

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. В.Г.ШУХОВА» В Г.НОВОРОССИЙСКЕ  
(НФ БГТУ им. В.Г.Шухова)

Методические указания и задания к выполнению курсовой работы по дисциплине  
«Строительная механика и металлические конструкции НТТМ»

для направления подготовки: 23.03.02 «Наземные транспортно-технологические  
комплексы»

Разработал:  
ст. преподаватель  
Картыгин А.В.

Новороссийск 2020

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. В.Г.ШУХОВА» В Г.НОВОРОССИЙСКЕ  
(НФ БГТУ им. В.Г.Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор филиала БГТУ им. В.Г.Шухова  
в г.Новороссийске  
\_\_\_\_\_ к.ф.н., доц. Чистяков И.В.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020

**ЗАДАНИЕ**

на курсовую работу

по дисциплине «Строительная механика и металлические конструкции НТТМ»

Студенту \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_ курса\_

Факультета \_\_\_\_\_

направление подготовки: 23.03.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Тема работы: «Проектирование металлоконструкции мостового крана»

|                                                    |  |
|----------------------------------------------------|--|
| Грузоподъемность $Q$ , кН                          |  |
| Пролет $L$ , м                                     |  |
| Максимальная высота подъема, м                     |  |
| Группа режима работы по ГОСТ 25546-82              |  |
| Скорость подъема $V_{\text{п}}$ , м/с              |  |
| Скорость передвижения тележки $V_{\text{т}}$ , м/с |  |
| Скорость передвижения моста $V_{\text{м}}$ , м/с   |  |

*Содержание курсовой работы:*

*Пояснительная записка:*

Введение

1. Исходные данные.
2. Выбор материала конструкции.
3. Расчётные нагрузки.
4. Наибольший изгибающий момент от вертикальных нагрузок.
5. Определение оптимальных размеров поперечного сечения пролетной балки.
6. Компонировочная схема моста.
7. Размещение ребер жесткости.
8. Строительный подъем пролетных балок.
9. Прочность пролетной балки при ее общем изгибе в двух плоскостях.
10. Сварной шов, соединяющий накладку с концевой балкой.
11. Сварной шов, соединяющий пояс со стенкой.

Список использованной литературы

Графическая часть: 2 листа формата А1

1. Александров М.П. Грузоподъемные машины: Учеб. Для ВУЗов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 250 с.

2. Краны грузоподъемные, консольные, поворотные: Методические указания к выполн. курсового проекта для студ. спец. 190205 / Сост. Покушалов М.П. – Белгород: БелГТАСМ, 2001

Руководитель работы

Задание принял студент

Подпись

дата

## 1 Цель курсовой работы

Цель работы - закрепление материалов лекционного курса по СМ и МК НТТМ и расширение кругозора в области указанных машин в процессе их расчета и проектирования или выполнения студентом научно-исследовательской или учебно-методической работы, проводимой на кафедре в области ГПМ.

## Содержание курсового проекта

Курсовая работа включает графическую часть (2листа формата А1) и расчетно-пояснительную записку.

Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

Введение

1. Исходные данные.
2. Выбор материала конструкции.
- 3 Расчётные нагрузки.
- 4 Наибольший изгибающий момент от вертикальных нагрузок.
5. Определение оптимальных размеров поперечного сечения пролетной балки.
6. Компонировочная схема моста.
7. Размещение ребер жесткости.
8. Строительный подъем пролетных балок.
9. Прочность пролетной балки при ее общем изгибе в двух плоскостях.
10. Сварной шов, соединяющий накладку с концевой балкой.
11. Сварной шов, соединяющий пояс со стенкой.

Список использованной литературы.

## Введение

Мостовые краны являются.....

Работоспособность надёжность и безопасность эксплуатации кранов во многом зависит от качества исполнения их металлических конструкций. В связи с этим к крановым металлоконструкциям предъявляются определённые требования: прочность, общая устойчивость конструкции и местная устойчивость отдельных её элементов; статическая и динамическая жёсткость; выносливость и, вместе с тем, минимально возможная масса, высокая технологичность изготовления и монтажа, иногда ограниченные габариты. Большинство этих требований должны обеспечиваться на стадии предварительного (проектного) расчёта и компоновки.

### 1. Исходные данные

Пролет крана –

Грузоподъемность –

Скорость передвижения крана –

Скорость подъема –

Группа классификации работы крана –

Колея тележки –  $L=2,1$  м.

База тележки –  $B=2,5$  м.

Вес тележки -  $G=35$  кН.

При необходимых прочностных характеристиках металлоконструкции должны быть технологичными, иметь малую стоимость, удовлетворять эстетическим требованиям, а внешние поверхности конструкций должны быть гладкими для снижения возможности образования коррозии и удешевления окраски. На основании этого проектируем мостовой кран, состоящий из двух пространственно-жёстких балок, соединенных по концам пролёта с концевыми балками, в которых установлены ходовые колёса. Крановая тележка перемещается по рельсам, уложенным по верхним поясам коробчатых балок, выполненных из листового проката. Принятая схема металлоконструкции моста приведена на рис. 1.

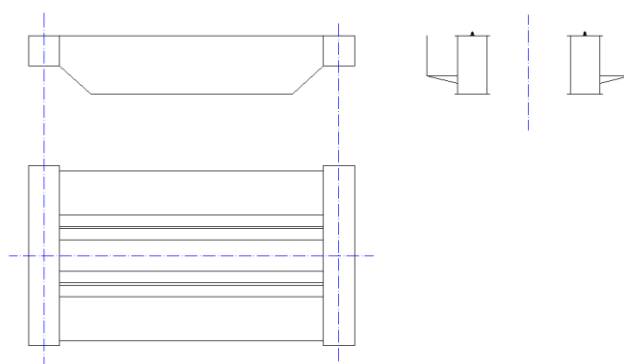


рис. 1

## 2. Выбор материала конструкции.

Наиболее употребительными для расчётных (несущих) элементов металлоконструкции является углеродистая сталь Ст3сп5 по ГОСТ 380-94.

Материал выбран в соответствии с табл. 6.1. [1, с. 109] и из-за более низкой стоимости по сравнению с низкоуглеродистыми.

Расчётные сопротивления основного материала в соответствии с табл. 6.7. [1, с. 113] равны:

При растяжении-сжатии, изгибе:

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}, \text{ МПа}$$

где,  $R_{yn}$  – нормальное сопротивление, принимаемое равным пределу текучести,  $\gamma_m$  – коэффициент надежности по материалу.

