

РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

М.А. Буракова, О.И. Мелешко

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
ОДНОБАЛОЧНОГО МОСТОВОГО КРАНА.
ТЕОРИЯ И РАСЧЁТ

Учебно-методическое пособие

Ростов-на-Дону
2017

Рецензент – доктор технических наук, профессор Н.И. Бойко

Буракова, М.А.

Проектирование металлических конструкций однобалочного мостового крана. Теория и расчёт: учебно-методическое пособие / М.А. Буракова, О.И. Мелешко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 39 с. – Библиогр.: с .28.

Приведены элементы проектирования металлических конструкций однобалочных мостовых кранов, последовательность расчётов их основных конструктивных элементов. Содержатся необходимые теоретические и справочные сведения для определения основных параметров и характеристик проектируемых металлоконструкций крана.

Предназначено для проведения практических занятий и выполнения курсового проектирования студентами всех форм обучения специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» по специализации «Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» при изучении дисциплины «Строительная механика и металлические конструкции подъёмно-транспортных и строительно-дорожных машин» и направления подготовки 15.03.03 «Прикладная механика» – «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» при изучении дисциплины «Строительная механика машин». Также возможно использование материалов пособия при самостоятельном изучении данных дисциплин.

Одобрено к изданию кафедрой «Транспортные машины и триботехника».

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ МЕХАНИЗМАХ – МОСТОВЫХ КРАНАХ	4
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОБОЛОЧНОГО МОСТОВОГО КРАНА	8
2.1 Определение основных размеров мостового крана	10
2.2 Определение действующих нагрузок на металлоконструкцию крана	11
2.3 Аналитический расчёт ездовой балки мостового крана.....	13
2.3.1 Определение расчётных усилий.....	13
2.3.2 Подбор сечения по условию жёсткости	15
2.3.3 Проведение проверки напряжений в металлоконструкции.	17
2.3.4 Проведение проверки жёсткости в металлоконструкции. Расчёт по предельному состоянию второй группы.....	19
2.4 Расчёт фермы жёсткости мостового крана на действующие усилия.....	19
2.4.1 Влияние инерционных нагрузок	20
2.4.2 Влияние нагрузки перекося	20
2.4.3 Подбор сечения металлоконструкции фермы мостового крана	21
2.4.4 Проверка напряжений, действующих в элементах фермы.....	22
2.4.5 Расчёт сварных швов элементов фермы мостового крана	23
2.5 Расчёт концевой балки мостового крана	23
2.5.1 Определение расчётных усилий в концевой балке	23
2.5.2 Подбор сечений концевой балки.....	30
2.5.3 Проверка напряжений, действующих в элементах концевой балки.	27
3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОДНОБАЛОЧНОГО МОСТОВОГО КРАНА	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	30
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ И	38

1 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ О ГРУЗОПОДЪЁМНЫХ МЕХАНИЗМАХ – МОСТОВЫХ КРАНАХ

На промышленных предприятиях, строительных площадках, в речных и морских портах, на железнодорожном транспорте, на складах и в складских помещениях одними из наиболее распространённых средств механизации погрузочно-разгрузочных работ являются грузоподъёмные краны. Они обеспечивают подъём груза и его перемещение на незначительное расстояние, а затем опускание с помощью грузозахватного устройства. В связи с многообразием выполняемых работ краны классифицируются по конструктивному исполнению, конструкции грузозахватного устройства, виду перемещения, конструкции ходового устройства, по виду привода механизмов, степени поворота и способу опирания (опоры).

К конструктивному исполнению относятся мостовые краны, которые бывают собственно мостовые, козловые, мостовые перегружатели, кабельные и мосто-кабельные. Применяют их преимущественно в различных отраслях для внутрицеховых и внутрискладских погрузочно-разгрузочных работ. В зависимости от назначения мостовые краны подразделяются на следующие группы: общего назначения, специального назначения и металлургические.

Краны общего назначения снабжаются в основном грузовым крюком, который предназначен для выполнения массовых погрузочно-разгрузочных работ. Обычно применяются различные тали или тельферы.

Мостовые краны состоят из двух основных узлов: моста, который предназначен для передвижения вдоль цеха, и крановой тележки или тали, передвигающейся по мосту (рис. 1, 2, 3).

В зависимости от конструкции моста мостовые краны бывают однобалочные и двухбалочные. Однобалочный мостовой кран состоит из главной балки, которая соединена с двумя концевыми балками (см. рис. 1–3).

