 - момент инерции вращающихся масс, расположенных на первом валу механизма, кг*м²;

γ - коэффициент учёта вращающихся масс, расположенных на 2, 3 и последующих валах.

$$J_1 = J_{p\partial\delta} + J_M + J_{ми} \quad (5.4)$$

где $J_{p\partial\delta}$ - момент инерции ротора двигателя, кг*м²;

J_M - момент инерции муфты, кг*м²;

$J_{ми}$ - момент инерции тормозного шкива, кг*м².

$$J_{p\partial\delta} = 15 \text{ кг*м}^2 \text{ [6. стр. 186]}$$

$$J_M = 1,15 \text{ кг*м}^2 \text{ [2. стр. 306]}$$

$$J_{ми} = m_{ми} * r^2 * \zeta$$

где $m_{ми}$ - масса тормозного шкива, $m_{ми} = 53,4$ кг [6. стр. 403];

r^2 - радиус шкива, $r = 0,25$ м

ζ - коэффициент, учитывающий расплывчатость массы шкива, $\zeta = 0,6$ [1. стр. 85]

$$J_{ми} = 53,4 * 0,25^2 * 0,6 = 2 \text{ кг*м}^2$$

По формуле (8.4) и (8.3): $J_1 = 15 + 1,15 + 2 * 2 = 20,15 \text{ кг*м}^2$

$$J = 20,15 * 1,1 = 22,165 \text{ кг*м}^2$$

$$U = U_p * U_n \quad (5.5)$$

где U_p и U_n - передаточное отношение редуктора и полиспаста соответственно.

$$U_p = 54,75$$

$$U_n = 4, \text{ тогда } U = 54,75 * 4 = 219$$

КПД механизма:

$$\eta = \eta_{ред} * \eta_M * \eta_n \quad (5.6)$$

где $\eta_{ред}$ - КПД редуктора $\eta_{ред} = 0,94$ [1. табл. 2.20];

η_M - КПД муфты $\eta_M = 0,99$ [1. стр. 53];

					Лист
					31
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат	

η_n - кпд полиспаста $\eta_n=0,96$ [1. стр. 24].

$$\eta=0,94*0,99*0,96=0,89$$

По формуле (5.2):

$$m_1 = \frac{4 * 22,165 * 219^2 * 0,89}{0,9^2} = 4672194,8 \text{ кг}$$

Пусковая сила двигателя, приведённая к грузу определяется по формуле [1. стр. 201]:

$$P_{дв} = \frac{2 * T_{ср.н} * U * \eta}{Д} \quad (5.7)$$

где $T_{ср.н}$ - среднепусковой момент двигателя, Н/м

$$T_{ср.н} = T_{дв.н} * \psi_{ср.н} \quad (5.8)$$

где $T_{дв.н}$ - номинальный момент двигателя, Н/м

$\psi_{ср.н}$ - кратность среднепускового момента $\psi_{ср.н}=2,1$ [6. стр. 187]

$$T_{дв.н} = \frac{N_n}{\omega_{дв}} \quad (5.9)$$

где N_n - номинальная мощность двигателя, Вт ($N_n = 160000$ Вт)

$\omega_{дв}$ - угловая скорость двигателя, 1/с.

$$\omega_{дв} = \frac{\pi * n}{30} \quad (5.10)$$

где n - угловая скорость двигателя в об/мин

По формулам (5.8), (5.9), (5.10):

$$\omega_{дв} = \frac{3,14 * 587}{30} = 61,47 \frac{1}{с}$$

$$T_{дв} = \frac{160000}{61,47} = 2603 \text{ Нм}$$

$$T_{ср.н} = 2603 * 2,1 = 5466,3 \text{ Нм}$$

Пусковая сила двигателя по формуле (5.7):

$$P_{дв} = \frac{2 * 5466,3 * 219 * 0,89}{0,9} = 2367636,8 \text{ Н}$$

						Лист
						32
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Отношение массы груза к массе привода:

$$\gamma_m = \frac{m_{гр}}{m_1}$$

Для груза $0,75 Q_{ном}$: $\gamma_m = \frac{59250}{m_1 4672194,8} = 0,013$

Отношение веса груза к пусковой силе двигателя:

$$\gamma_p = \frac{G_{гр}}{P_{дв}}$$

Для $0,75 Q_{ном}$:

$$\gamma_p = \frac{581242,5}{2367636,8} = 0,245$$

По [1. рис. 6.2] для $\gamma_m=0,013$ и $\gamma_p=0,245$ определяю коэффициент динамичности $\psi_Q=1,17$

Для других грузов коэффициент динамичности определяю аналогично. Для груза массой $0,25Q_{ном}$ коэффициент динамичности принимаю по [3. с. 68] для грейферного крана, т. к. по этой группе грузов кран работает в основном с грейфером. Полученные коэффициенты представлены в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Значения коэффициента динамичности при подъёме груза.

Группа грузов Параметр	$0,25Q_{ном}$	$0,5Q_{ном}$	$0,75Q_{ном}$	$Q_{ном}$
$m_1, кг$	---	4672194,8		
$P_{дв}, Н$	---	2367636,8		
γ_m	---	0,009	0,013	0,017
γ_p	---	0,168	0,250	0,320
Коэф-т динамичности ψ_q	1,4	1,23	1,17	1,11

Рассчитать коэффициент динамичности мы можем произвести расчет вертикальных динамических нагрузок при подъеме груза.

						Лист
						34
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

6. Вертикальные нагрузки при подъёме груза.

Рассчитаем сечения, где возникали трещины и середину моста, как опасное сечение, т. к. изгибающий момент там максимален.

Расчёт сечений, где возникали трещины (места стыков концевой и пролётной балок).

Груз, массой $0,75Q_{ном}$ кран поднимает при работе с ковшем с металлом по следующей схеме:

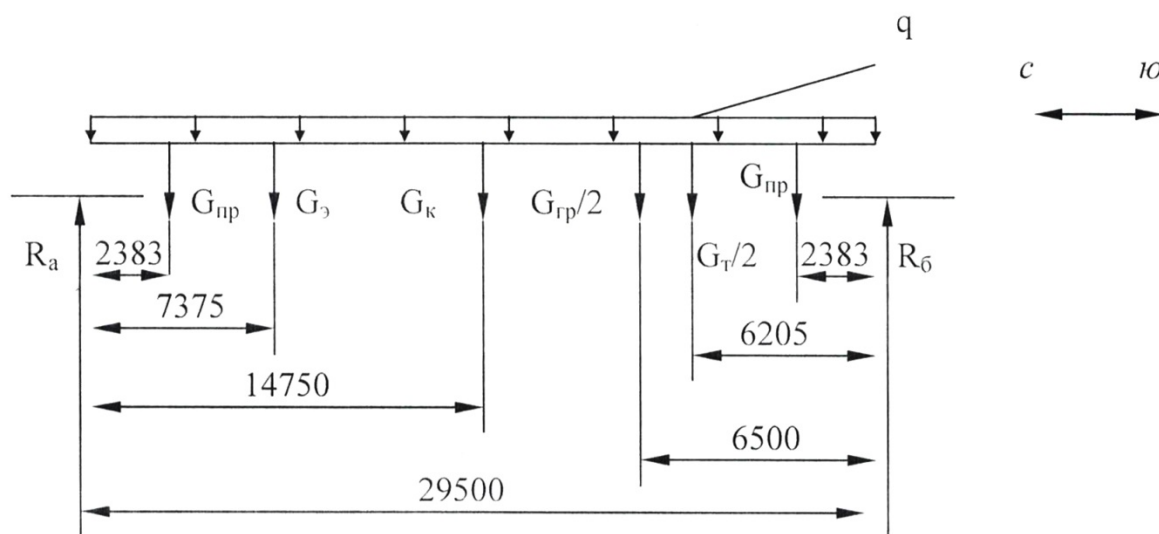


Рис.9 - Расчётная схема.

где $G_{пр}$ — вес привода механизма передвижения, ($G_{пр} = 14911,2 \text{ Н}$);

$G_э$ — вес электрооборудования, ($G_э = 5000 \text{ Н}$);

$G_{гр}$ — вес груза, ($G_{гр} = 581242,5 \text{ Н}$);

$G_к$ — вес кабины, ($G_к = 10000 \text{ Н}$);

$G_т$ — вес тележки, ($G_т = 263643,75 \text{ Н}$);

q — распределённая нагрузка балки и рельса, ($q = 5710 \text{ Н/м}$).

Реакции опор определим по следующим формулам:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 23,295 - G_к * 14,75 - \frac{G_{гр}}{2} * 23 * \Psi_Q - G_{пр} * 2,383 - G_{пр} * 27,117 - \frac{gL^2}{2} - G_э * 7,375 = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

						Лист
						35
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$-R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 + \frac{G_{\text{Т}}}{2} * 6,205 + \frac{G_{\text{ГР}}}{2} * 6,5 * \Psi_Q + G_K * 14,75 + G_{\text{ПР}} * 2,383 + \frac{gL^2}{2} + G_{\text{Э}} * 22,125 = 0 \quad (6.1)$$

где Ψ_Q — динамический коэффициент при подъёме груза. Остальные обозначения см. рис. 9

При грузе, равном 0, $75Q_{\text{ном}}$ по формуле (6.1) ($\Psi_Q = 1,17$, см. таблицу 8.1):

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 23,295 - 10000 * 14,75 - \frac{581242,5}{2} * 23 * 1,17 - 14911,2 * 2,383 - 14911,2 * 27,117 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} - 50000 * 7,375 = 0$$

$$R_B = 474,6 \text{ кН}$$

Аналогично находим R_A :

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + \frac{263643,75}{2} * 6,205 + \frac{581242,5}{2} * 6,5 * 1,17 + 10000 * 14,75 + 14911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} + 5000 * 22,125 = 0$$

$$R_A = 210,5 \text{ кН}$$

Определим максимальный момент, действующий в месте стыка концевой и пролётной балок по формулам:

$$M_A = R_A x - \frac{qx^2}{2} \quad (6.2)$$

$$M_B = R_B x - \frac{qx^2}{2}$$

где x — расстояние от опоры до рассчитываемого сечения.

R_A , R_B — реакции опор (см. формулы (6.1))

q — распределённая нагрузка, (см. п.3.3).

В данном случае, расстояние x равно половине ширины пояса концевой балки, т.к. трещины образовывались именно в месте сопряжения концевой и пролётной балок.

Поэтому $x = 0,4$ м (см. рис.6).

Следовательно моменты по формулам (6,2) равны:

$$M_A = 210,5 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 83,8 \text{ кНм}$$

$$M_B = 474,6 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 189,4 \text{ кНм}$$

						Лист
						36
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Напряжения определим по формуле:

$$\sigma = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{x-x}} \quad (6.3)$$

где $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент в расчётном сечении, кНм (см. формулу 6.2)

W_{x-x} – момент сопротивления изгибу в вертикальной плоскости, м^3 (см. п.3.1 рис. 4)

$$\sigma_A = \frac{83800}{0,016526} = 5,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = \frac{189400}{0,016526} = 11,5 \text{ Мпа}$$

Определяю напряжения от срезающей силы, действующей в местах стыков концевой и пролётной балок.

Срезающую силу определяю по формуле:

Сечение у опоры А:

$$Q_A = R_A - qx,$$

сечение у опоры В:

$$Q_B = R_B - qx, \quad (6.4)$$

где R_A и R_B – реакции опор, см. формулу (6.1), кН

q – распределённая нагрузка, кНм

x – расстояние от опоры до рассчитываемого сечения, $x = 0,4$ м

$$Q_A = 210,5 - 5,71 * 0,4 = 208,2 \text{ кН}$$

$$Q_B = 474,6 - 5,71 * 0,4 = 472,3 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определим по формуле [1. стр.136]:

$$\tau = \frac{Q}{h\delta} \quad (6.5)$$

где Q – срезающая сила, см. формулу (6.4), кН

h , δ - высота и толщина стенки в опорном сечении балки, м (п.3.1 рис.4)

$$\tau_A = \frac{208200}{0,02*0,92} = 11,3 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = \frac{472300}{0,02*0,92} = 25,7 \text{ МПа}$$

В сечении у опоры В нагрузка будет максимальна, когда тележка находится как можно ближе к этой опоре, а минимальна, когда тележка стоит с противоположной стороны пролёта и без груза. А для сечения у опоры А наоборот. По-

						Лист
						37
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

этому определим изгибающий момент для того же положения тележки, но без груза.

Реакции опор определим по формуле (6.1):

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 23,295 - 10000 * 14,75 - 14911,2 * 2,383 - 14911,2$$
$$**27,117 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} - 5000 * 7,375 = 0$$
$$- R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + \frac{263643,75}{2} * 6,205 + 10000 * 14,75 + 14911,2$$
$$**2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} + 5000 * 22,125 = 0$$

$$R_A = 135,6 \text{ кН}$$

$$R_B = 209,5 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты определим по формулам (6.2):

$$M_A = 135,6 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 53,8 \text{ кНм}$$

$$M_B = 209,5 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 83,4 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3):

$$\sigma_A = \frac{53800}{0,016526} = 3,26 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = \frac{83400}{0,016526} = 5,1 \text{ МПа}$$

срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 135,6 - 5,71 * 0,4 = 133,3 \text{ кН}$$

$$Q_B = 209,5 - 5,71 * 0,4 = 207,2 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{133300}{0,02 * 0,92} = 7,3 \text{ Мпа}$$

$$\tau_B = \frac{207200}{0,02 * 0,92} = 11,3 \text{ Мпа}$$

Опускание груза массой $0,75 Q_{\text{ном}}$ (ковша с металлом) происходит по следующей схеме:

						Лист
						38
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

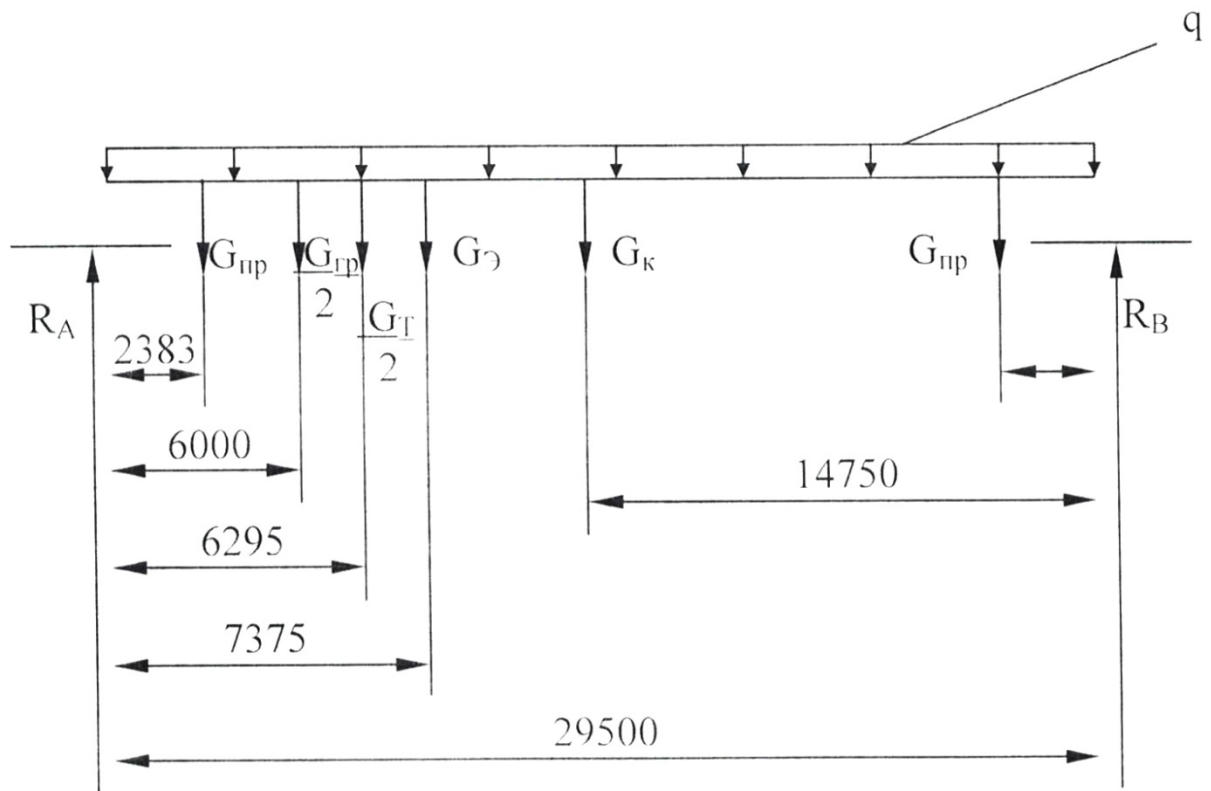


Рис.10 - Расчётная схема.

где все обозначения такие же, как на рис.9

Определим реакции опор по формулам:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 6,295 - G_K * 14,75 - \frac{G_{ПР}}{2} * 6 * \Psi_Q - G_{ПР} * 2,383 - G_{ПР} * 27,117 - \frac{qL^2}{2} -$$

$$G_Э * 7,375 = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{ПР} * 27,117 + \frac{G_T}{2} * 23,205 + \frac{G_{ПР}}{2} * 23,5 * \Psi_Q + G_K * 14,75 +$$

$$G_{ПР} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} + G_Э * 22,125 = 0 \quad (6.6)$$

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 6,295 - 10000 * 14,75 - \frac{581242,5}{2} * 6 * 1,17 - 14911,2 * 2,383 -$$

$$14911,2 * 27,117 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} - 5000 * 7,375 = 0$$

$$R_B = 202,7 \text{ кН}$$

Аналогично находим R_A :

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + \frac{263643,75}{2} * 23,205 + \frac{581242,5}{2} * 23,5 * 1,17 +$$

$$+ 10000 * 14,75 + 14911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} + 5000 * 22,125 = 0$$

						Лист
						39
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$R_A = 482,5 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты определим по формулам (6.2):

$$5,71 * 0,42$$

$$M_A = 482,5 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 192,5 \text{ кНм}$$

$$M_B = 202,7 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 80,6 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3)

$$\sigma_A = 192500 / 0,016526 = 11,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = 80600 / 0,016526 = 4,9 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 482,5 - 5,71 * 0,4 = 480,2 \text{ кН}$$

$$Q_B = 202,7 - 5,71 * 0,4 = 200,4 \text{ кН}$$

Напряжения определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{480200}{0,02 * 0,092} = 26,1 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = \frac{202700}{0,02 * 0,092} = 11 \text{ МПа}$$

Для этого же положения определим реакции опор, когда тележка без груза:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 6,295 - G_K * 14,75 - G_{ПР} * 2,383 - G_{ПР} * 27,117 - \frac{qL^2}{2} - G_{\text{Э}} * 7,375 = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{ПР} * 27,117 + \frac{G_T}{2} * 23,205 + G_K * 14,75 + G_{ПР} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} + G_{\text{Э}} * 22,125 = 0 \quad (6.7)$$

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 6,295 - 10000 * 14,75 - 14911,2 * 2,383 - 14911,2 * 27,117 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} - 5000 * 7,375 = 0$$

$$R_B = 133,5 \text{ кН}$$

Аналогично находим R_A :

						Лист
						40
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + \frac{263643,75}{2} * 23,205 + 10000 * 14,75 + 149112,2 * 2,383 + \frac{8470 * 29,5^2}{2} + 5000 * 22,125 = 0$$

$$R_A = 211,6 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты определим по формулам (6.2):

$$M_A = 211,6 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 84,2 \text{ кНм}$$

$$M_B = 133,5 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 53 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 84200 / 0,016526 = 5,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = 53000 / 0,016526 = 3,2 \text{ Мпа}$$

Срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 211,6 - 5,71 * 0,4 = 209,3 \text{ кН}$$

$$Q_B = 133,5 - 5,71 * 0,4 = 131,2 \text{ кН}$$

Напряжения определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{209300}{0,02 * 0,92} = 11,4 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = \frac{131200}{0,02 * 0,92} = 7,2 \text{ МПа}$$

Т.к. в середине моста возникают наибольшие изгибающие напряжения, то рассчитаем это опасное сечение при подъёме и передвижении крана с тележкой и грузом по середине пролёта.