При срезе:

$$R_s = \frac{0,58 \cdot R_{yn}}{\gamma_m}, \text{ МПа}$$

Расчетное сопротивление стыковых сварных швов при растяжении, сжатии, изгибе  $R_{wy} = R_y = 243 \text{ МПа}$

Расчетное сопротивление стыковых сварных швов при сдвиге  $R_{ws} = R_s = 141 \text{ МПа}$

Расчетное сопротивление металла углового шва при срезе:

$$R_{wf} = \frac{(0,55 \cdot R_{wyII})}{\gamma}, \text{ МПа}$$

где,  $R_{wyII}$  – нормативное сопротивление материала шва,  $\gamma$  – коэффициент надежности.

## 3 Расчётные нагрузки.

Расчётные комбинации нагрузок для металлоконструкций мостовых кранов приведены в табл. 3.1. [1, с. 116].

Определяем расчётные нагрузки комбинации:

II.A.

где, II – расчет на действие максимальных рабочих нагрузок;

A – кран и тележка неподвижны, производится ускоренный подъем груза.

### 3.1 Нагрузки от веса моста.

Для заданных параметров крана при выбранной схеме его исполнения и принятом материале по графикам рис. 4.1. [1, с. 117] находим в качестве первого приближения  $G_{MK}, \text{ кН}$ ;

Интенсивность нормативной распределённой нагрузки на каждую балку моста:

$$q_{\text{пм}} = \frac{G_{\text{МК}}}{2 \cdot L} \cdot k_q,$$

где,  $G_{\text{МК}}$  - нормативный вес пролётной части моста (пролётные балки с площадками обслуживания), Н;

$L$  - пролёт крана, м;

$k_q$  - коэффициент перегрузки (для металлоконструкции  $k_q = 1,1$ ) [1, с. 117]

### 3.2 Нагрузки от веса кабины и механизмов передвижения.

Вес привода механизма в связи отсутствия данных принимаем по усреднённым данным:

$$G_{\text{пр}} = \gamma \cdot G_{\text{прн}},$$

где,  $\gamma$  - коэффициент перегрузки; [1, с.117]

$G_{\text{прн}}$  - вес привода, кН; [1, с.117].

Вес кабины принимаю с учётом её конструкции (закрытая с электрооборудованием)

$$G_{\text{к}} = \gamma \cdot G_{\text{кн}},$$

где,  $\gamma$  - коэффициент перегрузки;

$G_{\text{кн}}$  - вес кабины, кН.

### 3.3 Нагрузки от веса груза и тележки.

Расчётный вес груза:

$$G_{\text{Q}} = \psi_{\text{Q}} \cdot K_{\text{Q}} \cdot G_{\text{QH}},$$

где,  $\psi_{\text{Q}}$  - коэффициент динамичности, [4, с.68]

$K_{\text{Q}}$  - коэффициент перегрузки для крюковых кранов, [1, с.118]

$G_{\text{QH}}$  - номинальный вес груза.

$$G_{\text{QH}} = Q \cdot g, \text{ кН}$$

где,  $g$  - ускорение свободного падения.

Расчётный вес тележки:

$$G_{\text{T}} = \gamma \cdot G_{\text{ТН}},$$

где,  $\gamma$  - коэффициент перегрузки веса тележки, [1, с.117];

$G_{\text{ТН}}$  - номинальный вес тележки, кН, по табл. 6.14 [1].

## 4 Наибольший изгибающий момент от вертикальных нагрузок.

Наибольший изгибающий момент от подвижной нагрузки возникает в сечении, смещенном от середины пролета на расстояние  $B_{\text{T}}/4$  ( $B_{\text{T}}$  – база тележки), при расположении тележки соответствующим колесом над указанным сечением, т.е это сечение стоит от опоры  $B$  на расстоянии

$Z_0$  рис. 2.

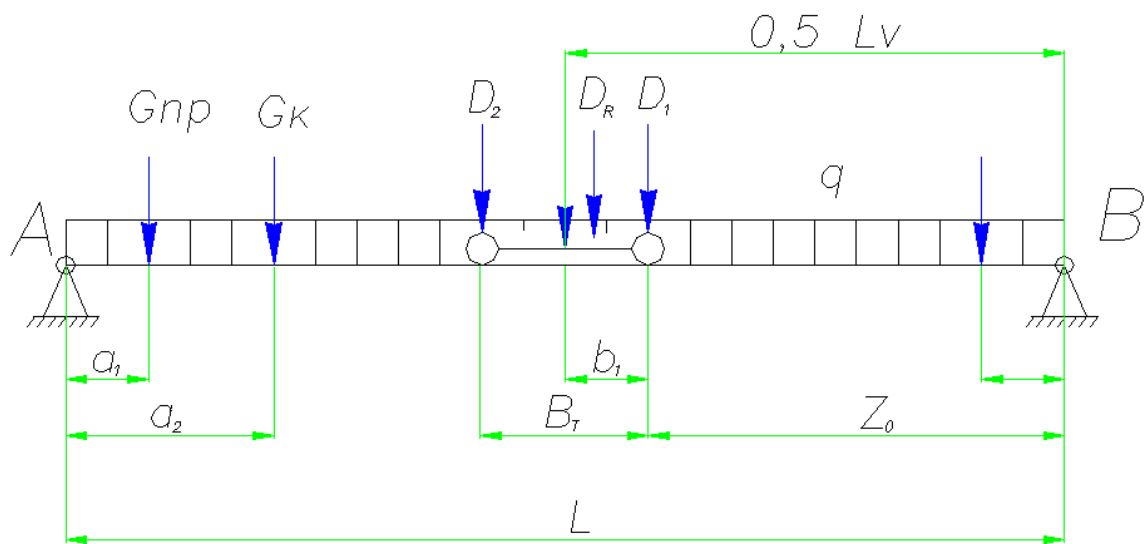


рис. 2

$q$  - расчётная нагрузка от собственного веса пролётной части моста, кН/м ;

$G_{пр}$  - вес приводов механизма движения крана, кН ;

$G_k$  - вес кабины управления, кН ;

$D_1, D_2$  - давление колёс тележки на балку, кН ;

$D_R$  - равнодействующая давления колёс тележки.

Расчётное давление колёс тележки  $D_i$  равно:

$$D_i = D_{Ti} + D_{Qi},$$

где,  $D_{Ti}$  - давление от расчётного веса тележки, кН ;

$D_{Qi}$  - давление от расчётного веса груза, кН .