По способу опирания на крановый путь различают два типа мостовых кранов – опорного типа (рис. 1, 2) и подвесного (рис. 3).

К опорного типа мостовым кранам относятся те краны, которые опираются ходовыми колёсами на крановый рельс, закреплённый на подкрановой балке, которую в свою очередь устанавливают на колоннах цеха или эстакадах.

Мостовые краны подвесного типа ходовыми колёсами опираются на нижние полки двутавровых балок, подвешенных к потолочным конструкциям цеха.

По типу привода мостовые краны выполняются могут как с ручным, так и с электрическим приводом. Наиболее распространены краны с электрическим приводом. Краны с ручным приводом механизмов применяют при вспомогательных подъёмно-транспортных операциях, при ремонте и монтаже оборудования и других работах, для выполнения которых не требуются большие скорости подъёма и перемещения грузов.

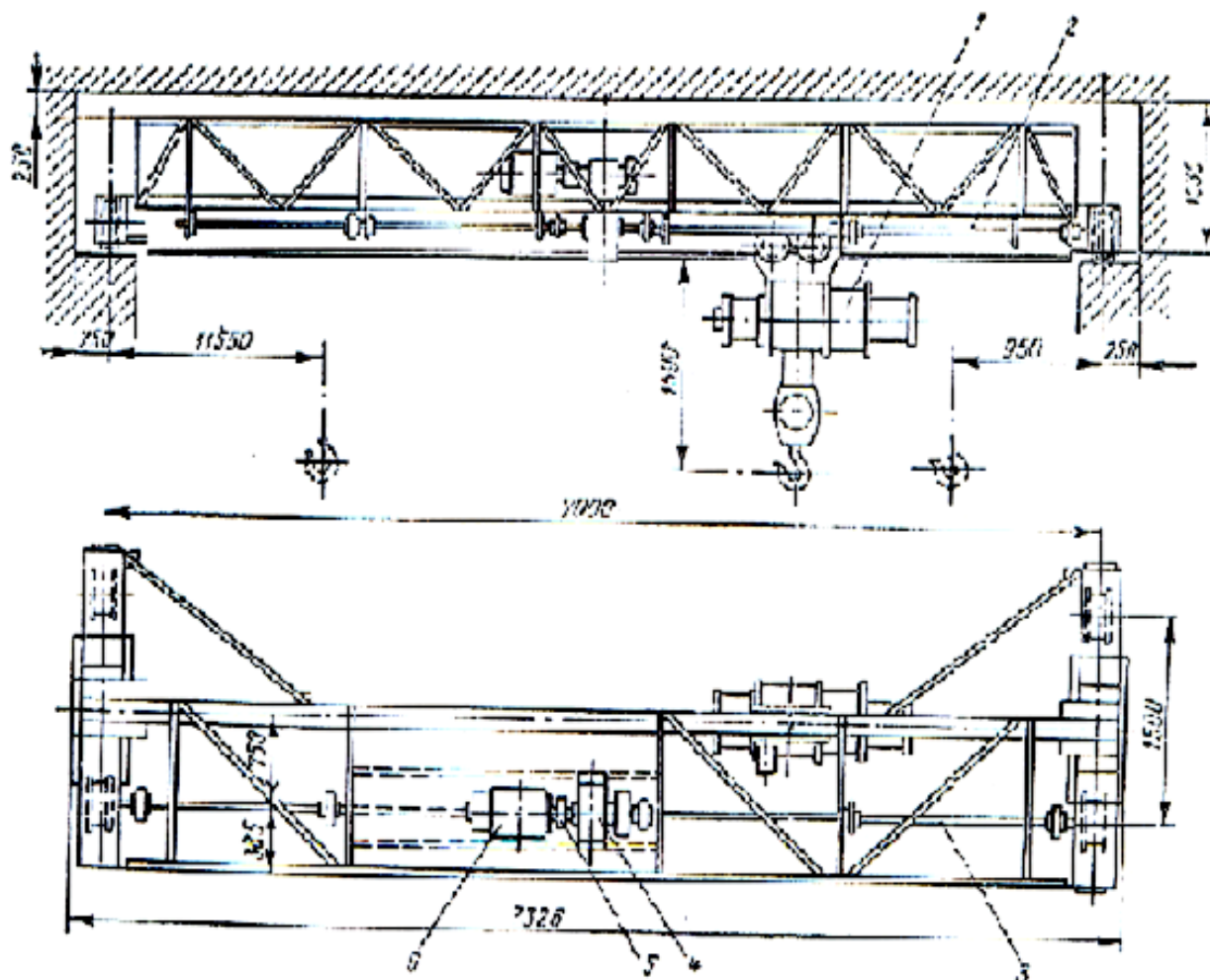


Рис. 1. Общий вид однобалочного мостового крана опорного типа сварной конструкции:

- 1 – самоходная электрическая таль; 2 – мост (ездовая балка);
 3 – вал трансмиссии; 4 – двухступенчатый редуктор; 5 – муфта;
 6 – электродвигатель механизма передвижения крана

Основной характеристикой крана является пролёт L , расстояние между осями крановых рельсов (ГОСТ 4121-62*, ГОСТ 534-78) (Приложение А).

Управление мостовыми кранами осуществляется двумя способами – из кабины и с пола с помощью выносного пульта управления. При этом, для безопасности проведения работ скорости передвижения моста и тележки значительно снижены. Если работа крана происходит в цехах содержащих пары кислот, щелочей или других вредных примесей, то управление краном осуществляется дистанционно.

Мостовые краны *подвесного типа* однобалочные с ручным приводом (ГОСТ 7413-80) имеют длину пролёта L в пределах 3,6...11,4 м и грузоподъёмность от 0,5 до 5,0 т. Обычно для подъёма груза на них применяют ручные передвижные червячные тали (ГОСТ 1106-74).

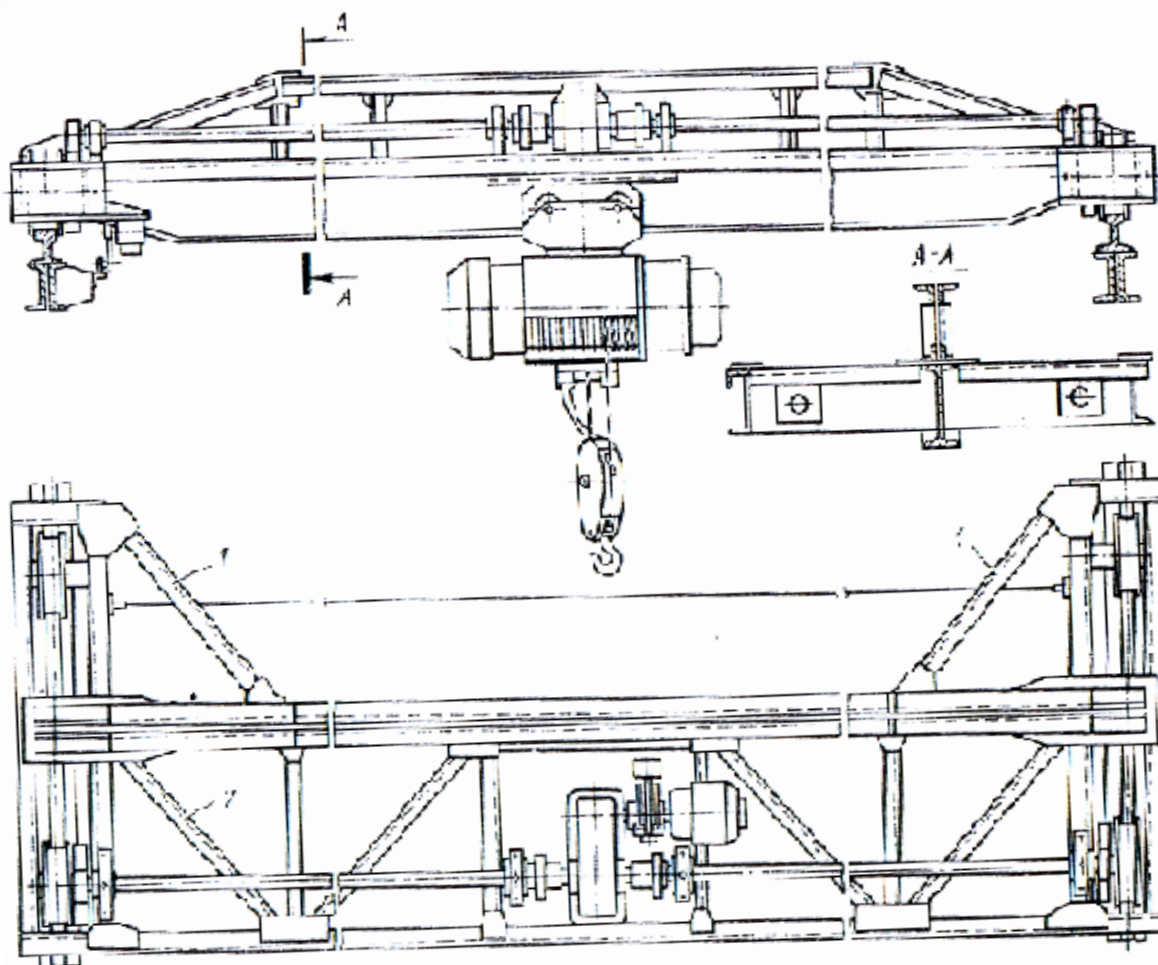


Рис. 2. Общий вид однобалочного мостового крана опорного типа сварной и клёпаной конструкции:

- 1 – подкосы в области верхнего сжатого пояса двутавра;
- 2 – решётчатая ферма по всей длине двутавра

Мостовые краны *подвесного типа* с электрическим приводом (ГОСТ 7890-73) выполняются двух-, трёх- и четырёхопорными. При грузоподъёмности от 0,25...5,0 т длина их, в зависимости от опор, может быть разной, так для двухопорных кранов пролёт от 3,6...18,0 м, для трёхопорных – 16,2...27,0 м, четырёхопорных – 28,2...34,8 м. Скорость передвижения крана в пределах 0,53 м/с. Для подъёма груза используют электрические тали со скоростью передвижения не более 0,33 м/с и скоростью подъёма груза в пределах 0,133 м/с. Управление краном осуществляют с пола.

Главная балка таких мостовых кранов выполнена чаще всего из обычной двутавровой балки, которая прикрепляется к концевым жёстко или с одной стороны жёстко, а с другой подвижно.

На рис. 3 представлен подвесной двухопорный однобалочный мостовой кран, у которого главная балка 1 к левой концевой балке 3 прикреплена жёстко с помощью болтов, узел I, а к правой балке 2 – подвижно, узел II. Таким обра-

зом, главная балка опирается на два сферических подшипника, это создаёт возможность увеличивать или уменьшать пролёт крана L .

С помощью таких подвесных однобалочных кранов можно транспортировать груз из одного пролёта в другой, не используя напольный транспорт.