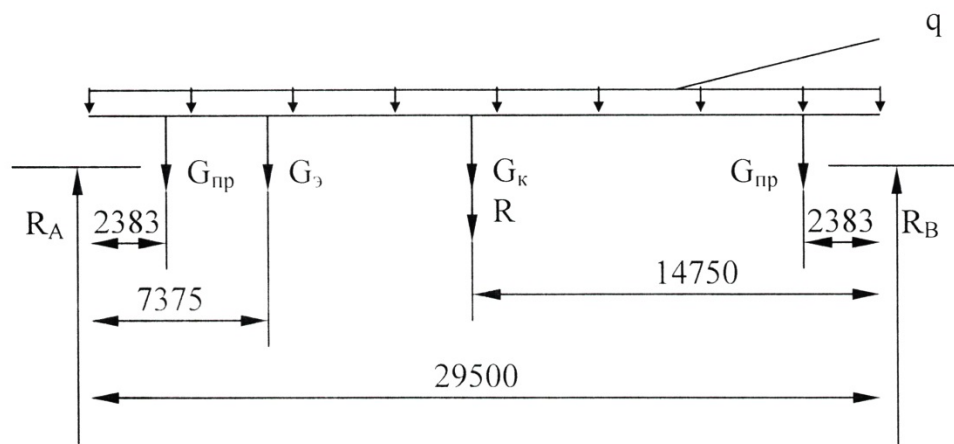


Рис.11 - Расчётная схема.

Обозначения такие же, как на рис.9

R – равнодействующая от веса груза и веса тележки:

						Лист
						41
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$R = G_T / 2 + (G_{sp} / 2) * \psi = 263643,75 / 2 + (581242,5 / 2) * 1,17 = 471848,7 \text{ Н}$$

Реакции опор определим по следующим формулам:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - R * 14,75 - G_K * 14,75 - G_{ПР} * 2,383 - G_{ПР} * 27,117 - \frac{qL^2}{2} - G_{Э} * 7,375 =$$

0

$$\sum M_B = 0$$

$$- R_A * 29,5 + G_{ПР} * 27,117 + R * 14,75 + G_K * 14,75 + G_{ПР} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} G_{Э} * 22,125 = 0 \quad (6.8)$$

$$R_B * 29,5 - 471848,7 * 14,75 - 10000 * 14,75 - 14911,2 * 2,383 - 14911,2 * 27,117 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} - 5000 * 7,375 = 0$$

$$- R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + 471848,7 * 14,75 + 10000 * 14,75 + 14911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} + 5000 * 22,125 = 0$$

$$R_A = 343,8 \text{ кН}$$

$$R_B = 341,3 \text{ кН}$$

Максимальный изгибающий момент определим по формуле:

$$M = R_A x - G_{ПР} (x - 2,383) - G_{Э} (x - 7,375) - \frac{qx^2}{2} \quad (6.9)$$

где x – расстояние от опоры до середины пролёта, $x = 14,75$ м

$G_{ПР}$, $G_{Э}$ – вес привода механизма передвижения и вес электрооборудования, (см. Обозначения к рис. 9).

$$M = 343,8 * 14,75 - 14911,2 * (14,75 - 2,383) - 5000 * (14,75 - 7,375) - \frac{5710 * 14,75^2}{2} = 4228,6 \text{ кНм}$$

Напряжения определяю по формуле (6.3):

$$\sigma = 4228600 / 0,0459284 = 92,1 \text{ МПа}$$

Момент сопротивления см. п. 3.1 формула 3.5

Минимальные напряжения в среднем сечении действуют тогда, когда тележка находится у края пролёта и без груза.

Расчётная схема представлена на рис. 12

Реакции опор определяю по формулам:

						Лист
						42
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

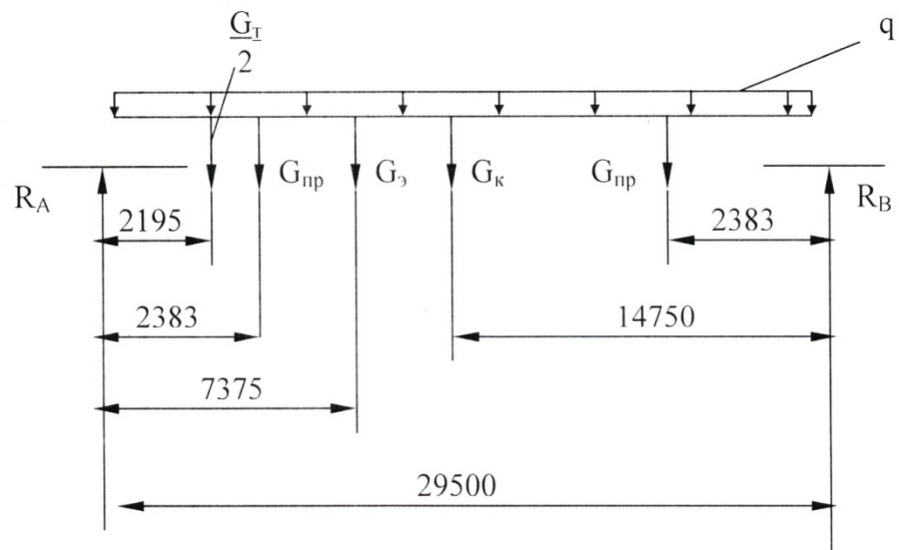


Рис. 12 - Расчётная схема

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 2,195 - G_K * 14,75 - G_{PP} * 2,383 - \\ - G_{PP} * 27,117 - \frac{qL^2}{2} - G_3 * 7,375 = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{PP} * 27,117 + \frac{G_T}{2} * 27,305 + G_K * 14,75 + G_{PP} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} + G_3 * \\ * 22,125 = 0 \quad (6.10)$$

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 2,195 - 10000 * 14,75 - 14911,2 * 2,383 - 14911,2 * 27,117 - \\ - \frac{5710 * 29,5^2}{2} - 5000 * 7,375 = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + \frac{263643,75}{2} * 27,305 + 10000 * 14,75 + 14911,2 * \\ * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} + 5000 * 22,125 = 0$$

$$R_A = 230 \text{ кН}$$

$$R_B = 115,2 \text{ кН}$$

Изгибающий момент в среднем сечении определим по формуле:

$$M = R_B x - G_{PP}(x - 2,383) - \frac{qx^2}{2} \quad (6.11)$$

						Лист
						43
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$M = 115,2 * 14,75 - 14911,2 * (14,75 - 2,383) - \frac{5710 * 14,75^2}{2} = 893,6 \text{ кНм}$$

Напряжения в среднем сечении определим по формуле (6.3):

$$\sigma = 893600 / 0,0459284 = 19,5 \text{ МПа}$$

Результаты определения вертикальных нагрузок приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 - Вертикальные нагрузки пролётных балок при подъёме груза массой $0,75Q_{\text{НОМ}}$

Подожжение тележки Параметры	У южной стороны		У северной стороны		В середине пролёта	У края пролёта
	С грузом	Без груза	С грузом	Без груза		
R_A , кН	210,5	135,6	482,6	211,6	343,8	230
R , кН	474,6	209,5	202,7	133,5	341,3	115,2
M_A , кНм	83,8	53,8	192,5	84,2	$M =$ 4228,6	$M =$ 893,6
M_B , кНм	189,4	83,4	80,6	53		
σ_A , МПа	5	3,26	11,7	5,1	$\sigma =$ 92,1	$\sigma =$ 19,5
σ_B , МПа	11,5	5,1	4,9	3,26		
Q_A , кН	208,2	133,3	480,2	209,3	---	---
Q_B , кН	472,3	207,2	200,4	131,2		
τ_A , МПа	11,3	7,3	26,1	11,4	---	---
τ_B , МПа	25,7	11,3	10,9	7,3		

Для груза массой $0,5Q_{\text{НОМ}}$ схемы и расчёты аналогичны приведённым выше.

Результаты расчётов предоставлены в таблице 6.2

Таблица 6.2 - Вертикальные нагрузки пролётных балок при подъёме груза массой $0,5Q_{НОМ}$

Подожжение тележки Параметры	У южной стороны		У северной стороны		В середине пролёта	У края пролёта
	С грузом	Без груза	С грузом	Без груза		
$RA, \text{кН}$	187	135,6	406,2	211,6	296	230
$RB, \text{кН}$	400	209,5	183,2	133,5	293,5	115,2
$MA, \text{кНм}$	74,4	53,8	162	84,2	$M = 3523,6$	$M = 893,6$
$MB, \text{кНм}$	159,6	83,4	72,8	53		
$\sigma_A, \text{МПа}$	4,5	3,26	9,8	5,1	$\sigma = 76,7$	$\sigma = 19,5$
$\sigma_B, \text{МПа}$	9,7	5,1	4,4	3,2		
$QA, \text{кН}$	184,7	133,3	403,9	209,3	---	---
$QB, \text{кН}$	397,7	207,2	180,9	131,2		
$\tau_A, \text{МПа}$	10	7,3	22	11,4	---	---
$\tau_B, \text{МПа}$	21,6	11,3	9,8	7,1		

При работе с грузом массой $0,25Q_{НОМ}$ расчётная схема следующая:

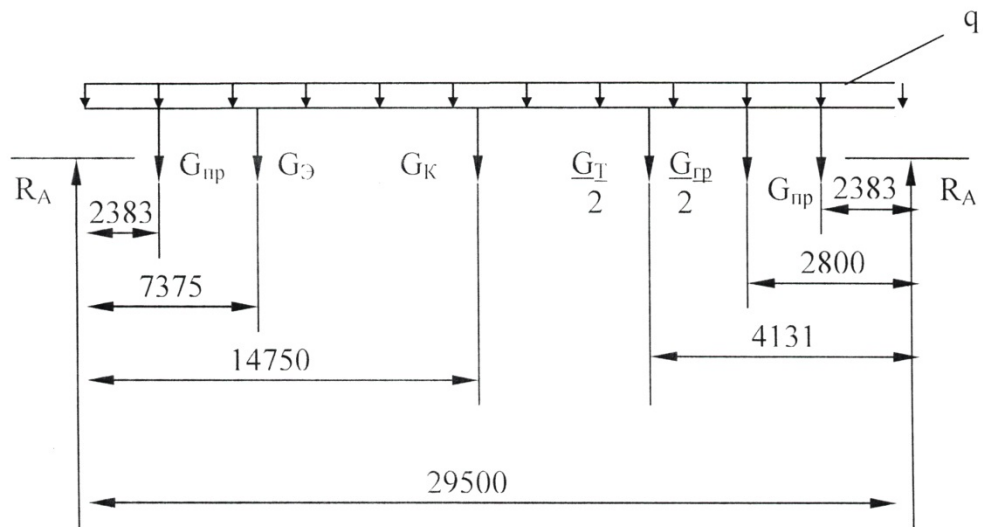


Рис. 13 - Расчётная схема

Обозначения такие же, как на рис.9

Реакции опор определим по формулам:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - G_{ПР} * 27,117 - \frac{G_{ТР}}{2} * 26,7 * \psi - \frac{G_T}{2} * 25,369 - G_K * 14,75 - G_{Э} * 7,375 - G_{ПР} * 2,383 - \frac{qL^2}{2} = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{ПР} * 27,117 + G_{Э} * 22,125 + G_K * 14,75 + \frac{G_T}{2} * 4,131 + \frac{G_{ТР}}{2} * 2,8 * \psi + G_{ПР} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} = 0 \quad (6.12)$$

$$R_B * 29,5 - 14911,2 * 27,117 - \frac{188979,84}{2} * 26,7 * 1,4 - \frac{263643,75}{2} * 25,369 - 10000 * 14,75 - 5000 * 7,375 - 14911,2 * 2,383 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + 5000 * 22,125 + 10000 * 14,75 + \frac{263643,75}{2} * 4,131 + \frac{188979,84}{2} * 2,8 * 1,4 + 14911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} = 0$$

$$R_A = 138,9 \text{ кН}$$

$$R_B = 338,5 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты определяю по формулам (6.2):

$$M_A = 138,9 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 55,1 \text{ кНм}$$

					Лист
					46
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат	

$$M_B = 338,5 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 135 \text{ кНм}$$

Напряжения в данных сечениях определяю по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 55100 / 0,016526 = 3,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = 135000 / 0,016526 = 8,2 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определим по формуле (6.4):

$$Q_A = 138,9 - 5,71 * 0,4 = 136,6 \text{ кН}$$

$$Q_B = 388,5 - 5,71 * 0,4 = 386,2 \text{ кН}$$

Напряжения определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{136600}{0,02 * 0,92} = 7,4 \text{ Мпа}$$

$$\tau_B = \frac{386200}{0,02 * 0,92} = 21 \text{ МПа}$$

При положении тележки без груза реакции опор определяю по формулам (6.12):

$$R_B * 29,5 - 14911,2 * 27,117 - \frac{263643,75}{2} * 25,369 - 10000 * 14,75 - 5000 * 7,375 - \\ - 14911,2 * 2,383 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} = 0$$

$$- R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + 5000 * 22,125 + 10000 * 14,75 + \frac{263643,75}{2} * \\ * 4,131 + 16911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} = 0$$

$$R_A = 126,4 \text{ кН}$$

$$R_B = 218,8 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты определяю по формулам (6.2):

$$M_A = 126,4 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 50,1 \text{ кНм}$$

$$M_B = 218,8 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 87,1 \text{ кНм}$$

Напряжения в данных сечениях определяю по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 50100 / 0,016526 = 3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = 87100 / 0,016526 = 5,3 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определим по формуле (6.4):

						Лист
						47
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$Q_A = 126,4 - 5,71 * 0,4 = 124,1 \text{ кН}$$

$$Q_B = 218,8 - 5,71 * 0,4 = 216,5 \text{ кН}$$

Напряжения определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{124100}{0,02 * 0,92} = 6,8 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = \frac{216500}{0,02 * 0,92} = 11,8 \text{ МПа}$$

Тележка у северной стороны.

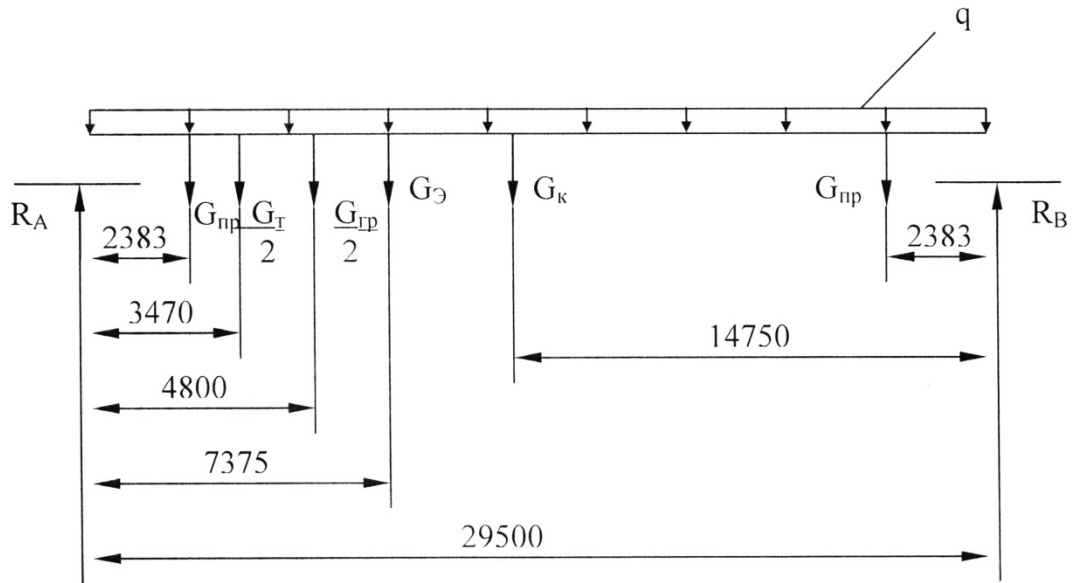


Рис.14 - Расчётная схема

Реакции опор определим по формулам:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - G_{ПП} * 27,117 - \frac{G_{ТП}}{2} * 4,8 * \psi - \frac{G_T}{2} * 3,47 - G_K * 14,75 - G_{Э} * 7,375 - G_{ПП} * 2,383 - \frac{qL^2}{2} = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{ПП} * 27,117 + G_{Э} * 22,125 + G_K * 14,75 + \frac{G_T}{2} * 26,03 + \frac{G_{ТП}}{2} * 24,7 * \psi + G_{ПП} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} = 0 \quad (6.13)$$

$$R_B * 29,5 - 14911,2 * 27,117 - \frac{188979,84}{2} * 4,8 * 1,4 - \frac{263643,75}{2} * 3,47 - 10000 * 14,75 - 5000 * 7,375 - 14911,2 * 2,383 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} = 0$$

						Лист
						48
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$- R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + 5000 * 22,125 + 10000 * 14,75 + \frac{263643,75}{2} * 26,03 + \frac{188979,84}{2} * 24,7 * 1,4 + 14911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} = 0$$

$$R_A = 335 \text{ кН}$$

$$R_B = 142,4 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты определяю по формулам (6.2):

$$M_A = 335 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 133,6 \text{ кНм}$$

$$M_B = 142,4 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 56,5 \text{ кНм}$$

Напряжения в данных сечениях определяю по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 133600 / 0,016526 = 8,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = 56500 / 0,016526 = 3,4 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определим по формуле (6.4):

$$Q_A = 335 - 5,71 * 0,4 = 332,7 \text{ кН}$$

$$Q_B = 142,4 - 5,71 * 0,4 = 140,1 \text{ кН}$$

Напряжения определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{332700}{0,02 * 0,92} = 18,1 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = \frac{140100}{0,02 * 0,92} = 7,6 \text{ МПа}$$

По аналогичным формулам определим напряжения, когда тележка без груза:

$$R_A = 224,2 \text{ кН}$$

$$R_B = 122 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты: $M_A = 89,2 \text{ кНм}$; $M_B = 48,4 \text{ кНм}$

Напряжения: $\sigma_A = 5,4 \text{ МПа}$; $\sigma_B = 2,9 \text{ МПа}$

Результаты расчётов представлены в таблице 6.3

Нагрузки в среднем сечении определяю аналогично определённым ранее для груза $0,75Q_{НОМ}$

						Лист
						49
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Таблица 6.3 - Вертикальные нагрузки пролётных балок при подъёме груза массой $0,25Q_{НОМ}$

Подожжение тележки Параметры	У южной стороны		У северной стороны		В середине пролёта	У края пролёта
	С грузом	Без груза	С грузом	Без груза		
$R_A, \text{кН}$	138,9	126,4	335	224,2	240	230
$R_B, \text{кН}$	338,5	218,8	142,4	122	237,4	115,2
$M_A, \text{кНм}$	55,1	50,1	133,6	89,2	$M = 2697,6$	$M = 893,6$
$M_B, \text{кНм}$	135	87,1	56,5	48,4		
$\sigma_A, \text{МПа}$	3,3	3	8,1	5,4	$\sigma = 58,7$	$\sigma = 19,5$
$\sigma_B, \text{МПа}$	8,2	5,3	3,4	2,9		
$Q_A, \text{кН}$	136,6	124,1	332,7	221,9	---	---
$Q_B, \text{кН}$	336,2	216,5	140,1	119,7		
$\tau_A, \text{МПа}$	7,4	6,8	18,1	12,1	---	---
$\tau_B, \text{МПа}$	18,3	11,8	7,6	6,5		

Рассчитав вертикальные динамические нагрузки при подъёме груза мы можем учесть действительные условия работы элементов металлоконструкции и степень воздействия каждой из действующих нагрузок, а также лучше учитывать механические свойства материала.

7. Вертикальные динамические нагрузки при передвижении крана.