Распишем все имеющиеся расстояния:

$$a_1 = 1,5 \text{ м};$$

$$a_2, \text{ м} [1, \text{ с.37}];$$

$$b_1 = \frac{B_{\tau}}{2}, \text{ м};$$

$$Z_0 = 0,5 \cdot (L - b_1), \text{ м}.$$

У четырёхколёсной тележки наибольший изгибающий момент от подвижной нагрузки действует в сечении под колесом с давлением.

Для этого сечения суммарный изгибающий момент равен:

$$M_1 = 0,5q_{\text{пм}}Z_0(L - Z_0) + D_R \cdot \left( \frac{L - b_1}{4 \cdot L} \right)^2 + G_{\text{пр}} \cdot a_1 + G_k \cdot a_2 \cdot \frac{L - b_1}{2 \cdot L}, \text{ кН} \cdot \text{м}$$

## 5. Определение оптимальных размеров поперечного сечения пролётной балки

## 5.1 Расчет размеров в средней части пролета из условия обеспечения прочности.

Схема расчетного поперечного сечения двояко симметричной балки с рельсом по оси пояса приведена на рис. 3

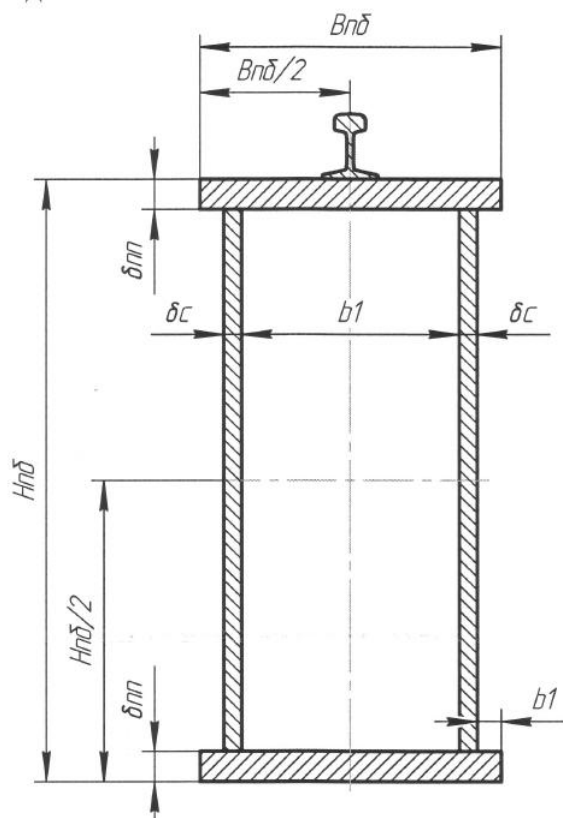


рис. 3

Момент сопротивления сечения пролётной балки, необходимый по условию прочности, определяем по формуле:

$$W_{x\delta} \geq \frac{M_1}{m_0 \cdot R} \cdot 10^{-3}, (2.9)$$

где,  $M_1$  - расчётный изгибающий момент, кН·м ;

$m_0$  - коэффициент неполноты расчётов;

$R$  - расчётное сопротивление материала при работе на изгиб, МПа ;

Коэффициент неполноты расчёта определяем по формуле:

$$m_0 = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3, (2.10)$$

где,  $m_1$  - коэффициент, учитывающий ответственность расчитываемого элемента;

$m_2$  - коэффициент, учитывающий отклонения в геометрических размерах конструкции, влияние коррозии и т.п.

$m_3$  - коэффициент, учитывающий несовершенство расчёта, связанных с неточностями расчётных схем.

Рекомендуемые ВНИИПТМАШем коэффициенты:

$$m_1 = 0,9; m_2 = 1; m_3 = 0,85.$$



## 5.2 Расчет размеров в средней части пролета из условия обеспечения статической жесткости.

Момент инерции сечения по условиям минимальной статической жёсткости:

$$J_{xf} = \frac{D_{RH} l (0,75L^2 - l^2)}{12E[f_{\text{стат}}]L}$$

где,  $f_{\text{стат}} = 1/600$  – относительный статический прогиб моста;

$D_{RH}$  - нормативная подвижная нагрузка, кН;

$E$  - модуль упругости материала, МПа;

$l = 0,5(L - B_T)$ , м

## 5.3 Определение размеров поперечного сечения пролетной балки.

Определяем высоту стенки пролётной балки, удовлетворяющую условию минимума веса при соблюдении требований или прочности, или жёсткости в зависимости от толщины стенки.

Высота стенки при обеспечении заданной прочности:

$$H_{\sigma} = \sqrt{\frac{1,5 \cdot W_{x\sigma}}{\sigma_2}},$$

где  $\delta_2$  - толщина стенки, м .

Высота стенки при обеспечении заданной жёсткости:

$$H_f = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot J_{xf}}{\sigma_2}},$$

Гибкость стенки:

$$S_c = \frac{H}{\delta_2},$$

Результаты расчётов сведём в таблицу 1. и представим в виде кривых на рисунке 3.

Таблица 1

|                  |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|
| $\delta_2$ , мм  |  |  |  |  |
| $H_{\sigma}$ , м |  |  |  |  |
| $H_f$ , м        |  |  |  |  |
| $S_c$            |  |  |  |  |