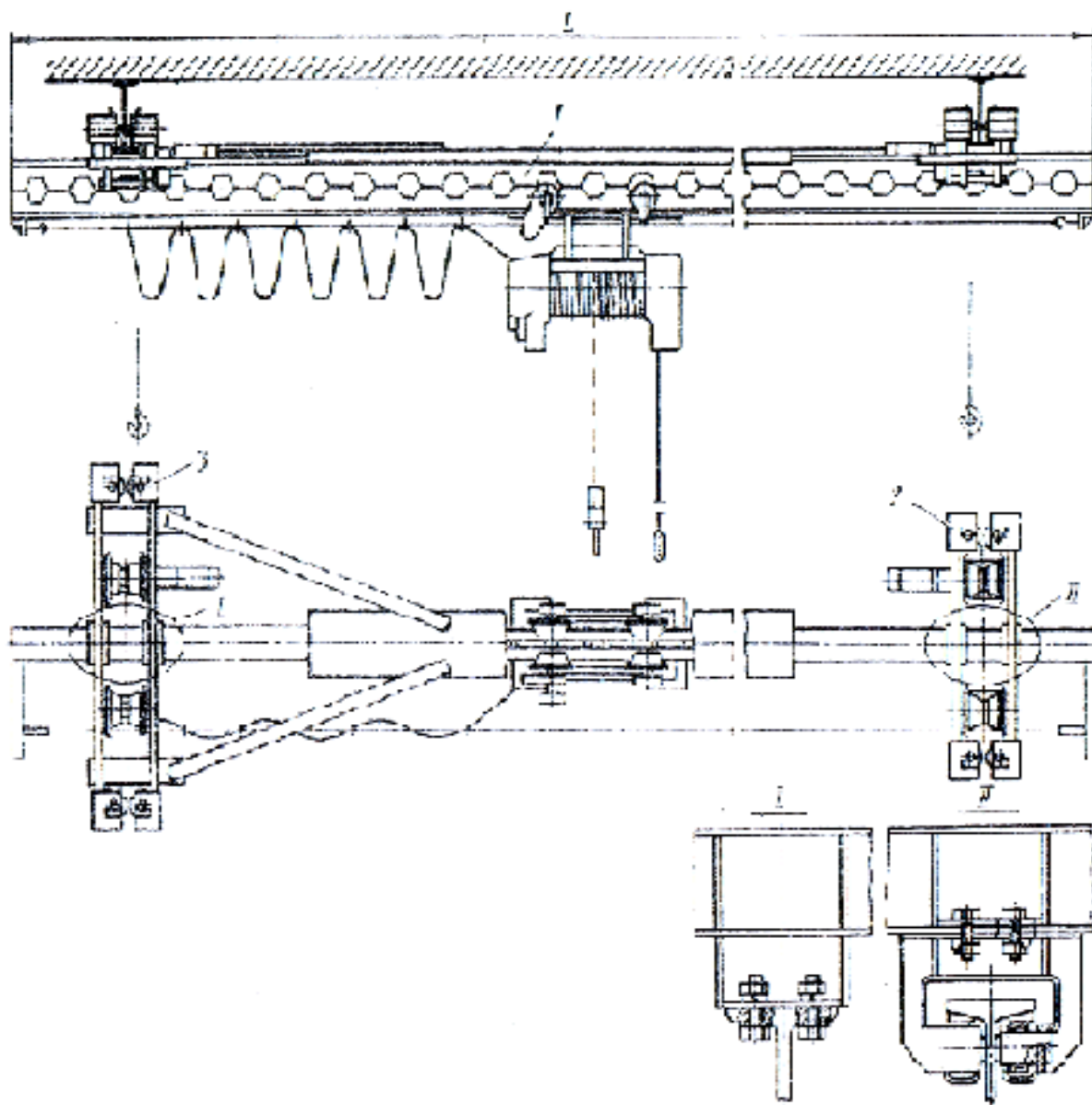


Рис. 3. Общий вид однобалочного мостового крана подвесного типа:
I – узел жёсткого крепления, с помощью болтов, ездовой балки к левой
концевой балке; II – узел подвижного крепления ездовой балки к правой
концевой балке; 1 – ездовая балка (главная); 2 – правая концевая балка;
3 – левая концевая балка; L – пролёт крана

Мостовые краны опорные однобалочные с ручным приводом (ГОСТ 7075-80) имеют грузоподъёмность 3,2; 5,0 и 8,0 т и пролёт от 4,5...16,5 м. Механизм подъёма груза такой же, как у подвесных кранов – ручная передвижная червячная таль.

Мостовые краны опорные однобалочные с электрическим приводом (ГОСТ 22045-82) обычно выполняют с грузоподъёмностью 1...5 т, пролёт L при этом находится в пределах от 4,5 до 25,5 м. Скорость передвижения электрической тали 0,33 м/с и 0,53 м/с, скорость передвижения самого крана может быть 0,40 м/с, 0,63 м/с, 1,0 м/с. При данных параметрах высота подъёма груза 6 м, 12 м и 18 м.

Главная или ездая балка мостового однобалочного опорного крана выполняется из двутавра, размеры которого выбираются в зависимости от грузоподъёмности крана. При этом проводится расчёт на прочность и определяются условия проходимости электротали по полкам выбранного двутавра.

Пространственная компоновка главной (ездой) балки зависит не только от грузоподъёмности, но и от размера пролёта L .