7.1 Расчёт коэффициента толчков

Вертикальные динамические нагрузки возникают при передвижении крана из-за того, что на неровностях и стыках рельсов имеют место удары. Эти нагрузки учитываются введением в расчёт коэффициента толчков ψ_T , который рекомендуется определять по выражению [1. стр. 118]:

$$\psi_T = 1 + h_c a \xi, \quad (7.1.1)$$

где h_c – высота ступеньки стыка рельсов, мм;

a – коэффициент принимаемый по графикам [1. рис. 6.3] в зависимости от скорости движения крана v_k , м/с и парциальной частоты колебаний моста ω_M , 1/с.

ξ – коэффициент, зависящий от схемы крана и вида нагрузки [1. стр. 118].

$$\xi = \frac{B_K + L_T}{2B_K} \quad (7.1.2)$$

где B_K – база крана;

L_T – колея тележки.

По формуле (7.2):

$$\xi = \frac{6,25 + 3,55}{2 * 6,25} = 0,784$$

Парциальная частота собственных поперечных колебаний моста [1. стр. 118]

$$\omega_M = \sqrt{\frac{C_M}{m_M}} \quad (7.1.3)$$

где C_M – коэффициент жёсткости моста, кН/м

Коэффициент жёсткости моста определим по формуле [1. стр. 119]:

$$C_M \geq \frac{G_{Q.H} + G_{T.H}}{[f_L] * L} \quad (7.1.4)$$

где $G_{Q.H}$ и $G_{T.H}$ – соответственно номинальные веса груза и тележки, кН

L – пролёт крана, м

$[f_L]$ – предельный относительный прогиб моста, принимаемый в соответствии с ГОСТ 24.090.72-83

$$[f_L] = 1/800 \text{ [1. табл.6.16]}$$

						Лист
						51
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

По формуле (9.4):

$$C_M = \frac{581,3 + 263,64}{29,5 * \frac{1}{800}} = 22913,6 \text{ кН/м}$$

Приведённую массу моста определим по формуле [1. стр. 119]:

$$m_M = \frac{1}{g}(0,5 * G_{ПМ} + G_T) \quad (7.1.5)$$

где $G_{ПМ}$, G_T – соответственно вес пролётной части моста и тележки;
 g – ускорение свободного падения.

По формуле (7.1.5):

$$m_M = \frac{1}{9,8}(0,5 * 557,1 + 263,64) = 55,27 \text{ т}$$

Тогда парциальную частоту определяю по формуле (7.1.3):

$$\omega_M = \sqrt{\frac{22913,6}{55,27}} = 20,36 \frac{1}{\text{с}}$$

При скорости крана 1,3 м/с и парциальной частоте 20,36 1/с по [1. рис. 6.3]:

$$a=0,21$$

Т.к. данный кран имеет балансирные ходовые тележки, то дробную часть ψ_T следует уменьшить на 50% [1.стр.118]:

$$\psi_T = 1 + 3 * 0,21 * 0,392 = 1,025$$

Для тележки дробную часть следует уменьшить в два раза, а для груза – в четыре раза [1.стр.118]

$$\psi_T = 1,0125 \text{ – для тележки}$$

$$\psi_T = 1,00625 \text{ – для груза}$$

Зная коэффициент толчков возможен расчет вертикальных динамических нагрузок при движении крана.

						Лист
						52
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

7.2 Расчет вертикальных нагрузок при перемещении крана.

Расчётные схемы те же самые, что и при подъёме грузов

(см.рис.9,10,11,12,13,14)

Определяю вертикальные нагрузки при передвижении крана с учётом коэффициентов толчков для крана, тележки и груза:

Для $0,75Q_{НОМ}$ по рис.9

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 23,295 * 1,0125 - G_K * 14,75 * 1,025 - \frac{G_{TP}}{2} * 23 * 1,00625 - G_{ПР} * 2,383 * 1,025 - G_{ПР} * 27,117 * 1,025 - \frac{qL^2}{2} * 1,025 - G_{Э} * 7,375 * 1,025 = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{ПР} * 27,117 * 1,025 + \frac{G_T}{2} * 6,205 * 1,0125 + \frac{G_{TP}}{2} * 6,5 * 1,00625 + G_K * 14,75 * 1,025 + G_{ПР} * 2,383 * 1,025 + \frac{qL^2}{2} * 1,025 + G_{Э} * 22,125 * 1,025 = 0$$

(7.2.1)

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 23,295 * 1,0125 - 10000 * 14,75 * 1,025 - \frac{581242,5}{2} * 23 * 1,00625 - 14911,2 * 2,383 * 1,025 - 14911,2 * 27,117 * 1,025 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025 - 1,025 - 5000 * 7,375 * 1,025 = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 * 1,025 + \frac{263643,75}{2} * 6,205 * 1,0125 + \frac{581242,5}{2} * 6,5 * 1,00625 + 10000 * 14,75 * 1,025 + 14911,2 * 2,383 * 1,025 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025 + 5000 * 22,125 * 1,025 = 0$$

$$R_A = 203,1 \text{ кН}$$

$$R_B = 441,4 \text{ кН}$$

Изгибающие моменты определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 203,1 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 80,8 \text{ кНм}$$

$$M_B = 441,4 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 176,1 \text{ кНм}$$

						Лист
						53
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Напряжения в данных сечениях определяю по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 80800 / 0,016526 = 4,9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = 176100 / 0,016526 = 10,7 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определим по формуле (10.1.4):

$$Q_A = 203,1 - 5,71 * 0,4 = 200,8 \text{ кН}$$

$$Q_B = 441,4 - 5,71 * 0,4 = 439,1 \text{ кН}$$

Напряжения определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{200800}{0,02 * 0,92} = 10,9 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = \frac{439100}{0,02 * 0,92} = 23,9 \text{ МПа}$$

При положении тележки у противоположной стороны (рис.10) реакции опор равны:

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - G_{\text{ПР}} * 27,117 * 1,025 - G_K - G_K * 14,75 * 1,025 - \frac{G_T}{2} * 6,295 * 1,0125 -$$

$$- \frac{G_{\text{ТР}}}{2} * 6 * 1,00625 - G_{\text{Э}} * 7,375 * 1,025 - G_{\text{ПР}} * 2,383 * 1,025 - \frac{qL^2}{2} * 1,025 = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 * 1,025 + G_{\text{Э}} * 22,125 * 1,025 + \frac{G_{\text{ТР}}}{2} * 23,5 * 1,00625$$

+

$$+ \frac{G_T}{2} * 23,205 * 1,0125 + G_K * 14,75 * 1,025 + G_{\text{ПР}} * 2,383 * 1,025 + \frac{qL^2}{2} * 1,025 = 0$$

$$R_B * 29,5 - 14911,2 * 27,117 * 1,025 - 10000 * 14,75 * 1,025 - \frac{263643,75}{2} * 6,295 * 1,0125 - \frac{581242,5}{2} * 6 * 1,00625 - 5000 * 7,375 * 1,025 - 14911,2 * 2,383 * 1,025 -$$

$$- \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025 = 0$$

						Лист
						54
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$- R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 * 1,025 + 5000 * 22,125 * 1,025 + \frac{581242,5}{2} * 23,5 * 1,00625 + \frac{263643,75}{2} * 23,205 * 1,0125 + 10000 * 14,75 * 1,025 + 14911,2 * 2,383 * 1,025 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025 = 0$$

$$R_A = 448,5 \text{ кН}$$

$$R_B = 196 \text{ кН}$$

Вертикальный изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 448,5 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 179 \text{ кНм}$$

$$M_B = 196 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 78 \text{ кНм}$$

Напряжения в данных сечениях определяю по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 179000 / 0,016526 = 10,8 \text{ МПа}$$

$$\sigma_B = 78000 / 0,016526 = 4,7 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определим по формуле (6.4):

$$Q_A = 448,5 - 5,71 * 0,4 = 446,2 \text{ кН}$$

$$Q_B = 196 - 5,71 * 0,4 = 193,7 \text{ кН}$$

Напряжения определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{446200}{0,02 * 0,92} = 24,3 \text{ МПа}$$

$$\tau_B = \frac{193700}{0,02 * 0,92} = 10,5 \text{ МПа}$$

Для груза массой $0,5Q_{\text{НОМ}}$ и $0,25Q_{\text{НОМ}}$ расчёты аналогичны.

Для груза массой $0,25Q_{\text{НОМ}}$ см.рис.12,13

Для среднего сечения расчёт аналогичен расчёту при подъёме груза с учётом коэффициентов толчков (см.рис.11,12)

Результаты расчётов вертикальных нагрузок при перемещении крана представлены в таблицах 7.2.1; 7.2.2; 7.2.3

										Лист
										55
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат						

Таблица 7.2.1 - Вертикальные нагрузки пролетных балок при перемещении крана с грузом массой $0,75Q_{ном}$

Положение тележки Параметры	у южной стороны	у северной стороны	у северной стороны
$R_A, кН$	203,1	448,5	323,5
$R_B, кН$	441,4	196	321
$M_A, кНм$	80,8	179	3929
$M_B, кНм$	176,1	78	
$\sigma_A, кН$	4,9	10,8	85,6
$\sigma_B, кН$	10,7	4,7	
$Q_A, кН$	200,8	446,2	---
$Q_B, кН$	439,1	193,7	
$\tau_A, кН$	10,9	24,3	---
$\tau_B, кН$	23,9	10,5	

Таблица 7.2.2 - Вертикальные нагрузки пролетных балок при перемещении крана с грузом массой $0,5Q_{ном}$

Положение тележки Параметры	у южной стороны	у северной стороны	у северной стороны
$R_A, кН$	180,5	374,8	277,3
$R_B, кН$	369,3	177,2	274,7
$M_A, кНм$	71,8	149,5	3247,8
$M_B, кНм$	147,3	70,4	
$\sigma_A, кН$	4,4	9,1	70,7
$\sigma_B, кН$	8,9	4,3	
$Q_A, кН$	178,2	372,5	---
$Q_B, кН$	367	174,9	
$\tau_A, кН$	9,7	20,3	---
$\tau_B, кН$	20	9,5	

Таблица 7.2.3 - Вертикальные нагрузки пролетных балок при перемещении крана с грузом массой $0,25Q_{ном}$

Положение тележки			
Параметры	у южной стороны	у северной стороны	у северной стороны
$R_A, кН$	138,3	308	224,9
$R_B, кН$	308,9	139,2	222,3
$M_A, кНм$	54,9	122,8	2474,9
$M_B, кНм$	123,1	55,2	
$\sigma_A, кН$	3,3	7,4	53,9
$\sigma_B, кН$	7,5	3,4	
$Q_A, кН$	136	305,7	---
$Q_B, кН$	306,6	136,9	
$\tau_A, кН$	7,4	16,6	---
$\tau_B, кН$	16,7	7,5	

Расчет металлических конструкций на прочность и устойчивость позволяет нам предотвратить возможности появления в ней недопустимых или нежелательных разрушений, чрезмерных прогибов или вибраций, препятствующих нормальной эксплуатации крана.

8. Сила перекоса при передвижении крана.

При передвижении крана мостового типа по различным причинам, в т.ч. из-за неточностей укладки подкранового пути, из-за различия в диаметрах поверхности качения ходовых колес, различной загрузки концевых балок при расположении грузовой тележки не в центре пролета моста, из-за различия в характеристиках электродвигателей при раздельном приводе, происходит отставание или забегание одной стороны крана относительно другой и может образоваться перекос моста.

Сила перекоса определяется для нахождения сопротивления передвижению крана с тележкой. Данное сопротивление складывается из сопротивления трения в цапфах ходовых колес, трения качения колес по рельсам и трения в ребордах колес.

Сила перекоса возникает при движении крана с тележкой, находящейся у одной из концевых балок и считается приложенной вдоль другой, менее нагруженной, концевой балки.

Сила перекоса [1 стр. 119]:

$$R_{\text{ПЕР}} \leq \mu_{\text{СЦ}} * D_{\text{ПР.МІN}} \quad (8.1)$$

где $\mu_{\text{СЦ}}$ – коэффициент сцепления приводных колёс с рельсами;

$D_{\text{ПР.МІN}}$ – суммарное давление на приводные колёса менее нагруженной концевой балки.

Предполагая, что тележка стоит у края пролёта, определяю силу перекоса. Определяю реакции опоры пролётной балки:

						Лист
						59
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

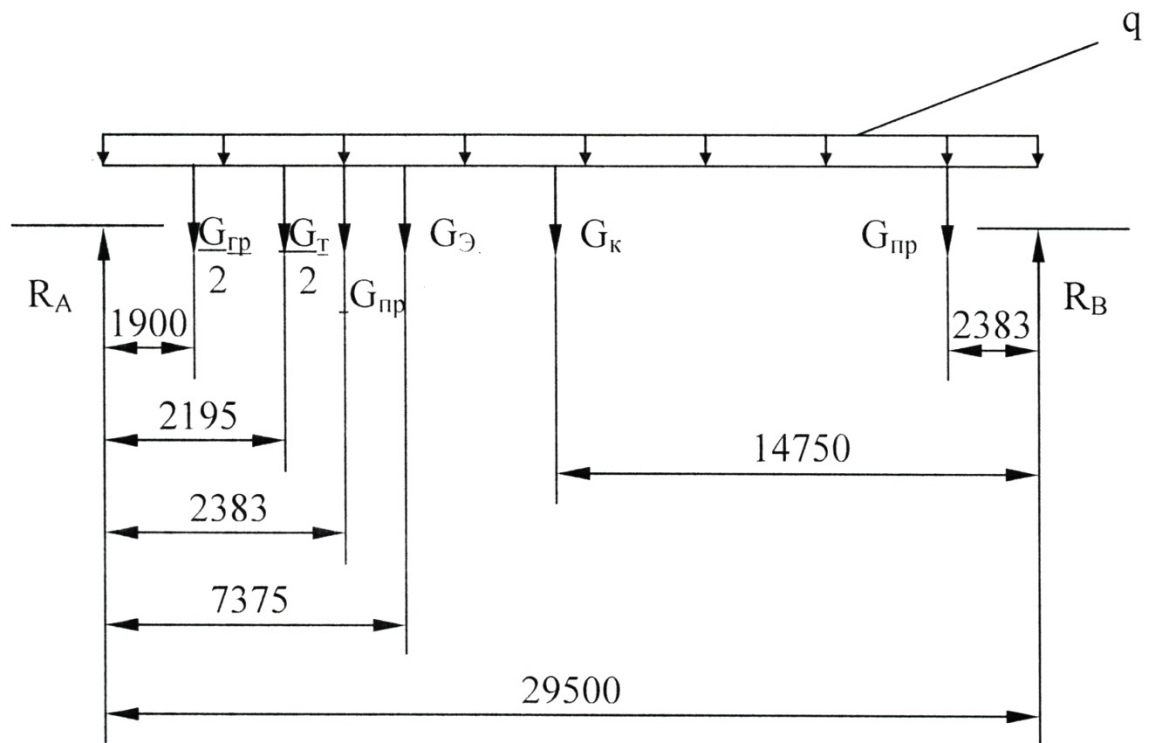


Рис.15 - Расчётная схема.

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 2,195 * 1,0125 - G_K * 14,75 * 1,025 - \frac{G_{TP}}{2} * 1,9 * 1,00625 - G_{TP} * 2,383 * 1,025 - G_{TP} * 27,117 * 1,025 - \frac{qL^2}{2} * 1,025 - G_{Э} * 7,375 * 1,025 = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 2,195 * 1,0125 - G_K * 14,75 * 1,025 - \frac{581242,5}{2} * 1,9 * 1,00625 - 14911,2 * 2,383 * 1,025 - 14911,2 * 27,117 * 1,025 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025 - 5000 * 7,375 * 1,025 = 0 \quad (8.2)$$

$$R_B = 136,8 \text{ кН}$$

Определяю силу перекоса.

$$0,75Q_{НОМ}$$

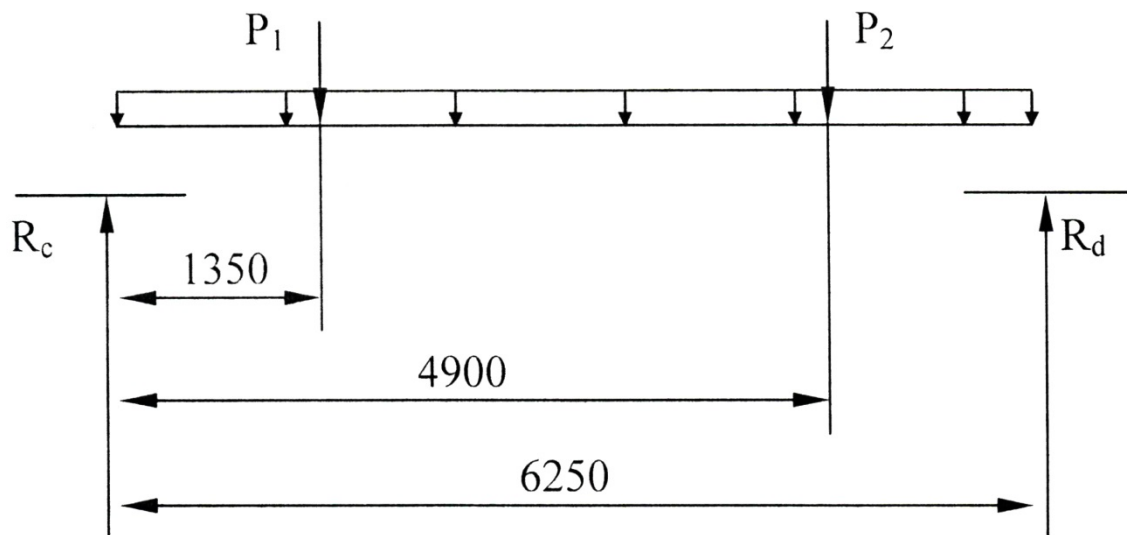


Рис. 16 - Расчётная схема.

где P_1 и P_2 – соответственно нагрузки на концевую балку от пролётных балок.

P_1 – нагрузка от приводной пролётной балки $P_1 = 136,8$ кН

На не приводную пролётную балку действует только вес от груза и тележки, а так же распределённая нагрузка:

$$P_2 = \frac{\frac{G_T}{2} * 2,195 * 1,0125 + \frac{G_{TP}}{2} * 1,9 * 1,00625 + \frac{qL^2}{2} * 1,025}{29,5} \quad (8.3)$$

$$P_2 = \frac{\frac{263643,75}{2} * 2,195 * 1,0125 + \frac{581242,5}{2} * 1,9 * 1,00625 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025}{29,5} = 115,2 \text{ кН}$$

Определим реакцию R_C , т.к. это и есть давление на приводные колёса менее нагруженной концевой балки.

$$R_C * 6,25 - P_1 * 4,9 - P_2 * 1,35 - \frac{qL^2}{2} \quad (8.4)$$

где q – распределённая нагрузка концевой балки, (см. п.3)

$$R_C = \frac{136,8 * 4,9 + 115,2 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 145 \text{ кН}$$

По формуле (8.1) сила перекоса равна:

$$P_{ПЕР} = 0,2 * 145 = 29 \text{ кН}$$

Для нагрузок $0,5Q_{НОМ}$ и $0,25Q_{НОМ}$ силу перекоса определяем аналогично.

При $0,5Q_{НОМ}$: $P_{ПЕР} = 27,8$

При $0,25Q_{НОМ}$: $P_{ПЕР} = 27,3 \text{ кН}$

						Лист
						61
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Таким образом, мы выяснили, что перекос крана может вызвать появление поперечных горизонтальных нагрузок. Расчет силы перекоса дает возможность определить горизонтальные нагрузки пролетных балок.

						Лист
						62
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

9. Горизонтальные нагрузки пролётных балок.

По середине пролёта.