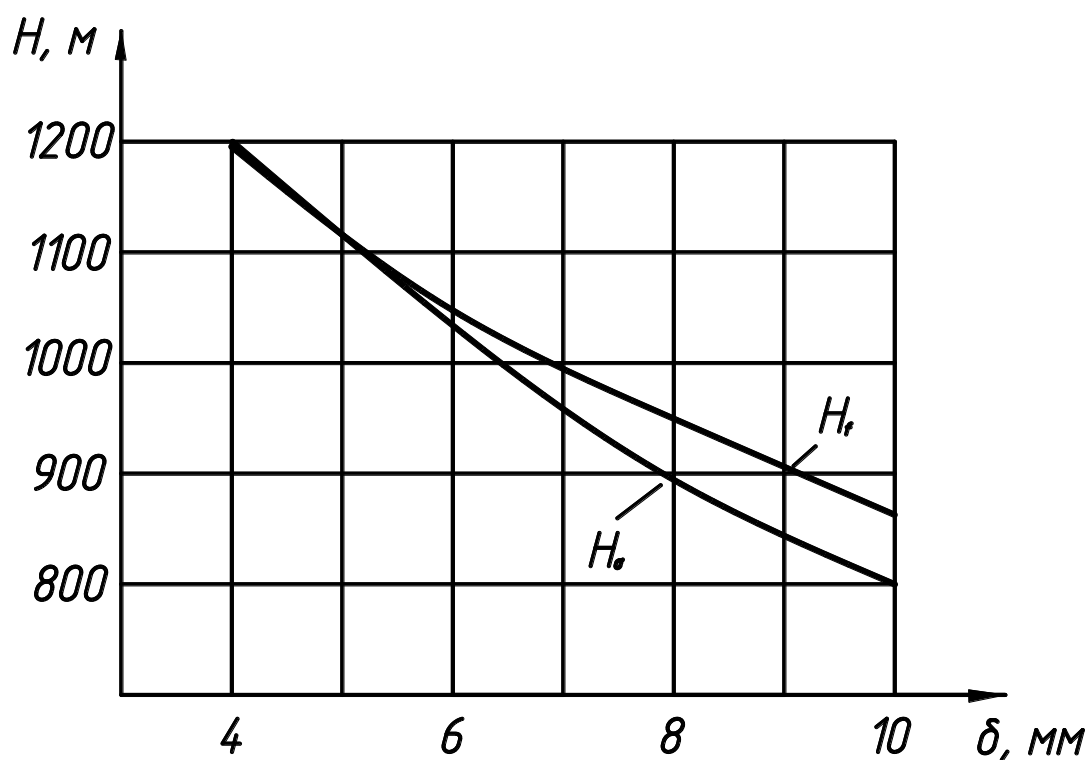


рис. 3

Определяющей является прочность, т.к.  $H_\sigma > H_f$ .

Принимаем для дальнейших расчётов толщину стенки  $\delta_{2,м}$ , тогда оптимальная высота балки будет равна  $H_f, м$  при гибкости  $S_c$ . (По рекомендации ВНИИПТМАШа жёсткость стенок целесообразно назначать в пределах  $S_c = 100 \dots 300$ ).

Остальные размеры определяем из следующих соотношений.

$$B \cdot \delta_1 = \frac{1}{3} \cdot h \cdot \delta_2; \delta_1 = (1 \dots 3) \cdot \delta_2; B = \frac{H}{2} \dots \frac{H}{3} \geq \frac{L}{50}; b \geq 300; b \leq 60\delta_{п}; [1, с.123].$$

Для балки, по условию минимума веса и на основании графиком с размерами:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,006 \text{ м}; H = 1,05 \text{ м};$$

$$B = 0,46 \text{ м}; h = 1,038 \text{ м}; b = 0,36 \text{ м}.$$

Площадь поперечного сечения:

$$F = 2 \cdot (h \cdot \delta_2 + B \cdot \delta_1), м^2.$$

Таким образом, сечение балки примет вид как на рис. 4

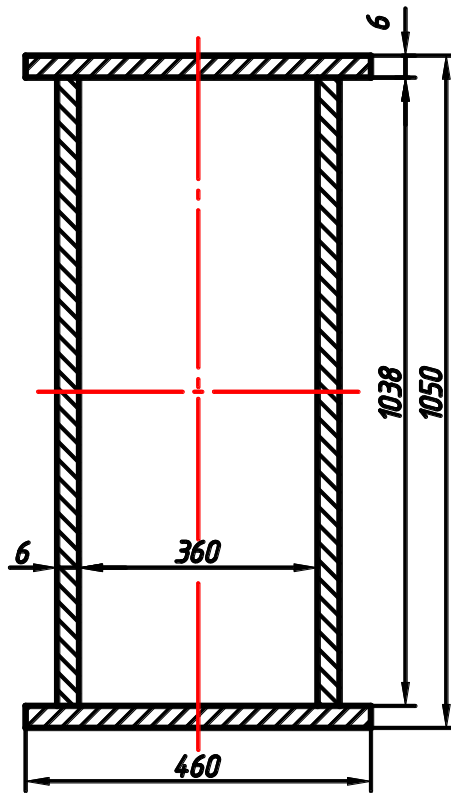


рис. 4

Моменты инерции в вертикальной плоскости.

$$J_{1x} = 2 \cdot \left[ \frac{\delta_2 \cdot h^3}{12} + \delta_1 \cdot B \cdot \left( \frac{h}{2} + \delta_1 \right)^2 \right];$$

Момент инерции в горизонтальной плоскости

$$J_{1y} = 2 \cdot \left[ \frac{\delta_1 \cdot B^3}{12} + \delta_1 \cdot h \cdot \left( \frac{b}{2} + \delta_1 \right)^2 \right]$$

Моменты сопротивления в вертикальной плоскости

$$W_{1x} = \frac{2 \cdot J_{1x}}{h + \delta_1}$$

Момент сопротивления в горизонтальной плоскости

$$W_{1y} = \frac{2 \cdot J_{1y}}{B}$$

## 6. Компоновочная схема моста.

Компоновка моста крана определяется в значительной степени компоновкой узлов сопряжения пролетных балок с концевыми и конструкцией ходовой части крана. Краны грузоподъемностью до 50 т устанавливают на четырех ходовых колесах, из которых два являются приводными.

### 6.1 Балки.

Концевые балки для крана грузоподъемностью проектируются, как и пролетные, коробчатого сечения с толщиной стенок и поясов  $\delta_{СК} = \delta_{ПК}$ , м.

Высота этих балок назначим 0,6 от высоты пролетной балки.

$$H_1 = 0,6 \cdot H, \text{ мм.}$$

Привод механизма передвижения крана принимаем по [табл.7.1]:

Двигатель -

Редуктор -

Тормоз -

Диаметр колеса -

Ширина концевой балки определяется расстоянием между серединами корпусов (букс) подшипников ходовых колес – 2С. Полученное сечение балки показано на рис. 5.

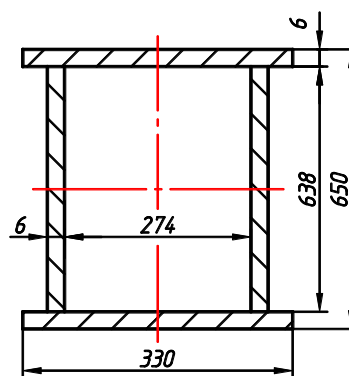


рис. 5

Момент инерции сечения:

$$J_{2x} = 2 \cdot \left[ \frac{\delta \cdot h_t^3}{12} + \delta \cdot B_{\text{тор}} \cdot \left( \frac{h_t}{2} + \delta \right)^2 \right]$$

$$J_{2y} = 2 \cdot \left[ \frac{\delta \cdot B_{\text{тор}}^3}{12} + \delta \cdot h_t \cdot \left( \frac{B_{\text{тор}}}{2} + \delta \right)^2 \right]$$

## 6.2 Компоновка механизма передвижения крана.

Для компоновки механизма передвижения крана устанавливаются ходовые колеса с буксами между стенками концевой балки с совмещением нижней кромки буксы с нижним поясом балки.

Передняя кромка определила конец концевой балки. Таким образом установлено положение ходового колеса относительно балки. Вал ходового колеса соединяется с выходом редуктора посредством промежуточного вала длиной примерно ..... Далее входной вал редуктора соединяется с валом двигателя зубчатой муфтой типа I. Тормозной шкив с тормозом устанавливаем на втором входном валу редуктора.

Оставляя небольшой проход (300...500мм) между двигателем и стенками пролетной балки, получаем положение пролетной балки относительно концевой. Расстояние от оси ходового колеса до оси подтележного рельса оказалось равным .....мм, а база крана Вк ..... мм. Последняя, с целью недопущения заклинивания крана на путях, должна быть не менее 1/6 пролета крана. Отсюда минимально

допускаемая величина базы:

$$[B_K]_{MIN} = \frac{1}{6} L_{кр}, м$$

Условия отсутствия заклинивания выполняются.

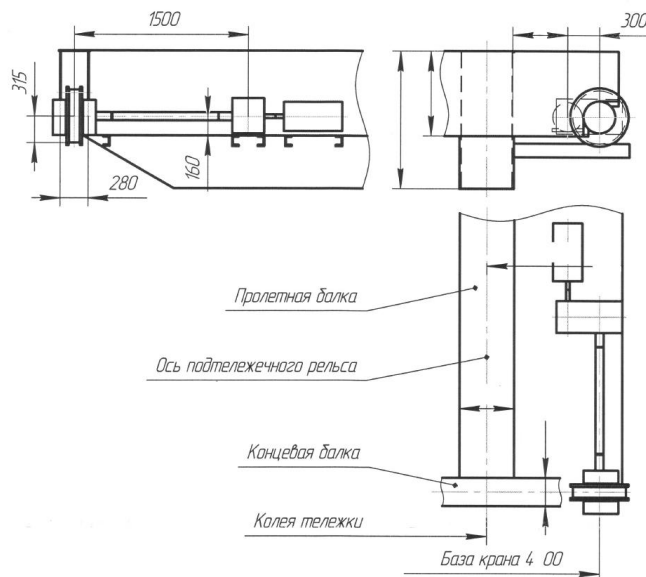


рис. 6

### 6.3 Сопряжение пролетных балок с концевыми.

Соединение балок осуществляется с помощью накладок 1, 2, 3. Эти привариваемые накладки не только обеспечивают неизменность положения балок относительно друг друга, но и являются компенсаторами допусков присоединительных размеров. При стыковке балок, чтобы выдержать необходимый пролет  $L_k = \dots\dots\dots$  мм, между пролетной и концевой балками предусматривается гарантируемый зазор  $D = \dots\dots\dots$ , за счет которого регулируется положение пролетной балки относительно концевой. Длина пролетной балки определяется из следующих условий. Горячекатаные стальные листы по ГОСТ 199903-74 при толщине  $\delta = 6$  мм и ширине  $B = 1800$  мм выпускаются длиной до 1200 мм.

Для пролета крана стенка пролетной балки составляется из трех листов длиной около  $\dots\dots\dots$  мм. Такое деление стенки необходимо также для обеспечения строительного подъема.

Задавшись зазором  $D = \dots\dots\dots$  мм, определим номинальную длину балки:

$$L_x = L_H - 2a - 2D, мм$$

где,  $a$  – половина ширины пояса концевой балки.

Листы, составляющие стенку пролетной балки, нарезаются по длине с предельными отклонениями  $\pm \frac{L_{T14}}{2}$ , что для заготовок длиной 7500 мм равно  $\pm 6$  мм. Таким образом, длина пролетной балки  $L_x, мм$ .

Минимальный зазор при указанном допуске

$$D_{MIN}, мм$$

Максимальный зазор при указанном допуске

$$D_{MAX}, мм$$

Расположение накладок 1, 2, 3 и сварных швов на рис. 7.

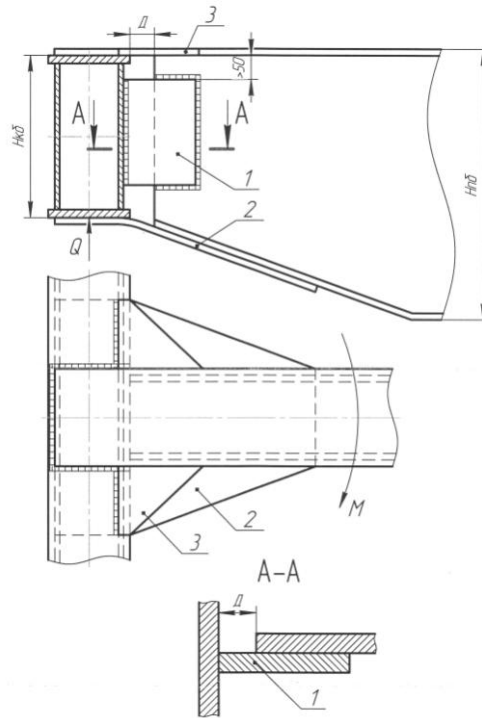


рис. 7

## 7. Размещение ребер жесткости.

Фактическая гибкость стенки пролётной балки в её средней части:

$$S_c = \frac{h}{\delta}.$$

При  $160 \leq S_c \leq 265$  для малоуглеродистой стали устанавливают поперечные и одно продольное ребро жесткости. [1, с.126].

Диафрагмы будем выполнять из листового проката.

Ширину выступающей части ребра определим по условию [1, с.128]:

$$b_p \geq \frac{h}{30} + 40.$$

Толщина ребра из условия обеспечения его устойчивости [1, с.128].

$$\delta_p \geq \frac{b_p}{15}.$$

Момент инерции ребра относительно плоскости стенки в соответствии с формулой [1, с.128].

$$J_p \geq 3 \cdot h \cdot \delta^3$$

Окончательно принимаем:  $b_p = \dots\dots\dots \text{мм}$ ;  $\delta_p = \dots\dots \text{мм}$ .