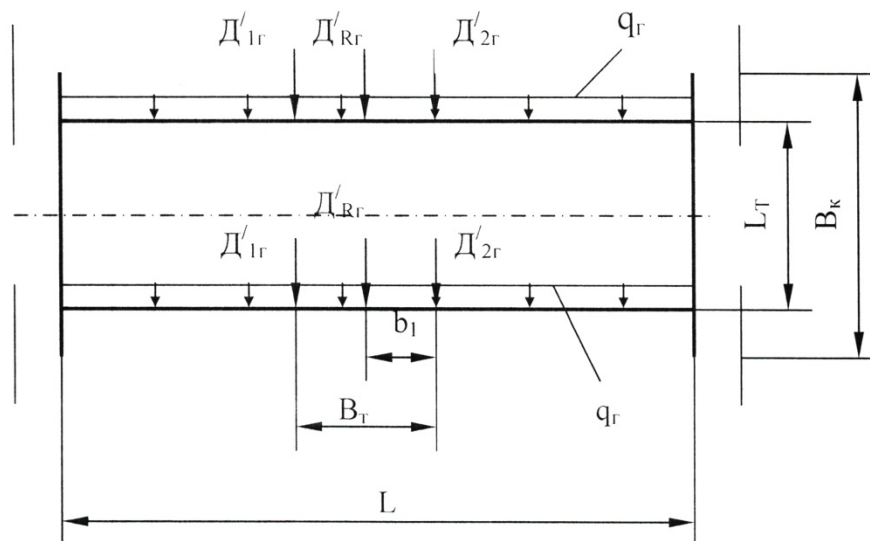


Рис.17 Схема приложения горизонтальных нагрузок.

Горизонтальные инерционные нагрузки определим при ускорении крана $0,1 \text{ м/с}^2$, принятому по [1 табл. 2.16]:

$$q_{\Gamma} = (a/g) \quad q = 0,0102 * 8,470 = 0,086 \text{ кН/м}$$

Давление приводных и не приводных колёс:

$$D_{1\Gamma} = (P_{1G} + G_T/4) * 0,0102 = (65,91 + 169,5) * 0,0102 = 2,4 \text{ кН}$$

$$D_{2\Gamma} = (P_{2G} + G_T/4) * 0,0102 = (65,91 + 121,2) * 0,0102 = 1,91 \text{ кН}$$

$$D_{R\Gamma} = 2,4 + 1,91 = 4,31 \text{ кН}$$

где P_{1G} и P_{2G} – давление на колёса от веса груза [1.стр.80]:

$$P_{IG} = \frac{G_{ГР} + G_{ПОД}}{4} \left(1 \pm \frac{2y}{B_T}\right) \quad (9.1)$$

где $G_{ГР}$ и $G_{ПОД}$ – вес груза и вес подвески, кН

y – расстояние от геометрического центра тележки до точки подвеса груза,

$y = 0,295 \text{ м}$.

$$P_{1G} = \frac{581,3}{4} \left(1 + \frac{2 * 295}{3550}\right) = 169,5 \text{ кН}$$

$$P_{2G} = \frac{581,3}{4} \left(1 - \frac{2 * 295}{3550}\right) = 121,2 \text{ кН}$$

					Лист
					63
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат	

Центр тяжести механизмов и рамы тележки принимаем расположенным в геометрическом центре тележки. Поэтому вес тележки делим на 4 колеса. Суммарный горизонтальный изгибающий момент в расчётном сечении [1 стр.120]:

$$M_{1Г} = \frac{q_{Г}L^2}{8} * \frac{1+S}{3+S} + \frac{D_{РГ}L}{8} * \frac{3+2S}{3+S} \quad (9.2)$$

где $D_{РГ}$ – равнодействующая горизонтальных давлений колёс тележки, кН
 L – пролёт крана, м

$$S = \frac{B_{К}}{L} * \frac{J_{1Y}}{J_{2Y}} \left[1 - 3 \frac{L_{Т}}{B_{К}} \left(1 - \frac{L_{Т}}{B_{К}} \right) \right] \quad (9.3)$$

где J_{1Y} и J_{2Y} – моменты инерции соответственно пролётной и концевой балок относительно вертикальных осей (см. п.б);

$B_{К}$ и L – база и пролёт крана, м;

$L_{Т}$ – колея тележки, м.

$$S = \frac{6,25}{29,5} * \frac{2,28 * 10^{-4}}{3,33 * 10^{-3}} \left[1 - 3 \frac{3,55}{6,25} \left(1 - \frac{3,55}{6,25} \right) \right] = 0,38$$

Тогда $M_{1Г}$:

$$M_{1Г} = \frac{0,086 * 29,5^2}{8} * \frac{1+0,38}{3+0,38} + \frac{4,31 * 29,5}{8} * \frac{3+2*0,38}{3+0,38} = 21,5 \text{ кНм}$$

Напряжения в горизонтальной плоскости определяю по формуле ((6.3) с горизонтальным моментом и моментом сопротивления относительно оси у):

$$\sigma = 21500/0,012377 = 1,7 \text{ Мпа}$$

Момент сопротивления см. п.3.

При $0,5Q_{НОМ}$ и $0,25Q_{НОМ}$ напряжения в горизонтальной плоскости нахожу аналогично.

Давления на колёса от груза массой $0,5Q_{НОМ}$ определяю по формуле (9.1):

$$P_{1Г} = \frac{397,3}{4} \left(1 + \frac{2*295}{3550} \right) = 115,8 \text{ кН}$$

$$P_{2Г} = \frac{397,3}{4} \left(1 - \frac{2*295}{3550} \right) = 82,8 \text{ кН}$$

$$D_{1Г} = (P_{1Г} + G_{Т}/4) * 0,0102 = (65,91 + 115,8) * 0,0102 = 1,85 \text{ кН}$$

$$D_{2Г} = (P_{2Г} + G_{Т}/4) * 0,0102 = (65,91 + 82,8) * 0,0102 = 1,52 \text{ кН}$$

$$D_{РГ} = 1,85 + 1,52 = 3,37 \text{ кН}$$

Горизонтальный изгибающий момент определяю по формуле (9.2):

						Лист
						64
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$M_{1Г} = \frac{0,086 * 29,5^2}{8} * \frac{1 + 0,38}{3 + 0,38} + \frac{3,37 * 29,5}{8} * \frac{3 + 2 * 0,38}{3 + 0,38} = 17,7 \text{ кНм}$$

Напряжения в горизонтальной плоскости определяю по формуле (6.3):

$$\sigma = 17700 / 0,012377 = 1,4 \text{ МПа}$$

При $0,25Q_{НОМ}$ по формуле (12.1):

$$P_{1G} = \frac{188,98}{4} \left(1 - \frac{2 * 1331}{3550}\right) = 11,8 \text{ кН}$$

$$P_{2G} = \frac{188,98}{4} \left(1 + \frac{2 * 1331}{3550}\right) = 82,7 \text{ кН}$$

$$D_{1Г} = (P_{1G} + G_T / 4) * 0,0102 = (65,91 + 11,8) * 0,0102 = 0,79 \text{ кН}$$

$$D_{2Г} = (P_{2G} + G_T / 4) * 0,0102 = (65,91 + 82,7) * 0,0102 = 1,52 \text{ кН}$$

$$D_{RГ} = 0,79 + 1,52 = 2,31 \text{ кН}$$

Горизонтальный изгибающий момент определяю по формуле (9.2):

$$M_{1Г} = \frac{0,086 * 29,5^2}{8} * \frac{1 + 0,38}{3 + 0,38} + \frac{2,31 * 29,5}{8} * \frac{3 + 2 * 0,38}{3 + 0,38} = 13,3 \text{ кНм}$$

Напряжения в горизонтальной плоскости определяю по формуле (6.3):

$$\sigma = 13300 / 0,012377 = 1,2 \text{ МПа}$$

Определяю горизонтальный момент при положении тележки у края пролёта.

						Лист
						65
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

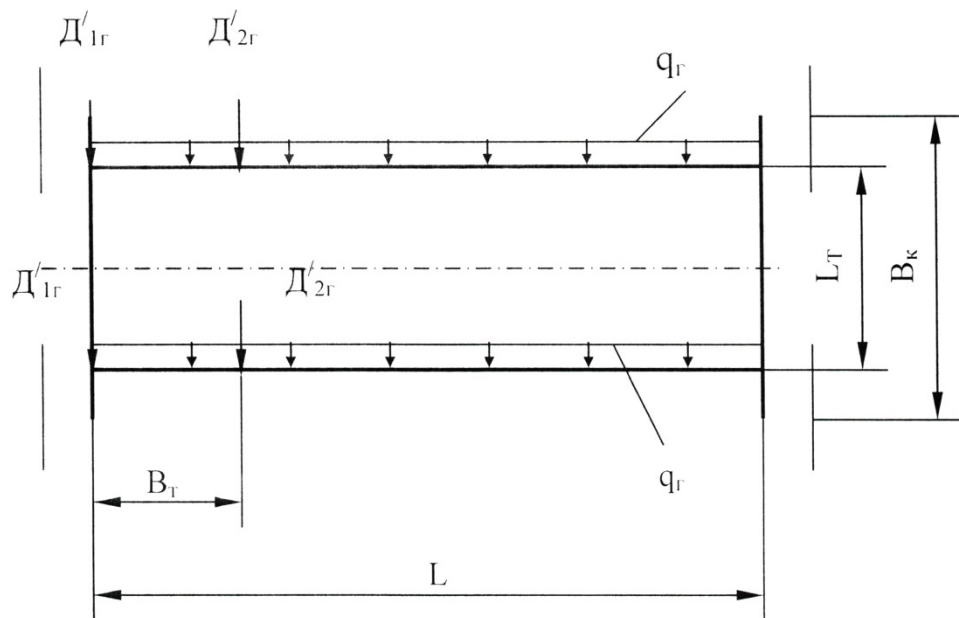


Рис.18 - Схема приложения горизонтальных нагрузок при положении тележки у края пролёта.

Максимальный горизонтальный изгибающий момент для пролётной балки действует в узле её сопряжения с менее нагруженной концевой балкой [1 стр.121]:

$$M_{yГ}^{MAX} = \frac{q_Г L}{2} L_T K_q + \frac{D_{1Г}}{2} L_T K_D + \frac{P_{ПЕР}}{2} L_T K_P \quad (9.4)$$

где $P_{ПЕР}$ – сила перекоса моста (см. форм. 9.1)

По формулам [1 стр. 121]:

$$K_q = \frac{1}{2(S_1+3)} \frac{L}{L_T} \left(2 + \frac{L_T}{B_K} S_1 \right)$$

$$K_D = \frac{1}{S_1+3} \frac{L}{L_T} \left(3 \frac{B_T}{L} + \frac{L_T}{B_K} S_1 \right)$$

$$K_P = \frac{1}{S_1+3} \frac{L}{L_T} \left(3 + \frac{L_T}{B_K} S_1 \right)$$

$$S_1 = \frac{L_T J_{1y}}{L J_{2y}} \quad (9.5)$$

где J_{1y} и J_{2y} – моменты инерции соответственно пролётной и концевой балок относительно вертикальных осей (см. п.3);

B_K и L – база и пролёт крана, м;

L_T – коlea тележки, м.

$$S_1 = \frac{3,55 \cdot 4,18 \cdot 10^{-2}}{29,5 \cdot 3,33 \cdot 10^{-3}} = 1,5$$

$$K_q = \frac{1}{2(1,5+3)} \frac{29,55}{3,55} \left(2 + \frac{3,55}{6,25} * 1,5 \right) = 2,63$$

					Лист
					66
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат	

$$K_D = \frac{1}{(1,5+3)} \frac{29,5}{3,55} \left(3 \frac{3,55}{29,5} + \frac{3,55}{6,25} * 1,5 \right) = 7,95$$

$$K_P = \frac{1}{(1,5+3)} \frac{29,5}{3,55} \left(3 + \frac{3,55}{6,25} * 1,5 \right) = 7,11$$

$$M_{y\Gamma}^{MAX} = \frac{0,086*29,5}{2} * 3,55 * 2,63 + \frac{2,4}{2} * 3,55 * 7,95 + \frac{29}{2} * 3,55 * 7,11 = 411,7 \text{ кНм}$$

Напряжения от горизонтального момента определяю по формуле:

$$\sigma = \frac{M_{\Gamma}}{W_{y-y}} \quad (9.6)$$

где W_{y-y} – момент сопротивления сечения относительно вертикальной оси (см. п.6)

$$\sigma = \frac{413300}{0,09946} = 4,1 \text{ Мпа}$$

Наименьший горизонтальный изгибающий момент действует в узле сопряжения с более нагруженной концевой балкой [1 стр. 121]:

$$M_{y\Gamma}^{MIN} = \frac{q_{\Gamma}L}{2} (L - L_{\Gamma}K_q) + \frac{D_{1\Gamma}}{2} (2B_{\Gamma} - L_{\Gamma}K_D) + \frac{P_{пер}}{2} L_{\Gamma}K_P \quad (9.7)$$

Обозначения как для формулы (9.6).

$$M_{y\Gamma}^{MIN} = \frac{0,086*29,5}{2} (29,5 - 3,55 * 2,63) + \frac{2,4}{2} (2 * 3,55 - 3,55 * 7,95) + \frac{29}{2} * 3,55 * 7,11 = 366,2 \text{ кНм}$$

При положении тележки с другой стороны расчёты аналогичны. Результаты расчётов представлены в таблице 9.1

Таблица 9.1 – Результаты расчетов

Параметр	Северная сторона			Южная сторона		
	0,25Q _H	0,5Q _H	0,75Q _H	0,25Q _H	0,5Q _H	0,75Q _H
M _{MIN}	354,1	360,4	371,4	361,8	356,9	366,2
M _{MAX}	367,5	389,6	411,7	377,8	384	404,8
σ _{MIN}	3,6	3,6	3,7	3,6	3,6	3,7
σ _{MAX}	3,7	3,9	4,1	3,8	3,9	4,1

Таким образом, горизонтальные нагрузки, возникающие при пуске и торможении механизмов передвижения, учитывают при расчете металлоконструкции

						Лист
						67
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

кранов. В нашем случае горизонтальные нагрузки при торможении крана направлены поперек моста и при расчете $= 0,1$ м/с (если половина всех ходовых колес – приводная).

						Лист
						68
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

10. Максимальные и минимальные нагрузки в расчётных сечениях.

Определяю минимальные и максимальные нагрузки по формуле:

$$\sigma = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_y)^2 + 3\tau^2} \quad (10.1)$$

где σ_x и σ_y – нагрузки от вертикальных и горизонтальных сил;

τ – нагрузка от срезающей силы

При подъёме груза $0,75Q_{\text{НОМ}}$ максимальное напряжение для северной стороны:

$$\sigma_x = 11,7 \text{ МПа (табл. 6.1)}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau = 26,1 \text{ МПа (табл. 6.1)}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \sqrt{11,7^2 + 3 * 26,1^2} = 46,7 \text{ МПа}$$

При перемещении крана:

$$\sigma_x = 10,8 \text{ МПа (табл. 7.1)}$$

$$\sigma_y = 3,7 \text{ МПа (табл. 9.1)}$$

$$\tau = 24,3 \text{ МПа (табл. 7.1)}$$

$$\sigma_{\text{max}} = \sqrt{(10,8 + 3,7)^2 + 3 * 24,3^2} = 44,5 \text{ МПа}$$

При подъёме максимальная нагрузка больше, чем при перемещении.

Минимальная нагрузка для северной стороны – когда тележка стоит у противоположной стороны и без груза:

$$\sigma_x = 3,26 \text{ МПа (табл. 6.1)}$$

$$\sigma_y = 0 \text{ МПа}$$

$$\tau = 7,3 \text{ МПа (табл. 6.1)}$$

$$\sigma_{\text{min}} = \sqrt{3,26^2 + 3 * 7,3^2} = 13,1 \text{ МПа}$$

Аналогично нахожу напряжения для всех расчётных сечений и групп грузов.

Результаты расчётов представлены в таблице 10.1

						Лист
						69
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Таблица 10.1 - Максимальные и минимальные напряжения в расчётных сечениях.

Напряжения		σ_{\min}	σ_{\max}
Северная сторона	0,25QH	12,1	32,4
	0,5QH	13,1	39,2
	0,75QH	13,1	46,7
Южная сторона	0,25QH	11,6	32,8
	0,5QH	12,7	38,7
	0,75QH	12,7	46
Середина пролёта	0,25QH	19,5	58,7
	0,5QH	19,5	76,7
	0,75QH	19,5	92,1

Рассчитанные максимальные и минимальные напряжения в расчётных сечениях необходимы для вычисления усталостных сопротивлений.

11. Нагрузки, действующие на концевые балки.

11.1 Вертикальные нагрузки при подъёме груза.

Определим нагрузки на концевые балки при работе с грузом $0,75Q_{НОМ}$

Северная сторона.

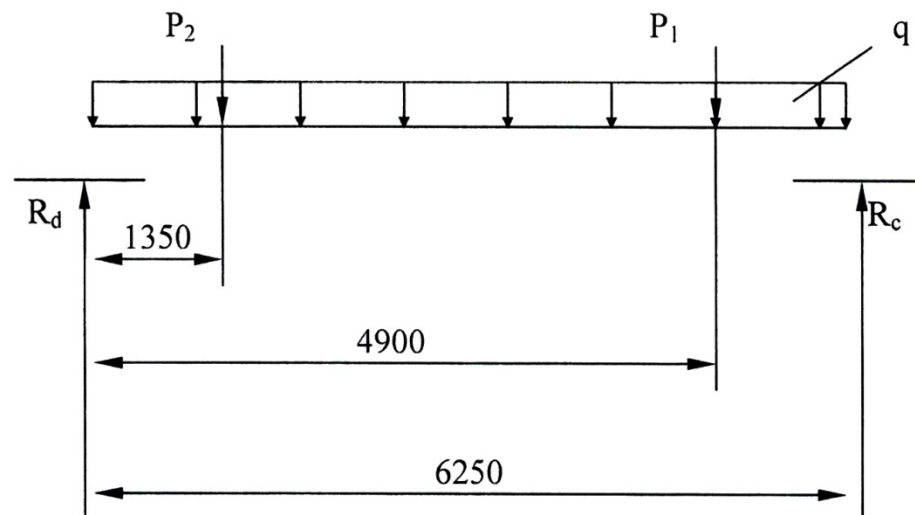


Рис. 19 - Расчётная схема

где P_1 и P_2 – нагрузки на концевые балки от пролётных

q – распределённая нагрузка концевой балки ($q=4102,6\text{Н/м}$).

$P_1 = 482,5\text{ кН}$ – нагрузка от приводной пролётной балки (табл. 6.1)

На не приводную пролётную балку действуют вес тележки, груза и распределённая нагрузка.

$$P_2 = \frac{\frac{G_T * 23,205 + \frac{G_{гр}}{2} * 23,5 * \Psi + \frac{qL^2}{2}}{2}}{29,5} \quad (11.1.1)$$

где G_T , $G_{гр}$ – соответственно вес тележки и вес груза ($G_T=263643,75\text{ Н}$;
 $G_{гр}=581242,5\text{ Н}$);

Ψ – коэффициент динамичности, $\Psi=1,17$ (см. табл. 5.1)

$$P_2 = \frac{\frac{263643,75}{2} * 23,205 + \frac{581242,5}{2} * 23,5 * 1,17 + \frac{5710 * 29,5^2}{2}}{29,5} = 458,8\text{ кН}$$

Определим реакции опор по следующим формулам:

$$\sum M_C = 0$$

$$R_d * 6,25 - P_2 * 4,9 - P_1 * 1,35 - \frac{qL^2}{2} = 0$$

					Лист
					71
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат	

$$\sum M_d = 0$$

$$-R_C * 6,25 + P_1 * 4,9 + P_2 * 1,35 + \frac{qL^2}{2} = 0$$

$$R_C = \frac{482,5 * 4,9 + 458,8 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 490,2 \text{ кН}$$

$$R_d = \frac{458,8 * 4,9 + 482,5 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 476,7 \text{ кН}$$

Определим максимальный момент, действующий в балке по формуле:

$$M = R_C x - P_1(x - 1,35) - \frac{qx^2}{2} \quad (11.1.3)$$

где x – расстояние от опоры до произвольного сечения.