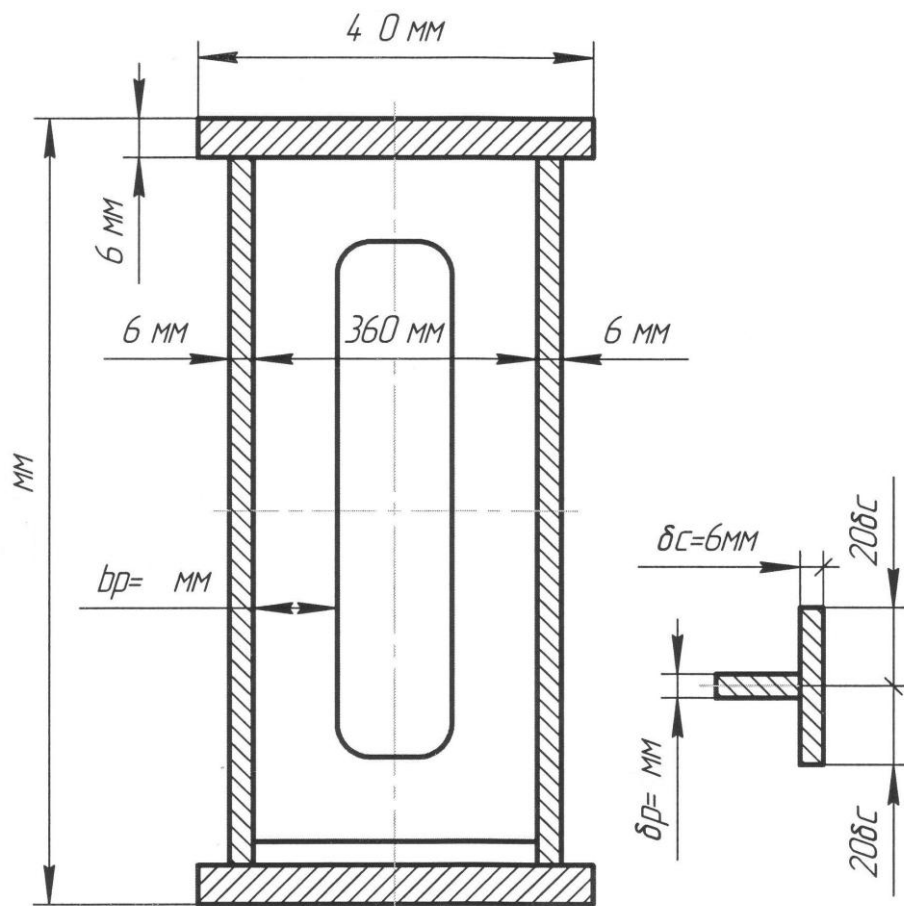


рис. 8

Тогда момент инерции относительно плоскости стенки:

$$J_p = \frac{\delta_p \cdot b_p^3}{12} + \delta_p \cdot b_p \cdot \left( \frac{b_p}{2} \right)^2$$

Поскольку  $J_p \geq J_{p \min}$  увеличение геометрических характеристик не требуется, условие выполняется.

Шаг основных поперечных рёбер жёсткости, являющихся опорами для рельса, определяют из условия прочности последнего.

$$l_1 \leq \frac{6 \cdot W_{x \min} \cdot R_{yn}}{D} \cdot \gamma_p,$$

где,  $W_{x \min}$  - минимальный момент сопротивления рельса;

$R_{yn}$  - нормативное сопротивление материала рельса.

$D$  - давление колеса тележки.

$\gamma_p$  - коэффициент условий работы рельса.

При ширине поверхности катания колеса ( $D_k = \dots \text{мм}$ )  $B_1 = \dots \text{мм}$  устанавливается рельс с шириной головки

$$b_p = B_1 - 15, \text{ мм}$$

Этому размеру соответствует рельс КР80 ГОСТ 4121-76

Высота рельса -  $h = 130 \text{ мм}$

Ширина подошвы рельса -  $B = 130$  мм

Минимальный момент сопротивления рельса КР80 в вертикальной плоскости -  $W_{x\min} = 228,65 \cdot 10^{-6}$  м

Нормативное сопротивление материала рельса -  $R_{yp} = 350$  МПа

Коэффициент условий работы рельса -  $\gamma_p = 0,5$

Учитывая, что верхний пояс пролетной балки достаточно тонок, для обеспечения его прочности при действии местных напряжений от давления колёс тележки, принимаем конструктивно шаг малых диафрагм  $l_m = 1$  м, а шаг больших диафрагм  $l_o = 3 \cdot l_m$ , м

Проверку прочности поперечного ребра по условиям работы его верхней кромки на сжатие по формулам [1, с.129].

$$\sigma_{сж} = 1,15 \cdot \frac{D}{S_{pe} \cdot \delta_p} \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot S_{pe}}{2 \cdot Z}\right) \leq m_0 \cdot R,$$

где,  $D$  - давление колеса тележки;

$S_{pe}$  - длина линии контакта рельса и пояса под ребром;

$R$  - расчётное сопротивление материала при работе на сжатие;

$Z$  - расчётная зона распределения давления колеса по ребру для сварки балок [1, с.129].

$$Z = 8,45 \cdot \sqrt[3]{\frac{J_n + J_{pe}}{\delta_p}},$$

где,  $J_n, J_{pe}$  - момент инерции пояса и рельса относительно собственных нейтральных осей;

Для кранового рельса:

$$S_{pe} = 0,6 \cdot b_{pe},$$

где,  $b_{pe}$  - ширина подошвы рельса;

$$b_{pe} = \dots\dots\dots \text{мм} [1, \text{с.310}].$$

при  $m_3 = 0,95$ ;  $m_0 = 0,812$ ;

$$R_p = m_0 \cdot R, \text{МПа};$$

$$\sigma_{сж} < R_p, \text{МПа},$$

следовательно прочность верхней кромки диафрагмы обеспечена.

Проверку прочности верхнего пояса между диафрагмами необходимо проводить в силу того, что он испытывает напряжения от местного изгиба, деформируясь совместно с рельсом.

Величины местных сопротивлений:



- вдоль оси балки

$$\sigma_{xM} = \frac{D \cdot l_M}{12} \cdot \frac{\delta_{II}}{(1 - \mu^2) J_p + J_{II}}$$

- поперек оси балки

$$\sigma_{yM} = \frac{D \cdot l_M^3 \delta_{II}}{[12(1 - \mu^2) J_p + J_{II}] b^2}$$

где,  $l_M = 1 \text{ м}$  – расстояние между диафрагмами;

$\delta_{II} = 0,006$  – толщина пояса;

$\mu$  – коэффициент Пуассона;

$J_p$  – момент инерции рельса;

$b$  – размер между стенками балки.

Прочность пояса с учетом напряжения  $\sigma_x$  общего изгиба балки проверяется по приведенным напряжениям для плоского напряженного состояния:

$$\sigma_{IP} = \sqrt{(\sigma_x + \sigma_{xM})^2 - (\sigma_x + \sigma_{xM}) \sigma_{yM} + \sigma_{yM}^2} \leq R_y \gamma_0$$

Местная устойчивость стенок при действии нормальных напряжений обеспечивается установкой диафрагм. Проверка производится по условию:

$$\frac{\sigma_x}{\sigma_{KP}} \leq 0,9$$

где,  $\sigma_{KP} = 746 \left( \frac{\delta_c}{h} \right)^2 \cdot 10^4$  – критическое напряжение, при котором происходит потеря устойчивости.

При жесткости стенки  $160 \leq S \leq 265$  рекомендуется ставить одно продольное ребро. Продольное ребро жесткости ставится на расстоянии от крайней сжатой кромки стенки.

$$b_{PP} = (0,2..0,25) h, \text{ мм}$$

При определении момента инерции диафрагмы в расчет должна включаться часть стенки.

$$a = 20 \delta_c, \text{ мм}$$

Необходимый момент инерции продольного ребра

$$J_{PPP} = \left( 1,5 - 0,4 \frac{a}{h} \right) \frac{a^2}{h} \delta_c^3$$

Принимаем продольное ребро жесткости – лист  $6 \times 22$  ГОСТ 19903-74

Момент инерции поперечного сечения ребра относительно кромки

$$J_{PPP} = 7 b_1 \delta^3$$

## 8. Строительный подъем пролетных балок.

Поскольку пролет рассчитываемого крана более .....м, пролетным балкам

необходимо придать строительный подъем, который должен быть:

$$f_0 = f_q + \frac{f_B}{2} \geq \frac{L}{800}, \quad [1, \text{с.141}]$$

где,  $f_q$  - прогиб пролётной балки от действия постоянных нагрузок, м ;

$f_B$  - прогиб пролётной балки от действия подвижных нагрузок, м ;

$L$  - пролёт крана, м .

$$f_B = \frac{D_R \cdot l_1 \cdot (0,75 \cdot L^2 - l_1^2)}{12 \cdot E \cdot J_{1X}},$$

$$\text{где, } l_1 = \frac{L - B_T}{2}, \text{ мм};$$

$$f_0 = f_q + \frac{f_B}{2}, \text{ м};$$

При составлении вертикальных стенок из трех листов длиной  $z = \dots\dots\dots$  м строительный подъем в стыках:

$$f = f_0 \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot z}{L}\right), \text{ м};$$

Скосы находим по формуле:

$$k = f \cdot \frac{h}{z}, \text{ м};$$

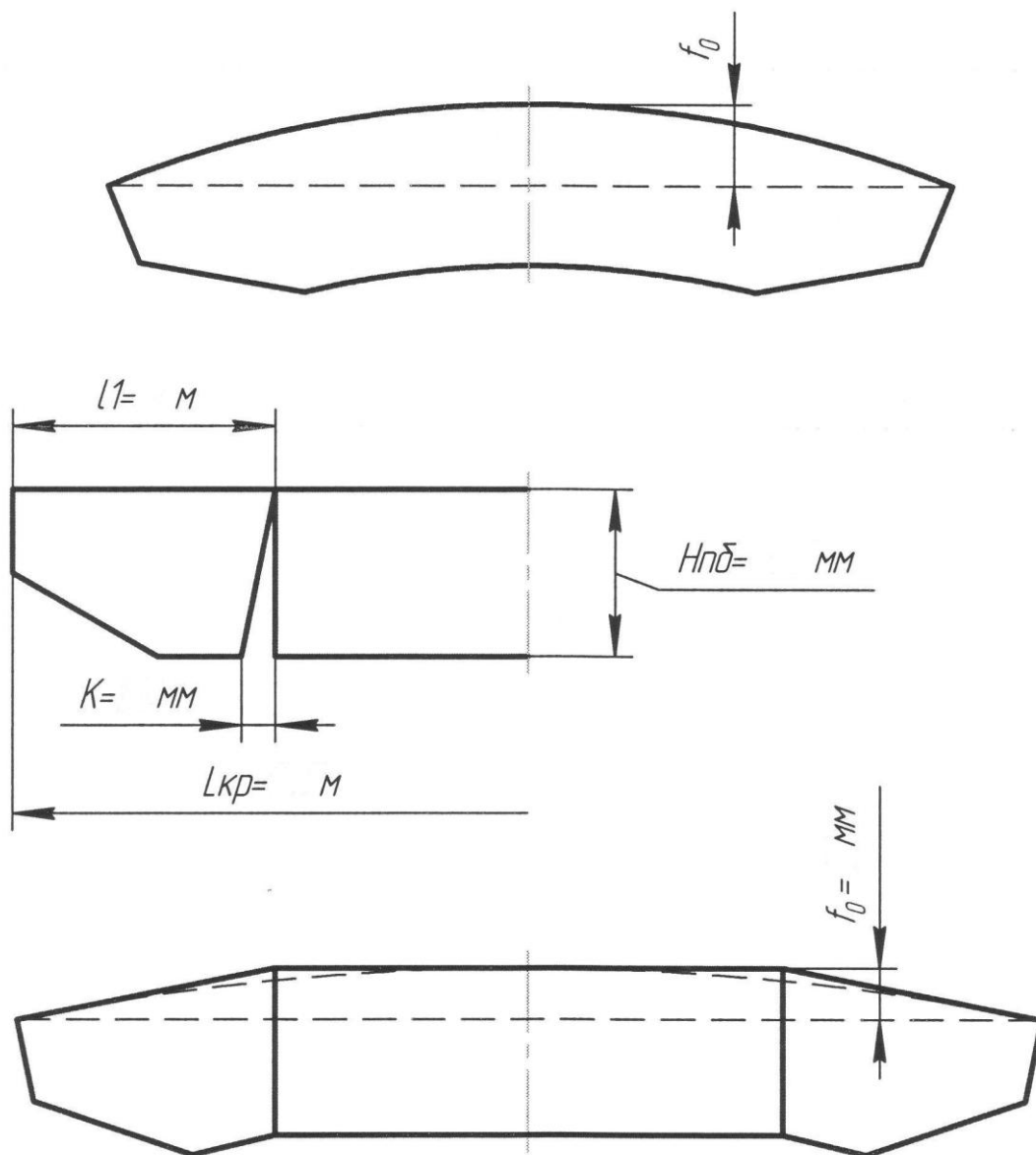


рис. 9

## 9. Прочность пролетной балки при ее общем изгибе в двух плоскостях.

Проверку прочности балки в средней части пролета производим при действии нагрузок комбинации I.1.Б

$$\sigma = \frac{M_{IY}}{W_{IX}} + \frac{M_{IX}}{W_{IY}} \leq R \cdot m_0,$$

где,  $M_{IY}, M_{IX}$  - изгибающий момент в вертикальной и горизонтальной плоскостях;  
 $W_{IX}, W_{IY}$  - момент сопротивления балки при изгибе в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

$R$  - расчётное сопротивление материала.