Максимальный момент будет в сечении, где $M_{изг}(x) = 0$ (производная M):

$$M_{изг} = R_C - P_1 - qx$$

$$R_C - P_1 - qx = 0$$

$$x = \frac{490,2 - 482,5}{4,1026} = 1,88 \text{ м}$$

Тогда момент по формуле (11.1.3):

$$M = 490,2 * 1,88 - 482,5 * (1,88 - 1,35) - \frac{4,1026 * 1,88^2}{2} = 658,6 \text{ кНм}$$

Напряжения при подъёме определяю по формуле (6.3):

$$\sigma = \frac{658600}{0,017511} = 37,6 \text{ МПа}$$

Напряжения при подъёме груза для остальных групп грузов определяю аналогично.

Минимальные напряжения в этой балке будут при положении тележки у противоположного края и без груза.

Расчётная схема как на рис. 19

Нагрузка от приводной пролётной балки: $P_1 = 135,6 \text{ кН}$ (табл. 6.1)

На не приводную пролётную балку действует вес тележки и распределённая нагрузка.

$$P_2 = \frac{\frac{G_T * 6,205 + qL^2}{2}}{29,5} \quad (11.1.4)$$

$$P_2 = \frac{\frac{263643,75 * 6,205 + \frac{8470 * 29,5^2}{2}}{2}}{29,5} = 112 \text{ кН},$$

Реакции опор определим по формулам (11.1.2):

						Лист
						72
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$R_c = \frac{135,6 \cdot 4,9 + 112 \cdot 1,35 + \frac{4,1026 \cdot 6,25^2}{2}}{6,25} = 143,3 \text{ кН}$$

$$R_d = \frac{112 \cdot 4,9 + 135,6 \cdot 1,35 + \frac{4,1026 \cdot 6,25^2}{2}}{6,25} = 130 \text{ кН}$$

Определяю расстояние x

$$x = \frac{143,3 - 135,6}{4,1026} = 1,88 \text{ м}$$

Максимальный момент определяю по формуле (11.1.3):

$$M = 143,3 \cdot 1,88 - 135,6(1,88 - 1,35) - \frac{4,1026 \cdot 2^2}{2} = 190,3 \text{ кНм}$$

Напряжения определяю по формуле (6.3):

$$\sigma = \frac{190300}{0,017511} = 10,9 \text{ Мпа}$$

						Лист
						73
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под.</i>	<i>Дат</i>		

11.2 Вертикальные и горизонтальные нагрузки при перемещении крана.

Вертикальные напряжения.

При определении вертикальных нагрузок при перемещении крана использую рис. 19

Нагрузка от приводной пролётной балки $P1 = 448,5$ кН (табл. 7.1)

На не приводную пролётную балку действуют вес тележки, груза и распределённая нагрузка.

$$P_2 = \frac{\frac{G_T}{2} * 23,205 * 1,0125 + \frac{G_{гр}}{2} * 23,5 * 1,00625 + \frac{qL^2}{2} * 1,025}{29,5} \quad (11.2.1)$$

где G_T , $G_{гр}$ – соответственно вес тележки и вес груза ($G_T = 263643,75$ Н; $G_{гр} = 581242,5$ Н);

$$P_2 = \frac{\frac{263643,75}{2} * 23,205 * 1,0125 + \frac{581242,5}{2} * 23,5 * 1,00625 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025}{29,5} = 424,3 \text{ кН}$$

Реакции опор определим по формулам (11.1.2):

$$R_C = \frac{448,5 * 4,9 + 424,3 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 456,4 \text{ кН}$$

$$R_d = \frac{424,3 * 4,9 + 448,5 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 442,7 \text{ кН}$$

Определяю расстояние x

$$x = \frac{456,4 - 448,5}{4,1026} = 1,93 \text{ м}$$

Максимальный момент определим по формуле (11.1.3):

$$M = 456,4 * 1,93 - 448,5(1,93 - 1,35) - \frac{4,1026 * 2^2}{2} = 613,1 \text{ кНм}$$

Напряжения определяю по формуле (6.3):

$$\sigma = \frac{613100}{0,017511} = 35 \text{ МПа}$$

Горизонтальные напряжения.

Горизонтальный момент определяю по формуле:

$$M_{Г} = \frac{P_{пер}}{2} * L_T * K_P \quad (11.2.2)$$

где $P_{пер}$ – сила перекоса, (см. п. 8 формулу 8.1)

L_T – колея тележки, $L_T = 3550$ мм

						Лист
						74
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

K_P и S_1 определяю по формуле (9.5):

$$K_P = \frac{1}{S_1 + 3 L_T} \frac{L}{L_T} \left(3 + \frac{L_T}{B_K} S_1 \right)$$

$$S_1 = \frac{L_T J_{1y}}{L J_{2y}}$$

где J_{1y} и J_{2y} – моменты инерции соответственно пролётной и концевой балок в среднем сечении (п.3)

$$S_1 = \frac{3,55 \cdot 2,28 \cdot 10^{-2}}{29,5 \cdot 3,33 \cdot 10^{-3}} = 0,82$$

$$K_P = \frac{1}{0,82 + 3 \cdot 3,55} \frac{29,5}{3,55} \left(3 + \frac{3,55}{6,25} 0,82 \right) = 7,54$$

Горизонтальный момент по формуле (11.2.2):

$$M_\Gamma = \frac{29}{2} * 3,55 * 7,54 = 388 \text{ кНм}$$

Напряжения от горизонтальных нагрузок определяю по формуле (9.6):

$$\sigma_\Gamma = \frac{388000}{0,0083214} = 46,6 \text{ МПа}$$

Момент сопротивления концевой балки относительно вертикальной оси (см. п.3)

Суммарные напряжения от нагрузок при перемещении крана определяю по формуле:

$$\sigma = \frac{M_B}{W_{x-x}} + \frac{M_\Gamma}{W_{y-y}} \quad (11.2.3)$$

где все обозначения указаны ранее.

$$\sigma = \frac{613100}{0,017511} + \frac{388000}{0,0083214} = 81,6 \text{ МПа}$$

При перемещении нагрузки получились большие, чем при подъёме. Поэтому максимальные нагрузки на концевую балку будут при перемещении, минимальные – когда тележка стоит у противоположной стороны и без груза.

Для остальных групп грузов расчёты аналогичны.

Результаты представлены в таблице 11.2.1

Т.к. напряжения на концевую балку с южной стороны от пролётных балок практически такое же, как и с северной стороны (см. таблицу 6.1 и 7.2.1), то расчёт второй концевой балки проводить не будем.

						Лист
						75
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Таблица 11.2.1 - Результаты расчётов нагрузок на концевую балку

Нагрузка	$0,25Q_{НОМ}$	$0,5Q_{НОМ}$	$0,75Q_{НОМ}$
<i>Подъём</i>			
M , кНм	459,5	555,6	658,6
σ , МПа	26,3	31,7	37,6
<i>Перемещение</i>			
M_B , кНм	423,4	513,6	613,1
M_G , кНм	365,4	372	388
σ_B , МПа	24,2	29,3	35
σ_G , МПа	43,9	44,7	46,6
<i>Минимальные напряжения</i>			
σ_{min}	10,2	10,9	10,9
<i>Минимальные и максимальные напряжения в концевой балке</i>			
σ_{min}	10,2	10,9	10,9
σ_{max}	68,1	74	81,6

Расчёт надбуксовой части.

Определим максимальные и минимальные значения напряжений в надбуксовой части концевой балки по формуле [1.Стр.135]:

$$\sigma = k_u k_r \sqrt{\sigma_R^2 - \sigma_R \sigma_0 + \sigma_0^2 + 3\tau_{0R}^2} \quad (11.2.4)$$

где $\sigma_R = k_R \sigma_0$, $\sigma_\theta = k_\theta \sigma_0$, $\tau_{\theta R} = k_\tau \tau_0$ – радиальные, тангенциальные и касательные напряжения; σ_0 и τ_0 – нормальные и касательные напряжения в точке а; $k_R k_\theta k_\tau k_r$ – коэффициенты, принимаемые по графикам [1.Рис. 6.23] в зависимости от угла α , отношений $F_{nn}/F_{ст}$, h/H , l/H , r/H .

F_{nn} и $F_{ст}$ – площадь нижнего пояса и стенок.

Остальные обозначения см. рис.20

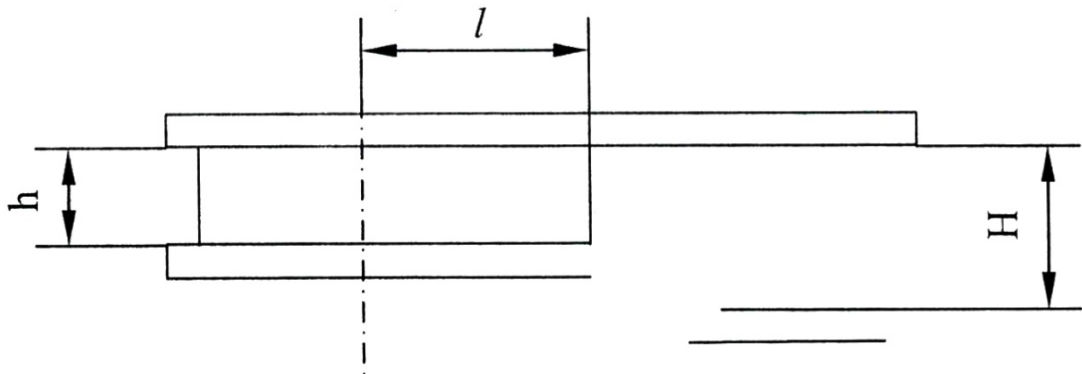


Рис.20 - Надбуксовая часть

Площадь стенки пояса определены в п.6

$$l = 650 \text{ мм}$$

$$r/H = 650/460 = 1,4$$

$$l/H = 650/460 = 1,4$$

$$F_{nn}/F_{ст} = 160/110,4 = 1,5$$

$$h/H = 460/900 = 0,51$$

Этим отношениям по [1 рис.6.23] соответствуют коэффициенты:

$$k_R = 1; k_\theta = 1,3; k_\tau = 1,5; k_r = 0,6$$

Реакции опор концевой балки определены ранее (рассматриваю северную сторону при перемещении, т.к. к вертикальным нагрузкам добавляются горизонтальные).

$$R_C = 456,4 \text{ кН (см. формулу 11.1.2)}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

					Лист
					77
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат	

$$M = 456,4 * 0,65 - (0,65^2 * 4,1026) / 2 = 295,8 \text{ кНм}$$

Напряжения от вертикальных нагрузок определяю по формуле (6.3):

$$\sigma = 295800 / 0,0081558 = 36,3 \text{ МПа}$$

Момент сопротивления см. п.3

Горизонтальный момент $M = 388 \text{ кНм}$ (см. таблицу (11.2.1)).

Напряжения в горизонтальной плоскости определяю по формуле (6.3):

$$\sigma_z = 388000 / 0,006339 = 61,2 \text{ МПа}$$

Момент сопротивления см. п.6

Срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q = 456,4 - 0,65 * 4,1026 = 453,7 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau = 453700 / (2 * 0,46 * 0,012) = 41,1 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения определяю по формуле (11.2.3):

$$\sigma = 36,3 + 61,2 = 97,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_R = 1 * 97,5 = 97,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_\theta = 1,3 * 97,5 = 126,75 \text{ МПа}$$

$$\tau_\theta = 1,5 * 41,1 = 61,65 \text{ МПа}$$

По формуле (11.2.4):

$$\sigma_{max} = 1 * 0,6 \sqrt{97,5^2 - 97,5 * 126,75 + 126,75^2 + 3 * 61,65^2} = 94,1 \text{ МПа}$$

Минимальные напряжения определяю аналогично.

$$R_C = 143,3 \text{ кН (см. 11.1.2)}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M = 143,3 * 0,65 - (0,65^2 * 4,1026) / 2 = 92,3 \text{ кНм}$$

Напряжения от вертикальных нагрузок определяю по формуле (6.3):

$$\sigma_s = 92300 / 0,0081558 = 11,3 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q = 143,3 - 0,65 * 4,1026 = 140,6 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau = 140600 / (2 * 0,46 * 0,012) = 12,7 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения определяю по формуле (11.2.3):

						Лист
						78
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$\sigma = 11,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_R = 1 * 11,3 = 11,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_\theta = 1,3 * 11,3 = 14,7 \text{ МПа}$$

$$\tau_\theta = 1,5 * 12,7 = 19,1 \text{ МПа}$$

По формуле (11.2.4):

$$\sigma_{max} = 1 * 0,6 \sqrt{11,3^2 - 11,3 * 14,7 + 14,7^2 + 3 * 19,1^2} = 21,4 \text{ МПа}$$

Для остальных групп грузов расчёты аналогичны

Результаты представлены в таблице 11.2.2.

Результаты расчёта надбуксовой части

Таблица 11.2.2

	0,25Q _{НОМ}	0,5Q _{НОМ}	0,75Q _{НОМ}
<i>Максимальные значения</i>			
<i>M_B, кНм</i>	204,5	247,9	295,8
<i>M_Г, кНм</i>	365,4	372	388
<i>σ_B, МПа</i>	25,1	30,4	36,3
<i>σ_Г, МПа</i>	57,8	58,7	61,2
<i>σ_R, МПа</i>	82,9	89,1	97,5
<i>σ_θ, МПа</i>	107,8	115,83	126,75
<i>τ_θ, МПа</i>	43,05	51,6	61,65
<i>σ_{max}</i>	73,8	82,8	94,1
<i>Минимальные значения</i>			
<i>M_B, кНм</i>	86,3	92,3	92,3
<i>σ_B, МПа</i>	10,6	11,3	11,3
<i>σ_R, МПа</i>	10,6	11,3	11,3
<i>σ_θ, МПа</i>	13,78	14,7	14,7
<i>τ_θ, МПа</i>	17,85	19,1	19,1
<i>σ_{min}</i>	20	21,4	21,4

12. Определение выработки ресурса крана по характеристическому числу.

Данный расчёт основан на работе заслуженного машиностроителя России, профессора, доктора технических наук Зарецкого А.А. «Алгоритм оценки выработки нормативного срока службы грузоподъёмного крана».

Суть заключается в том, что задание в паспортах срока службы крана в единицах времени неправомерно, т.к. это не отражает число нагружений крана.. Необходимо указывать содержательный параметр, характеризующий наработку крана в целом или его систем. Таким параметром является группа классификации крана в целом по Международному стандарту ИСО 4101 или группа режима работы по ГОСТ 25546.

Профессор Зарецкий заметил, что одинаковые группы классификации расположены по диагонали. Это свидетельствует о том, что группа классификации в принципе определяется одним числом, представляющим собой произведение коэффициента нагружения K_P и числа рабочих циклов. Это число названо Зарецким характеристическим.

На каждый подъём груза затрачивается некая доля ресурса крана. Найдя эту долю для каждого цикла нагружения и затем суммируя их, получаем монотонно возрастающее число H_T . Далее сравниваем его с характеристическим числом H данной группы классификации. Нормативный срок службы будет выработанным, когда H_T окажется равным H .

Текущее значение характеристического числа определим по формуле, приведённой в методике [8]:

где K_P – коэффициент нагружения;

C_T – суммарное число рабочих циклов со всеми грузами.

$$K_P = \sum \left[\frac{C_i}{C_T} \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^3 \right],$$

где C_i – число рабочих циклов крана с грузом массой P_i ;

P_{max} – масса максимального груза.

Данные для расчёта будем брать из справки о работе крана.

Число циклов работы крана определим по следующей формуле:

									Лист
									80
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

$$C_T = A * N * n,$$

где A – число лет работы крана;

N – число рабочих дней в году;

n – число циклов крана за сутки.

$$A = 2006 - 1969 = 37 \text{ лет}$$

$$C_T = 37 * 340 * 25 = 108962$$

Определяем величину отношения C_i / C_T для грузов массой P_i :

$$\text{до } 0,25Q_{\text{НОМ}} \quad 0,93$$

$$\text{от } 0,25Q_{\text{НОМ}} \text{ до } 0,5Q_{\text{НОМ}} \quad 0,01$$

$$\text{от } 0,5Q_{\text{НОМ}} \text{ до } 0,75Q_{\text{НОМ}} \quad 0,06$$

$$\text{от } 0,75Q_{\text{НОМ}} \text{ до } Q_{\text{НОМ}} \quad 0$$

Определяем коэффициент нагружения по формуле

$$K_P = 0,9 * \left(\frac{0,25Q_{\text{НОМ}}}{Q_{\text{НОМ}}}\right)^3 + 0,01 * \left(\frac{0,5Q_{\text{НОМ}}}{Q_{\text{НОМ}}}\right)^3 + 0,06 * \left(\frac{0,75Q_{\text{НОМ}}}{Q_{\text{НОМ}}}\right)^3 + 0 * \left(\frac{Q_{\text{НОМ}}}{Q_{\text{НОМ}}}\right)^3 = 0,041$$

Текущее характеристическое число вычислим по формуле:

$$H_T = 0,041 * 792540 = 32494$$

Для группы классификации $A5$ характеристическое число из табл. 125000

Сравнение значений:

$$H_T = 108962$$

$$H = 125000$$

$H_T < H$ – кран не выработал свой ресурс.

Группы классификации кранов в целом по МС ИСО 4103/1

Режим нагру- жения	Коэффици- ент нагружения	Классы использования и наибольшие числа рабочих цик- лов (проектные)									
		U_0 1.6x 10^4	U_1 3.2x 10^4	U_2 6.3x 10^4	U_3 1.3x 10^5	U_4 2.5x 10^5	U_5 5x 10^5	U_6 1.0x 10^6	U_7 2.0x 10^6	U_8 4.0x 10^6	U_9 >4x 10^6
<i>Q</i>	K_p										
<i>Q1</i>	0,125- лёгкий			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
<i>Q2</i>	0,25- умеренный		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
<i>Q3</i>	0,500- тяжёлый	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
<i>Q4</i>	1,00-весьма тяжёлый	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			

Характеристические числа для групп классификации по МС ИСО 4103/1.

Группы классификации	Характеристические числа <i>H</i>
<i>A1</i>	8000
<i>A2</i>	16000
<i>A3</i>	32000
<i>A4</i>	63000
<i>A5</i>	125000
<i>A6</i>	250000
<i>A7</i>	500000
<i>A8</i>	1000000

13. Расчёт на сопротивление усталости.

Методика расчёта.

Данная методика приведена в «Справочнике по кранам» [3].

Максимально возможное число циклов N_i при действии напряжений σ_i определяется по формуле:

$$N_i = \left(\frac{\sigma_{RKi}}{\sigma_i} \right)^m * N_{6i} \quad (13.1)$$

Где σ_{RKi} – предел выносливости по усталости;

N_{6i} – базовое число циклов, соответствующее пределу выносливости;

m – показатель степени наклона кривой усталости.

При $0,6\sigma_{RK} < \sigma_i < \sigma_{RK}$

$$N_i = N_{6i}$$

При $\sigma_i < 0,6\sigma_{RK}$

$$N_i \rightarrow \infty$$

Проверка сечений:

13.1 Пролётная балка.

По середине пролёта

максимальные и минимальные напряжения равны при $0,75Q_{НОМ}$

(см.табл.10.1)

$$\sigma_{max} = 92,1 \text{ МПа} \quad \sigma_{min} = 19,5 \text{ МПа}$$

Коэффициент асимметрии определяю по формуле

$$\rho = \frac{19,5}{92,1} = 0,2 \quad (13.2)$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :

$$K=1,2$$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=1,2$ и $\rho=0,2$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 211,5 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{max} = 92,1 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 211,5 \text{ МПа}$$

						Лист
						83
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$\sigma_{max} = 92,1 \text{ МПа} < 0,6\sigma_{RK} = 211,5 * 0,6 = 126,9 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow \infty$$

Усталостных разрушений не будет.