$m_0$  - коэффициент неполноты расчёта.

Схема приложения горизонтальных нагрузок приведена на рис. 8

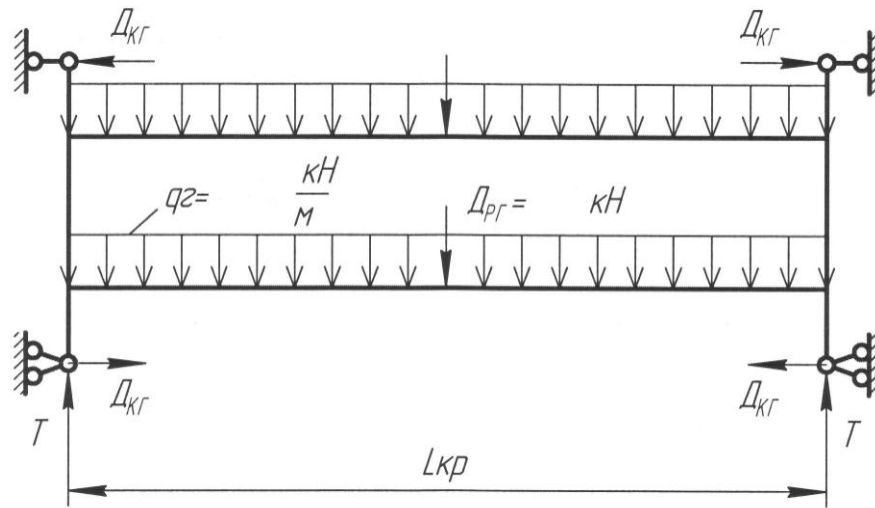


рис. 10

Горизонтальные инерционные нагрузки рассчитываются по формуле

$$G_{i\Gamma} = \frac{j_k}{g} \cdot G_{iB}$$

где,  $j_k = 0,1 \text{ м/с}^2$  - ускорение крана при пуске механизма;

$g$  – ускорение силы земного притяжения;

$G_{iB}$  – расчетные силы веса изделий

Суммарный горизонтальный изгибающий момент:

$$M_{i,\Gamma} = \frac{q_{\Gamma} \cdot L^2}{8} \cdot \frac{1+S}{3+S} + \frac{D_{R\Gamma} \cdot L}{8} \cdot \frac{3+2 \cdot S}{3+S}.$$

$$\text{где, } S = \frac{B_k}{L} \cdot \frac{J_{1Y}}{J_{2Y}} \cdot \left( 1 - 3 \cdot \frac{L_T}{B_k} \cdot \left( 1 - \frac{L_T}{B_k} \right) \right);$$

Расчётная зависимость:

$$R_p = m_0 \cdot R, \text{ МПа}.$$

$$\sigma < R_p.$$

Таким образом, прочность средней части балки при общем изгибе в двух плоскостях обеспечена.

## 10. Сварной шов, соединяющий накладку с концевой балкой.

Прочность вертикального шва соединения определяем по формуле.

$$\tau_B = \frac{A}{2 \cdot \beta \cdot h_m \cdot l_{ш}} \leq m_0 \cdot R_{y.ср}^{св}, \text{ где, } A = \frac{G_{пп}(L - a_1) + D_R \left( L - \frac{B_T}{2} \right) + G_K(L - a_2) + G_{пп}a_1}{L}, \text{ кН}$$

$A$  – максимальное значение поперечной силы при крайнем положении тележки со стороны кабины;

$\beta$  - коэффициент, зависящий от вида сварки;

$h_m$  - толщина углового шва;

$l_{ш}$  - расчётная длина;

$R_{y.ср}^{св}$  - расчётное сопротивление для углового шва;

$m_0$  - коэффициент неполноты расчёта;

Принимаем толщину монтажной накладки равной толщине стенки пролетной балки  
 $\delta_{MH} = \delta_c$

Сварное соединение монтажной накладки и стенки концевой балки – Т6 ГОСТ 5264-80.

Принимаем толщину сварного шва равной толщине монтажной накладки.

Усиление сварного шва не учитываем при расчете – оно идет в запас прочности.

$$h_{сш} = \delta_{MH}$$

Расстояние от верхней кромки монтажной накладки до нижней кромки верхнего пояса концевой балки принимаем

$$\Delta_3 = \dots \text{мм}$$

Высота монтажной накладки

$$l_{MH} = H_{KB} - 2 \cdot \delta_{HK} - 2 \cdot \Delta_3, \text{ мм}$$

Расчетная длина сварного шва.

$$l_{сш} = l_{MH} - 2 \cdot h_{сш}, \text{ мм}$$

Проверяем прочность вертикального сварного шва.

## 11. Сварной шов, соединяющий пояс со стенкой.

При действии вертикальных сил на балку последниегибаются в вертикальной плоскости, и между полкой и стенками возникают горизонтальные сдвигающие усилия, которые воспринимаются сварными швами. Прочность сварного шва, соединяющего пояс со стенкой, проверяем по формуле [1, с.134].

$$\tau_{\Gamma} = \frac{A \cdot S_n}{2 \cdot \beta \cdot h_m \cdot J_{бр}} \leq m_0 \cdot R_{y.ср}^{св},$$

где,  $A$  - наибольшая поперечная сила в рассматриваемом сечении;

$S_n$  - статический момент брутто пояса балки относительно её общей нейтральной оси;

$J_{бр}$  - момент инерции брутто сечения балки.

$$S_n = F \cdot d,$$

где,  $F$  - площадь поперечного сечения пояса,

$d$  - расстояние до нейтральной оси.

Принимаем  $\beta = 0,7$  для РДС (ручной дуговой сварки).

### **Список использованной литературы.**

1. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учебное пособие  
С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С. Кузнецов и др.; Под ред. С.А. Казака. - М.: Высш. шк.,  
2.
3. Справочник по кранам/ Под ред. М.М. Гохберга. Л. Т. 1,2.
4. Мостовые краны общего назначения. - 5-е изд., перераб. и доп./ Шабашов А.П.,  
Лысяков А.Г. - М.: Машиностроение.