Аналогично нахожу для остальных групп грузов.

Т.к. в середине у верхнего пояса сжатие и коэффициент концентрации равен 2, то определим напряжения в этом месте сечения и сравним их с пределом выносливости.

Момент сопротивления определяю по формуле (3.5):

$$W_{x-x} = 5203683,6/98,3 = 52936,8 \text{ см}^3$$

где момент инерции см. п.б

Максимальные напряжения определяю по формуле:

$$\sigma_{max} = M/W_{x-x} \quad (13.1.1)$$

где M – максимальный изгибающий момент при подъёме груза (см. табл. 6.1)

$$\sigma_{max} = 4228600/0,0529368 = -79,9 \text{ МПа}$$

При сжатии напряжения отрицательны.

Минимальные напряжения определим по формуле (13.1.1):

$$\sigma_{min} = 893600/0,0529368 = 16,9 \text{ МПа}$$

Коэффициент асимметрии равен:

$$1/R = -16,9/-79,9 = 0,2$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :
 $K=2$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=2$ и $1/R=0,2$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = -183 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{max} = -79,9 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = -183 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = -79,9 \text{ МПа} < 0,6\sigma_{RK} = -183 * 0,6 = -109,8 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow \infty$$

Усталостных разрушений не будет.

Для других групп грузов расчёты аналогичны.

Тележка у северной стороны

						Лист
						84
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Максимальные и минимальные напряжения равны при $0,75Q_{\text{НОМ}}$ (см. табл.

10.1)

$$\sigma_{\max} = 46,7 \text{ МПа} \quad \sigma_{\min} = 13,1 \text{ МПа}$$

Коэффициент асимметрии равен:

$$\rho = \frac{13,1}{46,7} = 0,28$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :
 $K=4$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=4$ и $\rho=0,28$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 65 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{\max} = 46,7 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 65 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\max} = 46,7 \text{ МПа} > 0,6 \sigma_{RK} = 65 * 0,6 = 39 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow N_6$$

При меньших нагрузках значения напряжений не превосходят предела выносливости. Результаты представлены в таблице 13.1.2

Тележка у южной стороны.

Максимальные и минимальные напряжения равны при $0,75Q_{\text{НОМ}}$ (см. табл.

10.1)

$$\sigma_{\max} = 46 \text{ МПа} \quad \sigma_{\min} = 12,7 \text{ МПа}$$

Коэффициент асимметрии определяю:

$$\rho = \frac{12,7}{46} = 0,28$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :
 $K=4$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=4$ и $\rho=0,28$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 65 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{\max} = 46 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 65 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\max} = 46 \text{ МПа} > 0,6 \sigma_{RK} = 65 * 0,6 = 39 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow N_6$$

						Лист
						85
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

При меньших нагрузках значения напряжений не превосходят предела выносливости. Результаты представлены в таблице 13.1.2

Т.к. максимальные нагрузки оказывают влияние на усталостные разрушения, рассмотрим меньшие размахи напряжений.

Рассмотрим конкретный цикл (расчёт места стыка пролётной и концевой балки с северной стороны):

1. Тележка находится у северной стороны, кран стоит.
2. Движение крана.
3. Подъём груза.
4. Движение крана.
5. Движение тележки к южной стороне.
6. Опускание груза.
7. Движение тележки к северной стороне.
8. Кран возвращается на место.

1. При расположении тележки у северной стороны использую рис. 12.

$$R_A = 230 \text{ кН}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 230 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 91,6 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 91600 / 0,016526 = 5,6 \text{ МПа}$$

срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 230 - 5,71 * 0,4 = 227,7 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{227700}{0,02 * 0,92} = 12,4 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения определяю по формуле (13.1):

$$\sigma = \sqrt{5,6^2 + 3 * 12,4^2} = 22,2 \text{ МПа}$$

2. Движение крана с порожней тележкой.

						Лист
						86
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Вертикальные нагрузки определяю по формуле 6.2 с учётом коэффициентов толчков.

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 * 1,025 + \frac{G_T}{2} * 27,305 * 1,0125 + GK * 14,75 * 1,025 + G_{\text{ПР}} * 2,383 * 1,025 + \frac{qL^2}{2} * 1,025 + G_{\text{Э}} * 22,125 * 1,025 = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 * 1,025 + \frac{263643,75}{2} * 27,305 * 1,0125 + 10000 * 14,75 * 1,025 + 14911,2 * 2,383 * 1,025 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025 + 5000 * 22,125 * 1,025 = 0$$

$$R_A = 234 \text{ кН}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 234 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 93,2 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.4):

$$Q_A = 234 - 5,71 * 0,4 = 231,7 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{231700}{0,02 * 0,92} = 12,6 \text{ МПа}$$

Горизонтальные напряжения.

Определяю силу перекоса по формуле (8.1). По рис. 12 менее нагруженная – опора В. Определяю реакцию этой опоры по формуле 6.10

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 2,195 * 1,0125 - GK * 14,75 * 1,025 - G_{\text{ПР}} * 2,383 * 1,025 - G_{\text{ПР}} * 27,117 * 1,025 - \frac{qL^2}{2} * 1,025 - G_{\text{Э}} * 7,375 * 1,025 = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{26363,75}{2} * 2,195 * 1,0125 - 10000 * 14,75 * 1,025 - 14911,2 * 2,383 * 1,025 - 14911,2 * 27,117 * 1,025 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025 - 5000 * 7,375 * 1,025 = 0$$

$$R_B = 118 \text{ кН}$$

По рис.12 определяю силу P_2 от не приводной пролётной балки по формуле (10.1.1) (без учёта груза):

$$P_2 = \frac{\frac{G_T}{2} * 2,195 * 1,0125 + \frac{qL^2}{2} * 1,025}{29,5}$$

						Лист
						87
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$P_2 = \frac{\frac{263643,75}{2} * 2,195 * 1,0125 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 1,025}{29,5} = 96,3 \text{ кН}$$

По формуле (14.1.2) определяю реакцию опоры R_C :

$$R_C = \frac{118 * 4,9 + 96,3 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 126,5 \text{ кН}$$

По формуле (11.1) сила перекоса равна:

$$P_{\text{ПЕР}} = 0,2 * 126,5 = 25,3 \text{ кН}$$

При положении тележки у северной стороны в ней действует минимальный горизонтальный момент, определяемый по формуле (9.7):

$$M_{\text{УГ}}^{\text{min}} = \frac{0,086 * 29,5}{2} (29,5 - 3,55 * 2,63) + \frac{1,91}{2} (2 * 3,55 - 3,55 * 7,95) + \frac{25,3}{2} * 3,55 * 7,11 = 324,7 \text{ кНм}$$

Напряжения от горизонтального момента определяю по формуле (9.6):

$$\sigma = \frac{324700}{0,09946} = 3,3 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения при перемещении определяю по формуле (10.1):

$$\sigma = \sqrt{(5,64 + 3,3)^2 + 3 * 12,6^2} = 23,6 \text{ МПа}$$

Минимальные напряжения при перемещении определяю аналогично.

Коэффициенты толчков будут равны:

$$\Psi_T = 1 - 0,025 = 0,975 \text{ – для крана}$$

$$\Psi_T = 1 - 0,0125 = 0,9875 \text{ – для тележки}$$

$$\Psi_T = 1 - 0,00625 = 0,99375 \text{ – для груза}$$

Определяю реакции опор при этих коэффициентах толчков по формуле (7.2.1):

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 * 0,975 + \frac{G_T}{2} * 27,305 * 0,9875 + G_K * 14,75 * 0,975 + G_{\text{ПР}} * 2,383 * 0,975 + \frac{qL^2}{2} * 0,975 + G_{\text{Э}} * 22,125 * 0,975 = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 * 0,975 + \frac{263643,75}{2} * 27,305 * 0,9875 + 10000 * 14,75 * 0,975 + 14911,2 * 2,383 * 0,975 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975 + 5000 * 22,125 * 0,975 = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 * 0,975 + \frac{263643,75}{2} * 27,305 * 0,9875 + 10000 * 14,75 * 0,975 + 14911,2 * 2,383 * 0,975 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975 + 5000 * 22,125 * 0,975 = 0$$

$$+10000 * 14,75 * 0,975 + 14911,2 * 2,383 * 0,975 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975 + 5000 * 22,125 * 0,975 = 0$$

$$\sum M_A = 0$$

						Лист
						88
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 2,195 * 0,9875 - G_K * 14,75 * 0,975 - G_{ПР} * 2,383 * 0,975 -$$

$$- G_{ПР} * 27,117 * 0,975 - \frac{qL^2}{2} * 0,975 - G_{\text{Э}} * 7,375 * 0,975 = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 2,195 * 0,9875 - 10000 * 14,75 * 0,975 - 14911,2 * 2,383 * 0,975 -$$

$$- 14911,2 * 27,117 * 0,975 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975 - 5000 * 7,375 * 0,975 = 0$$

$$R_A = 225,7 \text{ кН}$$

$$R_B = 112,4 \text{ кН}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 225,7 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 89,8 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 89800 / 0,016526 = 5,4 \text{ МПа}$$

срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 225,7 - 5,71 * 0,4 = 223,4 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{223400}{0,02 * 0,92} = 12,2 \text{ МПа}$$

По рис. 12 определяю силу P_2 от не приводной пролётной балки по формуле (11.1.1) (без учёта груза):

$$P_2 = \frac{\frac{G_T}{2} * 2,195 * 0,9875 + \frac{qL^2}{2} * 0,975}{29,5}$$

$$P_2 = \frac{\frac{263643,75}{2} * 2,195 * 0,9875 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975}{29,5} = 91,8 \text{ кН}$$

По формуле (11.1.2) определяю реакцию опоры R_C :

$$R_C = \frac{112,4 * 4,9 + 91,8 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 120,5 \text{ кН}$$

По формуле (8.1) сила перекоса равна:

$$P_{ПЕР} = 0,2 * 120,5 = 24,1 \text{ кН}$$

По формуле (9.7):

$$M_{\text{УГ}}^{\text{min}} = \frac{0,086 * 29,5}{2} (29,5 - 3,55 * 2,63) + \frac{1,91}{2} (2 * 3,55 - 3,55 * 7,95) + \frac{24,1}{2} * 3,55 * 7,11 = 309,6 \text{ кНм}$$

Напряжения от горизонтального момента определяю по формуле (9.6):

									Лист
									89
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

$$\sigma = \frac{309600}{0,09946} = 3,1 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения при перемещении определяю по формуле (10.1):

$$\sigma_{\min} = \sqrt{(5,4 + 3,1)^2 + 3 * 12,2^2} = 20,8 \text{ МПа}$$

3. Тележка подъехала к месту загрузки.

Использую рис. 10. Напряжения от вертикальных сил 5,1 МПа, напряжения от срезающих сил 11,4 МПа (см. таблицу 6.1).

Суммарные напряжения определяю по формуле (10.1):

$$\sigma = \sqrt{5,1^2 + 3 * 11,4^2} = 20,2 \text{ МПа}$$

4. Подъём груза.

Максимальные напряжения равны $\sigma_{\max} = 46,7 \text{ МПа}$ (см. табл. 10.1)

Минимальные напряжения определяю по рис. 10 с коэффициентом динамичности равным

$$1 - 0,17 = 0,83$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\begin{aligned} -R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 + \frac{G_T}{2} * 23,205 + \frac{G_{\text{ГР}}}{2} * 23,5 * 0,83 + G_K * 14,75 + \\ + G_{\text{ПР}} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} + G_{\text{Э}} * 22,125 = 0 \\ R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 6,295 - 10000 * 14,75 - \frac{581242,5}{2} * 6 * 0,83 - \\ - 14911,2 * 2,383 - 14911,2 * 27,117 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} - 5000 * 7,375 = 0 \end{aligned}$$

$$R_A = 403,7 \text{ кН}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 403,7 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 161 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 161000 / 0,016526 = 9,74 \text{ МПа}$$

срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 403,7 - 5,71 * 0,4 = 401,4 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{401400}{0,02 * 0,92} = 21,8 \text{ МПа}$$

						Лист
						90
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Суммарные напряжения определяю по формуле (10.1):

$$\sigma_{\min} = \sqrt{9,74^2 + 3 * 21,8^2} = 39 \text{ МПа}$$

5. Перемещение крана.

Вертикальные нагрузки (см. таблицу 7.2.1)

$$\sigma_B = 10,8 \text{ МПа}$$

Напряжение от срезающей силы:

$$\tau = 24,3 \text{ МПа}$$

Горизонтальные нагрузки см. таблицу 9.1:

$$\sigma_2 = 3,7 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения определяю по формуле (10.1):

$$\sigma_{\max} = \sqrt{(10,8 + 3,7)^2 + 3 * 24,3^2} = 44,4 \text{ МПа}$$

Минимальные напряжения определим по рис. 12 с учётом веса груза.

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{G_T}{2} * 2,195 * 0,9875 - G_K * 14,75 * 0,975 - G_{\text{ПР}} * 2,383 * 0,975 - G_{\text{ПР}} * 27,117 * 0,975 - \frac{qL^2}{2} * 0,975 - G_3 * 7,375 * 0,975 - \frac{G_{\text{ГР}}}{2} * 1,9 * 0,99375 = 0$$

$$R_B * 29,5 - \frac{263643,75}{2} * 2,195 * 0,9875 - 10000 * 14,75 * 0,975 - 14911,2 * 2,383 * 0,975 - 14911,2 * 27,117 * 0,975 - \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975 - 5000 * 7,375 * 0,975 - \frac{581242,5}{2} * 1,9 * 0,99375 = 0$$

$$R_B = P_1 = 131 \text{ кН}$$

Нагрузки от не приводной пролётной балки определяю по формуле:

$$P_2 = \frac{\frac{G_T}{2} * 2,195 * 0,9875 + \frac{qL^2}{2} * 0,975 + \frac{G_{\text{ГР}}}{2} * 1,9 * 0,99375}{29,5}$$

$$P_2 = \frac{\frac{263643,75}{2} * 2,195 * 0,9875 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975 + \frac{581242,5}{2} * 1,9 * 0,99375}{29,5} = 110,4 \text{ кН}$$

По формуле (11.1.2) определяю реакцию опоры R_c :

$$R_c = \frac{131 * 4,9 + 110,4 * 1,35 + \frac{4,1026 * 6,25^2}{2}}{6,25} = 139 \text{ кН}$$

По формуле (8.1) сила перекоса равна:

						Лист
						91
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$P_{\text{пер}} = 0,2 * 139 = 27,8 \text{ кН}$$

По формуле (9.7):

$$M_{\text{угMIN}} = \frac{0,086 * 29,5}{2} (29,5 - 3,55 * 2,63) + \frac{1,91}{2} (2 * 3,55 - 3,55 * 7,95) + \frac{27,8}{2} * 3,55 * 7,11 = 356,3 \text{ кНм}$$

Напряжения от горизонтального момента определяю по формуле (9.6):

$$\sigma = \frac{356300}{0,09946} = 3,6 \text{ Мпа}$$

Минимальные вертикальные напряжения определяю по формуле:

$$\sum M_B = 0$$

$$- R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 * 0,975 + G_{\text{Э}} * 22,125 * 0,975 + \frac{G_{\text{ГР}}}{2} * 23,5 * 0,99375 + \frac{G_r}{2} * 23,205 * 0,9875 + G_K * 14,75 * 0,975 + G_{\text{ПР}} * 2,383 * 0,975 + \frac{qL^2}{2} * 0,975 = 0$$

$$- R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 * 0,975 + 5000 * 22,125 * 0,975 + \frac{581242,5}{2} * 23,5 * 0,99375 + \frac{263643,75}{2} * 23,205 * 0,9875 + 10000 * 14,75 * 0,975 + 14911,2 * 2,383 * 0,975 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} * 0,975 = 0$$

$$R_A = 437,7 \text{ кН}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 437,7 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 174,6 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (10.1.3):

$$Q_A = 437,7 - 5,71 * 0,4 = 435,4 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\sigma = \sqrt{(10,6 + 3,6)^2 + 3 * 23,7^2} = 41,2 \text{ Мпа}$$

б. Движение тележки к южной стороне.

Реакцию опоры определяю по формуле без учёта коэффициента динамичности:

$$\sum M_B = 0$$

						Лист
						92
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$-R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 + \frac{G_{\text{Т}}}{2} * 6,205 + \frac{G_{\text{ГР}}}{2} * 6,5 + G_{\text{К}} * 14,75 + G_{\text{ПР}} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} + G_{\text{Э}} * 22,125 = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + \frac{263643,75}{2} * 6,205 + \frac{581242,5}{2} * 6,5 + 10000 * 14,75 + 14911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} + 5000 * 22,125 = 0$$

$$R_A = 199,7 \text{ кН}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 199,7 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 79,4 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 79400 / 0,016526 = 4,8 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 199,7 - 5,71 * 0,4 = 197,4 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{197400}{0,02 * 0,92} = 10,7 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения определяю по формуле (10.1):

$$\sigma = \sqrt{4,8^2 + 3 * 10,7^2} = 19,2 \text{ МПа}$$

7. Опускание груза

Расчёт аналогичен подъёму.

$$\sigma_{\text{max}} = 20,2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{min}} = 18,1 \text{ МПа}$$

Напряжение при возврате тележки и крана соответствуют 1 и 2 положениям.

Результаты расчёта цикла приведены в таблице 13.1.1

						Лист
						93
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Таблица 13.1.1- Результаты расчёта цикла

Положения	1	2	3	4	5	6	7	8	9
σ_{min} , МПа		20,8		39	41,2		18,1		20,8
	22,2		20,2			19,2		22,2	
σ_{max} , МПа		23,6		46,7	44,4		20,2		23,6

Провожу схематизацию процесса нагружения по методу полных по ГОСТ 25.101-83. График представлен на рис. 23

Рассчитаю размахи, которые влияют на усталостное разрушение.

По графику 4 размах 1

Коэффициент асимметрии определяю по формуле

$$\rho = \frac{13,1}{46,7} = 0,28$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :

$$K = 4$$

По [3. табл. 1.5.5.] для $K = 4$ и $\rho = 0,28$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 65,5 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{max} = 46,7 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 65,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = 46,7 \text{ МПа} > 0,6 \sigma_{RK} = 65,5 * 0,6 = 39,3 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow N_6$$

Данный размах вызывает усталостные разрушения.

Рассмотрим меньший размах 2 (график 3)

Коэффициент асимметрии определяю:

$$\rho = \frac{13,1}{44,4} = 0,3$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :

$$K = 4$$

По [3. табл. 1.5.5.] для $K = 4$ и $\rho = 0,3$ определяю предел выносливости:

									Лист
									94
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

$$\sigma_{RK} = 66,5 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{max} = 44,4 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 65,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = 44,4 \text{ МПа} > 0,6 \sigma_{RK} = 65,5 * 0,6 = 39,9 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow N_\delta$$

Данный размах вызывает усталостные разрушения.

Рассмотрим ещё меньший размах 3 (график 1)

Максимальные напряжения – кран стоит с грузом.

Реакция опоры А определяю без учёта коэффициента динамики:

$$\sum M_B = 0$$

$$- R_A * 29,5 + G_{\text{ПР}} * 27,117 + G_3 * 22,125 + \frac{G_{\text{ГР}}}{2} * 23,5 + G_K * 23,205 + G_K * 14,75 + G_{\text{ПР}} * 2,383 + \frac{qL^2}{2} = 0$$

$$-R_A * 29,5 + 14911,2 * 27,117 + 5000 * 22,125 + \frac{581242,5}{2} * 23,5 + \frac{263643,75}{2} * 23,205 + 10000 * 14,75 + 14911,2 * 2,383 + \frac{5710 * 29,5^2}{2} = 0$$

$$R_A = 443 \text{ кН}$$

Изгибающий момент определяю по формуле (6.2):

$$M_A = 443 * 0,4 - \frac{5,71 * 0,4^2}{2} = 176,8 \text{ кНм}$$

Напряжения определим по формуле (6.3):

$$\sigma_A = 176800 / 0,016526 = 10,7 \text{ МПа}$$

Срезающую силу определяю по формуле (6.4):

$$Q_A = 443 - 5,71 * 0,4 = 440,7 \text{ кН}$$

Напряжения от срезающей силы определяю по формуле (6.5):

$$\tau_A = \frac{440700}{0,02 * 0,92} = 24 \text{ МПа}$$

Суммарные напряжения определяю по формуле (10.1):

$$\sigma = \sqrt{10,7^2 + 3 * 24^2} = 42,9 \text{ МПа}$$

Минимальные напряжения 19,2 МПа (см. табл. 13.1)

Коэффициент асимметрии определяю:

						Лист
						95
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$\rho = \frac{19,2}{42,9} = 0,45$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :
 $K=4$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=4$ и $\rho=0,45$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 77 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{\max} = 42,9 \text{ МПа} < 0,6\sigma_{RK} = 77 * 0,6 = 46,2 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow \infty$$

Данный размах не вызывает усталостных разрушений.

Размах 4 при подъёме груза:

Коэффициент асимметрии определяю:

$$\rho = \frac{20,8}{46,7} = 0,45$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :
 $K=4$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=4$ и $\rho=0,45$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 77 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{\max} = 46,7 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 77 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\max} = 46,7 \text{ МПа} > 0,6\sigma_{RK} = 77 * 0,6 = 46,2 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow N_6$$

Данный размах вызывает усталостные разрушения.

Проверим 5 размах:

Коэффициент асимметрии определяю

$$\rho = \frac{39}{46,7} = 0,84$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент концентрации K :
 $K=4$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=4$ и $\rho=0$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 124 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

						Лист
						96
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

$$\sigma_{max} = 46,7 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 124 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = 46,7 \text{ МПа} < 0,6\sigma_{RK} = 124 * 0,6 = 74,4 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow \infty$$

Данный размах не вызывает усталостных разрушений.

Таблица с результатами представлена на плакате.

*При нагрузке $0,75Q_{НОМ}$ кран делает 6% циклов от общего числа циклов в сут-
ки, т.е.*

$$6\% * 63 = 3,78 \text{ цикла/сут.}$$

За 37 лет работы кран выполнил таких циклов:

$$37 * 340 * 3,78 * 3 = 142657,2 \text{ цикла}$$

Где 340 – количество дней работы крана в году.

*Базовое число циклов для данного элемента с данным коэффициентом кон-
центрации [2. стр.148] – $5 * 10^6$*

*Т.к. за срок службы кран отработал 142657,2 цикла, влияющих на усталость,
то*

$$5 * 10^6 - 142657,2 = 4857342,8 \text{ циклов}$$

						Лист
						97
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под.</i>	<i>Дат</i>		

Таблица 13.1.2 - Результаты расчётов

Параметр		σ_{min} , МПа	σ_{max} , МПа	R	σ_{RK} , МПа	$0,6\sigma_{RK}$, МПа
Северная сторона	$0,25Q_n$	12,1	32,4	0,37	71	42,6
	$0,5Q_n$	13,1	39,2	0,34	68	40,8
	$0,75Q_n$	13,1	46,7	0,28	65	39
Южная сто- рона	$0,25Q_n$	11,6	32,8	0,35	69,5	41,7
	$0,5Q_n$	12,7	38,7	0,33	68	40,8
	$0,75Q_n$	12,7	46	0,28	65,5	39
Середина пролёта (растяжение)	$0,25Q_n$	19,5	58,7	0,33	229,5	137,6
	$0,5Q_n$	19,5	76,7	0,25	218,5	131,1
	$0,75Q_n$	19,5	92,1	0,21	211,5	126,9
Середина пролёта (сжатие)	$0,25Q_n$	-52,3	-16,9	0,32	-212	-127,2
	$0,5Q_n$	-66,6	-16,9	0,25	-197	-118,2
	$0,75Q_n$	-79,9	-16,9	0,2	-183	-109,8

13.2 Концевая балка.

Максимальные и минимальные напряжения равны при $0,75Q_n$ (см. табл. 11.2.1)

$$\sigma_{max} = 81,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{min} = 10,9 \text{ МПа}$$

Коэффициент асимметрии определяю по формуле

$$\rho = \frac{10,9}{81,6} = 0,14$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент K: $K=1,2$

По [3. табл. 1.5.5] для $K=1,2$ и $\rho=0,14$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 205,5 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{max} = 81,6 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 205,5 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = 81,6 \text{ МПа} < 0,6\sigma_{RK} = 205,5 * 0,6 = 123,3 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow \infty$$

Усталостных разрушений не будет.

Для остальных групп грузов расчёты аналогичны.

Результаты расчётов представлены в таблице 13.2.1

Таблица 13.2.1 - Результаты расчётов концевой балки.

Параметр		σ_{min} , МПа	σ_{max} , МПа	R	σ_{RK} , МПа	$0,6\sigma_{RK}$, МПа
Сечение	Северная	10,2	68,1	0,15	206	123,7
	сторона	10,9	74	0,15	206	123,7
		0,75 Q_n	10,9	81,6	0,14	205,5

Надбуксовая часть.

Максимальные и минимальные напряжения равны при 0,75 $Q_{ном}$ (см. табл. 14.2.2)

$$\sigma_{max} = 94,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{min} = 21,4 \text{ МПа}$$

Коэффициент асимметрии определяю

$$\rho = \frac{21,4}{94,1} = 0,23$$

По [3. табл. 1.5.1] определяю эффективный коэффициент K: K=1,6

По [3. табл. 1.5.5] для K=1,6 и $\rho=0,23$ определяю предел выносливости:

$$\sigma_{RK} = 169 \text{ МПа}$$

Сравниваем значения напряжений:

$$\sigma_{max} = 94,1 \text{ МПа} < \sigma_{RK} = 169 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{max} = 94,1 \text{ МПа} < 0,6\sigma_{RK} = 169 * 0,6 = 101,4 \text{ МПа}$$

$$N_i \rightarrow \infty$$

Усталостных разрушений не будет.

Для остальных групп грузов расчёты аналогичны.

Результаты расчётов представлены в таблице 13.2.2

Таблица 13.2.2 - Результаты расчётов надбуксовой части.

Сечение		Параметр		σ_{min} , МПа	σ_{max} , МПа	R	σ_{RK} , МПа	0,6 σ_{RK} , МПа
Северная сторона	0,25 Q_n			20	73,8	0,27	175	105
	0,5 Q_n			21,4	82,8	0,26	172	103,2
	0,75 Q_n			21,4	94,1	0,23	169	101,4

Зная максимальные и минимальные напряжения надбуксовой части, а также коэффициенты асимметрии, мы можем утверждать, что усталостных разрушений не будет, т.к. предел выносливости в нашем случае меньше, чем предел базовый.

13.3 Рекомендации по дальнейшей эксплуатации крана Q75/20 т

В результате проведенных мной расчетов были получены следующие результаты.

По методике оценки остаточного ресурса профессора Зарецкого АЛ.кран выработал свой ресурс на 87 %. Поэтому я рекомендую продлить срок эксплуатации мостового электрического крана Q75/20 т режим работы АЗ, установленный в цехе ООО «Оникс» не более чем на три года. По истечении трех лет остаточный ресурс крана должен быть оценен ещё раз.

Если владелец крана заинтересован в продлении срока эксплуатации ПТО, то ему необходимо произвести испытания металлоконструкции на механические свойства, а также произвести анализ металла за период, когда был произведен химический анализ стали металлоконструкции крана и сроком следующего химического анализа.

Кроме этого, необходимо произвести:

1. Очистку крана от ржавчины
2. Нанести лакокрасочное покрытие
3. Устранить дефекты согласно соответствующей ремонтной документации.

14 Безопасность жизнедеятельности и экологичность работы

Введение

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации.

Принципы охраны труда вытекают из основных положений трудового права, направленных на обеспечение здоровых и безопасных условий труда. Охрана труда установлена и регламентирована Конституцией, Трудовым Кодексом РФ, специальными нормами и правилами.

Охрана труда — это система законодательных актов, социально — экономических, организационных, технических гигиенических и лечебно- профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

Любая деятельность потенциально опасна. Не возможно достичь абсолютной безопасности. Поэтому основной задачей охраны труда является сведение к минимуму вероятности поражения или заболевания человека с одновременным обеспечением комфортных условий при максимальной производительности. Охрана труда в рамках трудового коллектива представляет собой систему мер, обеспечивающих функционирование живого труда с целью повышения его производительности, эффективности и достижения наиболее полного использования средств производства.

При выполнении технологических процессов человек находится в непосредственной близости с движущимися и вращающимися частями машин и механизмов работающих с приспособлениями, в которых используются токоведущие элементы. Поэтому, при выполнении работ следует уделять особое внимание технике безопасности. Основные вредные факторы и способы защиты рабочего:

						Лист
						101
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

14.1 . Механические опасности.

К механическим опасностям относятся следующие движущиеся машины и механизмы:

- 1. краны, подвижный железнодорожный транспорт, конвейеры, автотранспорт.*
- 2. Передвигающиеся изделия, материалы: ковши с расплавленным металлом, опоки модели и т. д.*
- 3. Подвижные части производственного оборудования: часты выбивных решёток, формовочных машин.*
- 4. Разрушающиеся конструкции: подъёмно-транспортные машины в случае аварии.*
- 5. Расположение рабочего места на значительной высоте: машинисты кранов, ремонтные бригады.*
- 6. Опасности, не связанные с механическими проявлениями: горячие изделия (отливки), прикосновение к которым вызывает ожог, воздействие тяжёлых грузов при их поднятии и перемещении, скользкие поверхности, способствующие падению, коррозия оборудования, способствующая внезапному разрушению.*

Защита от опасностей:

- 1. Защитой от движущихся машин и механизмов служит безопасная ширина проходов между машинами, машиной и стеной.*
- 2. Защитой от подвижного железнодорожного состава служат ограждения, разделяющие людские и транспортные потоки.*
- 3. По подкрановые пути разрешается выходить людям, прошедшим специальный инструктаж и имеющим при себе наряд-допуск.*
- 4. Работу по строповке и отстроповке имеют право проводить только вовремя аттестованные стропальщики и имеющие бирку, которая должна быть закреплена так, чтобы её мог видеть машинист крана.*
- 5. Должно быть ограждение зоны движения машины и перемещаемых грузов специальными знаками «Проход запрещён».*

									Лист
									102
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

6. Защита от разрушающихся конструкций обеспечивается своевременным обнаружением дефектов и их устранением. Это достигается своевременными осмотрами, освидетельствованиями и испытаниями ПТМ. Об этом должны быть записи в паспортах кранов и таблички на кранах.

7. Защитой от падающих элементов является каска строительная по ГОСТ 12.4.087-80, ношение которой является обязательным в iфехе.

8. Защита от горячих предметов обеспечивается наличием специальной защитной одежды по ГОСТ 12.4.045-78, специальной обуви по ГОСТ 12.4.050-77, специальных рукавиц по ГОСТ 12.4.010-75 и защитный щиток по ГОСТ 12.4.023-76.

14.2. Электробезопасность.

Электробезопасность-это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Основными источниками опасности поражения электрическим током в литейных цехах являются: машины и механизмы с электрическим приводом (подъёмно — транспортные машины, конвейеры, напольный транспорт). Применяемое электрооборудование до 1000 В.

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части, если есть возможность прикосновения к ним должны быть ограждены и изолированы. Металлоконструкции кранов, машин, механизмов должны быть заземлены.

Краны являются основными машинами, участвующими в литейном производстве, поэтому рассмотрим! методы защиты от поражения электрическим током! на кранах.

Корпуса двигателей, кожуха приборов, заземляющие провода, ограждающие панели заземляются к металлоконструкции через рельсы или через одну из жил питающего кабеля. Отдельные аппараты присоединяются к заземлению через клеммы или болты. Сопротивление проводов и заземляющих устройств должно соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок». Выклю-

									Лист
									103
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

чатель главныхтокопроводов должен быть закрытого типа и рассчитан на отключение рабочего тока.

Место установки определяется условиями ремонта и безопасности. Также выключатель должен иметь приспособление для запора в отключенном, состоянии, а также надписи «Отключено», «Включено».

14.3 Производственное освещение.

Для обеспечения нормальной деятельности человека освещение на предприятии (в частности в цехах) должно соответствовать нормам СНиП II-4-79 «Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение».

От условий освещения зависят сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы, безопасность на производстве, а также производительность труда и качество продукции.

В литейном цехе освещение комбинированное: естественное (через окна) и искусственное.

Разряды зрительной работы различны для различных операций. Так, изготовление форм для отливок I класса точности имеет разряд зрительной работы Пб и требует освещённость 750 лк.

14.4. Пожарная безопасность

Пожарная безопасность может быть обеспечена мерами пожарной профилактики и активной пожарной защиты. Понятие пожарной профилактики включает в себя комплекс мероприятий, необходимых для предотвращения пожара или уменьшения его последствий. Под активной пожарной защитой понимаются меры, обеспечивающие успешную борьбу с возникшими пожарами или взрывоопасной ситуацией.

В литейных цехах источниками возникновения пожара могут быть агрегаты для сушки форм, электрооборудование машин и механизмов. Особое внимание следует уделять смазочным материалам, а для очистки и промывки механизмов от

									Лист
									104
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

старой смазки бензину, керосину и обтирочным хлопчатобумажным материалам, которые способствуют возгоранию при действии на них открытого огня или повышенных температур. Т. к. при работе электрооборудование искрит, а изоляция из резины может начать обугливаться и гореть, то опасность возгорания увеличивается.

Для избежание данной опасности необходимо следующее:

1. при промывке узлов и деталей нужно использовать керосин, который менее опасен;
2. не допускать в работу неисправное оборудование
3. не использовать открытый огонь для освещения, а пользоваться переносными лампами.

При возникновении пожара, на какой либо электроустановке необходимо в первую очередь выключить главный рубильник, для прекращения доступа тока в электроцепь машины. Затем приступить к ликвидации пожара используя при этом углекислотные огнетушители ОУ-8, 10. если произошло возгорание легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, нужно пользоваться огнетушителями с химической пеной типа ОХП-Ю.

При возгорании угля, дерева, кокса, каучука для тушения можно использовать воду в виде струи. При тушении горючих жидкостей с температурой вспышки более 45° С используют распыленную воду. Такими жидкостями являются смазочные масла, олифы и др. при тушении в закрытых помещениях применяют водяной пар.

Обязательным условием при возникновении пожара является сообщение пожарной части о пожаре независимо от его масштабов.

14.5. Состояние травматизма в цехе.

При каждом случае получения травмы работником предприятия создаётся комиссия по расследованию. В течение 3-х дней составляется акт по форме Н-1. При составлении данного акта отмечают данные о пострадавшем (пол, возраст, стаж, степень тяжести травматизма), а также место его работы, об-

									Лист
									105
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

стоятельства и причины, повлекшие появление травматизма. Выявляются технические и организационные причины, методы их ликвидации, предупреждение повторения аналогичных несчастных случаев.

На объектах Ростехнадзора и Энергонадзора несчастные случаи расследуются обслуживающим этот объект соответствующим инспектором совместно с техническим инспектором труда профсоюза.

Существует система учёта несчастных случаев для учёта травматизма, учитываются только те случаи, которые повлекли за собой потерю работоспособности более чем на три дня, или повлекшие смерть. Чтобы проанализировать уровень травматизма, пользуются относительными статистическими показателями частоты и тяжести травматизма.

Коэффициент частоты определяет количество несчастных случаев на 100 работающих за отчётный период:

$$K = \frac{n * 100}{P}$$

где P - среднесуточное количество работающих в цехе за отчётный период;
 n - общее количество несчастных случаев за отчётный период.

Коэффициент тяжести травматизма определяет среднюю длительность временной нетрудоспособности, приходящуюся на один несчастный случай, происшедший на производстве:

$$K_T = \frac{T}{n}$$

где T — суммарное количество дней временной нетрудоспособности по всем несчастным случаям, подлежащим учёту за отчётный период.

За отчётный период (3 квартал 2006 г) в цехе произошло 2 несчастных случая. Общая нетрудоспособность составила за данный период 26 дней. Среднесуточное количество работающих в цехе было 80 человек.

$$K = \frac{2 * 100}{P80} 2,5$$

$$K_T = \frac{26}{2} = 13 \text{ дней}$$

						Лист
						106
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

14.6. Чрезвычайные ситуации.

Чрезвычайные ситуации - это совокупность исключительных обстоятельств, сложившихся в соответствующей зоне, имеющих технологический, антропогенный или природный характер. Чрезвычайные ситуации возникают в результате произошедших аварий, катастроф или стихийных бедствий, диверсий, военных действий.

Авария — это внезапное нарушение производственного цикла или остановка работы, приводящие к разрушению или уничтожению ценностей, гибели людей.

Пожар, взрывы, внезапное обрушение конструкций, падение грузов - всё это чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть в литейном цехе.

Наиболее часто происходящей ситуацией является пожар, поэтому необходимо рассмотреть действия людей при возникновении пожара.

Каждый, работающий на предприятии человек при возникновении пожара обязан:

- 1. немедленно сообщить о пожаре в заводскую пожарную службу;*
- 2. приступить к тушению пожара имеющимися на рабочем месте средствами пожаротушения;*
- 3. принять меры по вызову к месту пожара начальника цеха, смены, участка или другого должностного лица.*

Обязанности начальника цеха при возникновении пожара.

Прибыв наместо пожара, начальник цеха, смены, участка обязан:

- 1. прекратить все работы;*
- 2. организовать при необходимости отключение электрических и транспортных устройств и агрегатов, газовых, водяных и паровых коммуникаций, остановку рабочей вентиляции;*
- 3. убедиться, что вызвана пожарная помощь;*
- 4. поставить в известность о пожаре руководство предприятия;*
- 5. возглавить до прибытия пожарной помощи руководство тушения пожара; выделить для встречи пожарных людей, хорошо знающих пути и проезды к месту расположения водоисточников;*

									Лист
									107
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

6. *удалить за пределы опасной зоны людей, не занятых в ликвидации пожара;*
7. *если есть угроза жизни людей, организовать их спасение, используя все силы и средства;*
8. *если есть необходимость, то вызвать газоспасательную и медицинскую службу.*

Существуют другие чрезвычайные ситуации, связанные с ПТМ. К ним относятся:

остановка крана, обрыв каната, авария крана.

Непредвиденная остановка крана может произойти в результате отключения электроэнергии или поломки механизмов крана. Это может произойти в любом месте пути крана (т.е. не у посадочных площадок). При возникновении такой остановки крановщик обязан выключить все аппараты управления, вынуть ключ-марку, повесить плакат «Не включать — работают люди», принять меры, исключая самопроизвольное опускание груза. Затем через рабочих сообщить ответственному за безопасное производство работ о случившемся. Затем крановщик обязан опустить на верёвках плакат на высоту не более 2 метров от пола «Прохода нет — кран на ремонте», и затем вместе с ремонтной бригадой принять участие в ликвидации причин остановки крана. Крановщики и ремонтники должны пройти специальный инструктаж и хорошо знать способы входа (выхода) с крана.

В случае истирания каната может произойти его обрыв и падение груза. Это может привести к травме или гибели человека. В литейных цехах это может привести к разлитию жидкого металла. Поэтому необходимо уделять особое внимание контролю износа грузовых канатов.

Авария крана может произойти при работе с большими массами грузов, при недостаточной прочности сварных швов в металлоконструкции. Это может привести к травме и гибели не только крановщика, но и людей, работающих под краном. Для уменьшения риска травматизма необходимо, чтобы люди не попадали в рабочую зону крана, а если кран мостовой, то чтобы не попадали под висячий груз.

К работе должны допускаться лица, прошедшие специальный инструктаж по технике безопасности.

										Лист
										108
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат						

14. 7. Экологичность работы

Вопросы экологического состояния мира, защиты окружающей среды выдвигаются сейчас на одно из первых мест в деятельности большинства государств и народов земного шара. Практически речь идет о выживании человечества. Решение этой проблемы начинается на каждом отдельно взятом предприятии.

Задачами природоохранной деятельности предприятия являются мероприятия, направленные на сохранение природных богатств и естественной среды обитания человека, на предотвращение экологически вредного воздействия хозяйственной деятельности, на оздоровление и улучшение качества окружающей природной среды.

Основными направлениями обеспечения экологической безопасности является экологизация промышленности. Экологизация заключается в обеспечении устойчивого экологически безопасного природопользования и сохранении ресурсно-экологического равновесия через снижение природоемкости производства и уменьшение воздействия предприятий на биосферные процессы обмена веществ и энергии.

Промышленные отходы.

На предприятии отсутствует система управления отходами, включающая мониторинг, хранение, переработку и утилизацию промышленных и бытовых отходов.

Для решения проблем, связанных с промышленными отходами, необходима разработка программы по совершенствованию управления промышленными отходами. В рамках этой программы должны быть предусмотрены разработка, системы управления твердыми отходами, реформирование

структур управления отходами, разработка и внедрение нормативных документов, направленных на сокращение накопления отходов, организация системы учета и контроля за управлением, отходами, разработка модельной программы по переработке и вторичному использованию отходов, проведение научных исследований по внедрению более чистого производства.

Сточные воды.

										Лист
										109
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат						

Предприятие является крупным потребителем! воды. Из общего количества воды, потребляемой предприятием из источников, до 10-15 % составляют безвозвратные потери, связанные с испарением и каплеуносом в системах оборотного водоснабжения, приготовлением химически очищенной воды, потерями в технологических процессах и др. Остальная вода после использования возвращается в водоем в виде сточных вод.

Шум.

Источниками шума являются все машины и механизмы, применяемые в цехах. Можно выделить несколько машин, имеющих наиболее высокий уровень шума: это выбивные решётки (до 115 ДБа), ленточные конвейеры (до 107 ДБа). Уровень шума регламентирован ГОСТ 12.1.003-83. защитой от шума являются вкладыши или наушники по ГОСТ 12.4.051 -78.

Вибрация.

В цехах основным источником вибрации являются выбивные решётки, способствующие сотрясению пола и других конструкций. Локальными! источниками вибрации являются пневматические трамбовки для утрамбовывания песка. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются ГОСТ 12.1.012-78.

Вентиляция.

Основными вредными факторами! загрязнения окружающей среды в цехах являются пыль, вредные пары и газы, тепловыделения от горячих изделий.

Для обеспечения безопасных условий труда необходимо применять рациональные схемы вентиляции. В данном типе цехов используется общеобменная и местная вентиляция.

Комплекс мер по охране окружающей среды.

1 .Сокращениерасхода воды. Высокие нормы удельного водопотребления и большие объемы сбросов в водоемы есть результат несовершенства технологических процессов и схем, на которых построено промышленное производство. Большое количество отходов при современных методах промышленного производства не является неизбежным, оно может быть сокращено путем создания новых, более современных технологических методов. Важнейшей составной частью перестройки технологических процессов на безотходный режим является сокращение

									Лист
									110
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

водопотребления, направленное в конечном счете на создание производства без сброса сточных вод в водоемы.

Значительное сокращение расходов воды может быть достигнуто за счет усовершенствования охлаждения оборудования. Так, пухеі замены системы перфорированных труб, через которые подается охлаждающая вода на валки стана и рольганги, на систему с применением спрейеров за счет улучшения теплосъема удается сократить расход воды на 25%. С целью снижения расхода воды разработан и может быть рекомендован технический прием охлаждения роликов рольганга в специальных ваннах, позволяющий уменьшить расход воды в 2-3 раза. При применении этого способа можно использовать воду любого качества.

2. Создание системы оборотного водоснабжения и комплексной очистки сточных вод

Создание систем бессточного водоснабжения требует глубокой оценки качества воды, точного определения источников и величины безвозвратных потерь, максимально возможного упрощения общезаводской схемы водоснабжения.

Основным требованием к качеству воды, определяющим необходимость продувки систем оборотного водоснабжения, является ее стабильность: химический состав оборотной воды должен исключать образование отложений и коррозию.

Для предотвращения отложений в системах оборотного водоснабжения металлургических предприятий целесообразно использовать реагенты на основе композиций из фосфорсодержащих и поверхностно-активных реактивов.

3. Очистка промышленных сточных вод Главная экологическая проблема на заводе - это свести к минимуму сброс сточных вод после систем мокрой газоочистки.

Интенсификация и повышение глубины очистки сточных вод с целью их повторного использования могут быть осуществлены за счет внедрения следующих технических приемов:

- Оснащение отстойников тонкослойными модулями;
- Применение флокулянтов для увеличения скорости осаждения взвеси;
- Использование методов напорной флотации вместо простого отстаивания;

						Лист
						111
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

- *Внедрение методов доочистки с применением обычных кварцевых фильтров и натрийкатионирования с целью использования продувочных вод оборотных систем в качестве питательной воды для котлов среднего давления;*
- *Применение в системах оборотного водоснабжения ингибиторов отложения минеральных солей и коррозии трубопроводов.*

						Лист
						112
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под.</i>	<i>Дат</i>		

15. Технико-экономическое обоснование проекта.

Методика обоснования.

Технико-экономическое обоснование проекта заключается в вычислении экономического эффекта от продления срока службы машины (крана). Сравнение производится между двумя возможными вариантами:

- 1. Вариант замены крана, отработавшего свой нормативный срок службы, на новый кран с идентичными характеристиками.*
- 2. Вариант, рассматриваемый в данном проекте, т.е. оценка остаточного ресурса и дальнейшая эксплуатация крана, отработавшего свой нормативный срок службы.*

Экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = (K_1 * E_n + C_1) - (K_2 * E_n + C_2) \quad (15.1)$$

где K_1 — капитальные затраты, связанные с приобретением нового мостового крана;

K_2 — балансовая стоимость крана отработавшего свой нормативный срок службы;

C_1, C_2 — текущие затраты по 1 и 2 вариантам;

E_n — норма амортизационных отчислений.

Определение капитальных вложений для варианта замены крана.

Капиталовложения при замене крана, отработавшего свой нормативный срок службы, на новый кран складываются из стоимости нового крана, стоимости его монтажа, стоимости демонтажа старого крана, за вычетом стоимости металла от старого крана.

$$K_1 = K_{кр} + K_{дм} - Смет; \quad (15.2)$$

где K_1 - капиталовложения необходимые для замены крана;

$K_{кр}$ — стоимость нового крана с учетом его доставки и монтажа,

$K_{кр} = 450000$ руб.;

$K_{дм}$ — стоимость демонтажных работ, $K_{дм} = 15000$ руб.;

$Смет$ - стоимость металла, отправляемого на переработку.

Стоимость металлолома определяем по формуле:

									Лист
									113
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат					

$$Смет = C_1 * t_{кр}; \quad (15.3)$$

где C_1 — стоимость одной тонны металлолома, $C_1 = 1100$ руб.

$t_{кр}$ - вес металла пригодного к переработке, $t_{кр} = 12$ т.

$$Смет = 1100 \text{ руб} * 12 \text{ т} = 13200 \text{ руб.}$$

Окончательно:

$$K_1 = 450000 \text{ руб.} + 15000 \text{ руб.} - 13200 \text{ руб.} = 451800 \text{ руб.}$$

Определение балансовой стоимости крана находящегося в эксплуатации.

Балансовая стоимость крана по данным, полученным от предприятия, составляет 198 274 руб. При дальнейшей эксплуатации крана, после проведения работ по оценке его остаточного ресурса, к этой сумме необходимо прибавить стоимость работ по определению остаточного ресурса. Стоимость этих работ 19000 руб.

$$K_2 = 198274 \text{ руб.} + 19000 \text{ руб.} = 217274 \text{ руб.}$$

Определение текущих затрат.

Для 1-го варианта (замена крана) текущие затраты будут складываться из стоимости потребляемой электроэнергии, стоимости ремонтов и текущих осмотров крана.

$$C_1 = C_э + C_p; \quad (15.4)$$

где C_1 - текущие затраты для первого варианта;

$C_э$ — стоимость потребляемой электроэнергии;

C_p — стоимость ремонтов и текущих осмотров крана.

Стоимость потребляемой электроэнергии определяем по формуле:

$$C_э = C_{э1} * \eta * Tr * \frac{ПВ\%}{100\%} * N$$

Экономический эффект

$E_n = 0,08$ - норма амортизационных отчислений, принят по рекомендациям[11]

$$\mathcal{E} = (451\,800 * 0,08 + 18\,164) - (217\,274 * 0,08 + 23\,714) = 13\,212 \text{ руб.};$$

Экономический эффект положительный значит продление срока службы крана экономически целесообразно.

						Лист
						114
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Таблица 15.1 - Сравнение затрат (руб).

Показатели	Варианты	
	Замена крана	Продление срока службы крана
Капитальные вложения, руб.	451 800	217 274
Текущие затраты: Затраты на электроэнергию, руб.	13 664	13 664
Затраты на ремонты и осмотры, руб.	4 500	5 850
Затраты на обследования, руб.	-	4 200
Суммарные текущие затраты, руб.	18 164	23 714
Экономический эффект, руб.	-	13 212

где $C_{Э1}$ - стоимость 1 кВт*ч;

$\eta=0,95$ - коэффициент, учитывающий потери в сети;

$T_r=2000$ ч -рабочий фонд времени крана;

$\frac{ПВ\%}{100\%}$ = - относительная продолжительность включения;

N — потребляемая мощность (суммарная мощность электрооборудования);

$$C_{Э1} = 1,45 * 0,95 * 2000 * 0,4 * 12,4 = 13\ 664 \text{ руб}$$

$$C_{р1} = K_{кр} - P_{к1}; \quad (15.6)$$

где $K_{кр}$ — стоимость нового крана;

$P_{к1} = 0,01$ — коэффициент годовых отчислений на ремонты и осмотры;

$$C_{р1} = 450000 * 0,01 = 4\ 500 \text{ руб.}$$

$$C_1 = C_{Э1} + C_{р1} = 13664 + 4500 = 18\ 164 \text{ руб.}$$

Определение текущих затрат по второму варианту.

Технические характеристики нового крана должны быть аналогичны характеристикам крана отработавшего свой нормативный срок службы. Принимаем, что стоимость текущих затрат на электроэнергию по второму варианту (продление срока службы крана) будет равна стоимости затрат по первому варианту:

$$C_{э1} = C_{э2} = 13\ 664 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и осмотры, для нового крана, должны быть существенно меньше, чем для крана отработавшего свой нормативный срок службы. По рекомендациям принимаем коэффициент годовых отчислений на ремонты и осмотры $R_k = 0,013$

$$C_{р2} = K_{кр} * R_k = 450\ 000 * 0,013 = 5\ 850 \text{ руб.}$$

Для кранов выработавших свой нормативный срок службы в соответствии с правилами РОСТЕХНАДЗОРА необходимо проводить ежегодное техническое обследование. Стоимость этого мероприятия 4 200 руб.

$$C_2 = C_{э2} + C_{р2} + C_{об} = 13\ 664 + 5\ 850 + 4\ 200 = 23\ 714 \text{ руб.}$$

Экономический эффект.

$$\mathcal{E} = (K_1 * E_n + C_1) - (K_2 * E_n + C_2) ;$$

$E_n = 0,08$ - норма амортизационных отчислений, принят по рекомендациям[11].

$$\mathcal{E} = (451\ 800 * 0,08 + 18\ 164) - (217\ 274 * 0,08 + 23\ 714) = 13\ 212 \text{ руб.};$$

Экономический эффект положительный значит продление срока службы крана экономически целесообразно.

						Лист
						116
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под.</i>	<i>Дат</i>		

Таблица 15.1 - Сравнение затрат (руб).

<i>Показатели</i>	<i>Варианты</i>	
	<i>Замена крана</i>	<i>Продление срока службы крана</i>
<i>Капитальные вложения, руб.</i>	<i>451 800</i>	<i>217 274</i>
<i>Текущие затраты: Затраты на электроэнергию, руб.</i>	<i>13 664</i>	<i>13 664</i>
<i>Затраты на ремонты и осмотры, руб.</i>	<i>4 500</i>	<i>5 850</i>
<i>Затраты на обследования, руб.</i>	<i>-</i>	<i>4 200</i>
<i>Суммарные текущие затраты, руб.</i>	<i>18 164</i>	<i>23 714</i>
<i>Экономический эффект, руб.</i>	<i>-</i>	<i>13 212</i>

16. Педагогическая часть

В процессе подготовки рабочих и ИТР по специальности «Техническое обслуживание подъемно - транспортного оборудования» одной из важных тем является тема: «Определения остаточного ресурса подъемно-транспортных машин».

Изучение по данной теме проходит в следующем порядке:

План проведения занятий для рабочих и ИТР по теме: «Определение остаточного ресурса в подъемно-транспортном машиностроении».

№	Тема урока	Кол-во часов		Межпредметные связи
		Всего	Из них лабораторно-практические занятия	
1	Основные параметры ПТМ	2		Детали грузоподъемных машин
2	Классификация режима работы кранов (ГОСТ 25546-82)	2		Подъемно-транспортные машины. Устройство и эксплуатация.
3	Расчетные нагрузки	4	2	Сопротивление материалов
4	Дифференциальный метод определения допускаемых напряжений	4	2	Сопротивление материалов. Теория механики машин.
5	Алгоритм определения остаточного ресурса по методике А.А. Зарецкого	2	1	Подъемно-транспортные машины. Устройство и эксплуатация.
6	Ростехнадзор России	1		Подъемно-транспортные машины. Устройство и эксплуатация.
7	Зачет	2		
	Итого:	17	5	

Из данного плана видно, что на тему: «Определение остаточного ресурса подъемно-транспортного оборудования» отводится 17 часов, из которых 5 часов выделены под лабораторно-практические занятия. В процессе изучения темы предполагается осветить 6 подтем. Последние 2 часа направлены на выявление уровня сформированности знаний будущих специалистов по изложенной теме.

Задания для проверки знаний можно представить в виде следующего теста:

1. Назовите основные величины, которыми принято характеризовать работу грузоподъемных машин и механизмов?

Эталон: 1-а)

- а) Грузоподъемность,*
- б) грузоподъемность нетто,*
- в) грузоподъемность брутто,*
- г) вес тела,*
- д) грузовой момент.*

2. Что является горизонтальным расстоянием между осями рельсов кранового пути?

А) Колея тележки.

Б) Пролет крана.

Эталон: 2-б

3. Высота подъема груза для мостового крана определяется?

А) От уровня пола для крана без нагрузки при установке его на горизонтальной площадке.

Б) От уровня стоянки крана до грузозахватного органа, находящегося в верхнем положении.

Эталон: 3-а

4. Что включает в себя нормальная нагрузка рабочего состояния?

А) Нерабочее состояние машины на открытом воздухе при отсутствии груза и при неподвижных механизмах.

Б) Нагрузку от собственного веса и номинального веса груза и грузозахватного приспособления. Максимальные динамические нагрузки возникающие при резких пусках, экстренном торможении и т. д.

В) Номинальный вес груза и грузозахватного органа, собственный вес конструкции, ветровые нагрузки рабочего состояния машины, а также динамические

										Лист
										119
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Под.</i>	<i>Дат</i>						

нагрузки возникающие в процессе пуска и торможения при нормальных условиях использования механизма и при нормальном состоянии подкрановых путей.

Эталон: 4-в

5 Чему равен коэффициент перегрузки k в асинхронном двигателе общепромышленного типа?

А) 1.7

Б) 2.5

В) 3.0

Эталон: 5-а

6. Укажите уравнение расчета элементов машин на прочность ?

А) $\sigma = \sigma_{пр} / n > \sigma$

Б) $ORK = ORK / n > O$

В) $ORK_o = ORK N_o / z_i$

Эталон: 6-а

7. Закончите предложение:

В соответствии с правилами все вновь устанавливаемые грузоподъемные машины, на которые распространяются правила Ростехнадзора России, а также съемные грузозахватные устройства до пуска в эксплуатацию

Подлежат _____

Эталон: 7- техническому освидетельствованию

8. Машина прошедшая статическое испытание подвергается динамическому испытанию грузом:

А) 20% превышающим грузоподъемность машины

Б) 50% превышающим грузоподъемность машины

В) 10% превышающим грузоподъемность машины

Эталон: 8- в

						Лист
						120
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Заключение

На сегодняшний день не разработаны алгоритмы точного определения моментов времени проведения технического контроля и обслуживания грузоподъемных кранов и в частности момента выработки им нормативного срока службы.

Время работы крана, определенное по счетчику моточасов, также как и срок службы крана, указываемый в его паспорте, в принципе не позволяют с приемлемой точностью оценить степень выработки ресурса.

Выработку ресурса грузоподъемного крана следует оценивать характеристическим числом, соответствующим группе классификации по ГОСТ 25546 или МС ИСО 4301/1,2.

Текущее значение характеристического числа определяется как накопленная сумма кубических значений относительных масс поднимаемых грузов в каждом цикле, выполненных к данному моменту времени. Поскольку текущее значение характеристического числа является содержательной мерой наработки крана в целом! и его металлической конструкции, указанная сумма представляет собой алгоритм! точной оценки наработки крана.

Поэтому необходимо учесть каждый рабочий цикл без потери информации о нагружении крана.

Расчеты металлоконструкции на сопротивление усталости показал, что у конструкций исследуемого крана существует большой запас прочности.

						Лист
						121
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		

Список использованных источников

1. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб, пособие для студентов машиностр. спец, вузов/С. А. Казак, В. Е. Дусье, Е. С. Кузнецов и др.; Подред. С. А. Казака.-М.: Высш. гик., 1989.-319 с.: ил.
2. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций/В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин и др.; Под общ.ред. М. М. Гохберга. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. - 536 с.: ил.
3. Справочник по кранам: В 2 т. Т.2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов/М. П. Александров, М. М. Гохберг, А. А. Ковш и др.; Под общ.ред. М. М. Гохберга.-Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988.-559 с.: ил.
4. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов. ПБ 10-382-00.
5. Справочник энергетика промышленных предприятий в четырех томах. Авт. М. В. Грейсух и др. Под общ.ред. А. А. Федорова, Г. В. Сербиновского и Я. М. Большимана. Т. 2. Электроснабжение, приёмники электроэнергии в электрооборудование некоторых отраслей промышленности, М. - 77., Госэнергоиздат, 1963. 880 с.
6. Редукторы. Каталог—справочник. 77. 77. Непомняцкий, 77. Е. Семичев. М. - ГОС ИНТИ, 1963.
7. Кузьмин А. В., Марон Ф. 77. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин. - Мн.: Высш. шк., 1983. — 350 с., ил.
8. СТО 24.09-5821-01-93 Краны грузоподъемные промышленного назначения Нормы и методы расчета стальных конструкций.
9. Зарецкий А. А. Алгоритм оценки выработки нормативного срока службы грузоподъемного крана, М.: ЗАО «Автопартнер», 1998. 8 с.
10. ГОСТ 25.101-83. Расчеты и испытания на прочность. Методы схематизации случайных процессов нагружения элементов машин и конструкций и статического представления результатов.

										Лист
										122
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат						

11. Экономика машиностроительного производства: Учеб, для машиностр. спец. вузов/Ю. А. Абрамов, И. Э. Берзинь, Н. Н. Застрожнова и др.; Под ред. И. Э. Берзиня, В. П. Калинина. — М: Высш. шк., 1988. -304 с.

12. Политое В. В. Методические и справочные материалы по «Организации грузовой работы». Методическое пособие для курсового и дипломного проектирования. Ч. 2, Техничко-экономические расчеты по выбору эффективного варианта комплексной механизации и автоматизации переработки грузов. - Екатеринбург: МПС РФ УрГАПС, 1997. - 34 с.

13. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.
ПБ-10-14-92

						Лист
						123
Изм	Лист	№ докум.	Под.	Дат		