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ОДНОБАЛОЧНОГО МОСТОВОГО КРАНА

Мостовой кран опорный однобалочный с электрическим приводом является краном малой грузоподъёмности, у которого в качестве грузовой тележки используется электрическая таль (тельфер). Кран состоит из однобалочного моста, тали и механизмов передвижения.

Конструкция данного крана (рис. 4) имеет три основные части, сечения которых определяются расчётом: ездую (главную) балку 1, концевые балки 2 и ферму жесткости 3.

Ездая балка, выполненная из прокатного двутавра (ГОСТ 8239-89) перекрывает пролет цеха L и опирается на концевые балки, выполненные из швеллера (ГОСТ 8240-89). По нижним полкам двутавра перемещаются катки электротали 4, нагружая конструкцию вертикальной подвижной нагрузкой. Сечение балки подбирается по условию прочности, устойчивости и жесткости, а также по проходимости электротали по нижним полкам профиля.

Каждая концевая балка 2, состоящая из двух швеллеров, связанных планками, опирается на ходовые колеса 5. У ведущих колес установлены механизмы передвижения крана 6, осуществляющие перемещение крана вдоль цеха по подкрановым рельсам 7, расположенным на подкрановых балках 8. Расстояние между подкрановыми путями является пролетом крана L , а расстояние между осями ходовых колес – базой крана K .

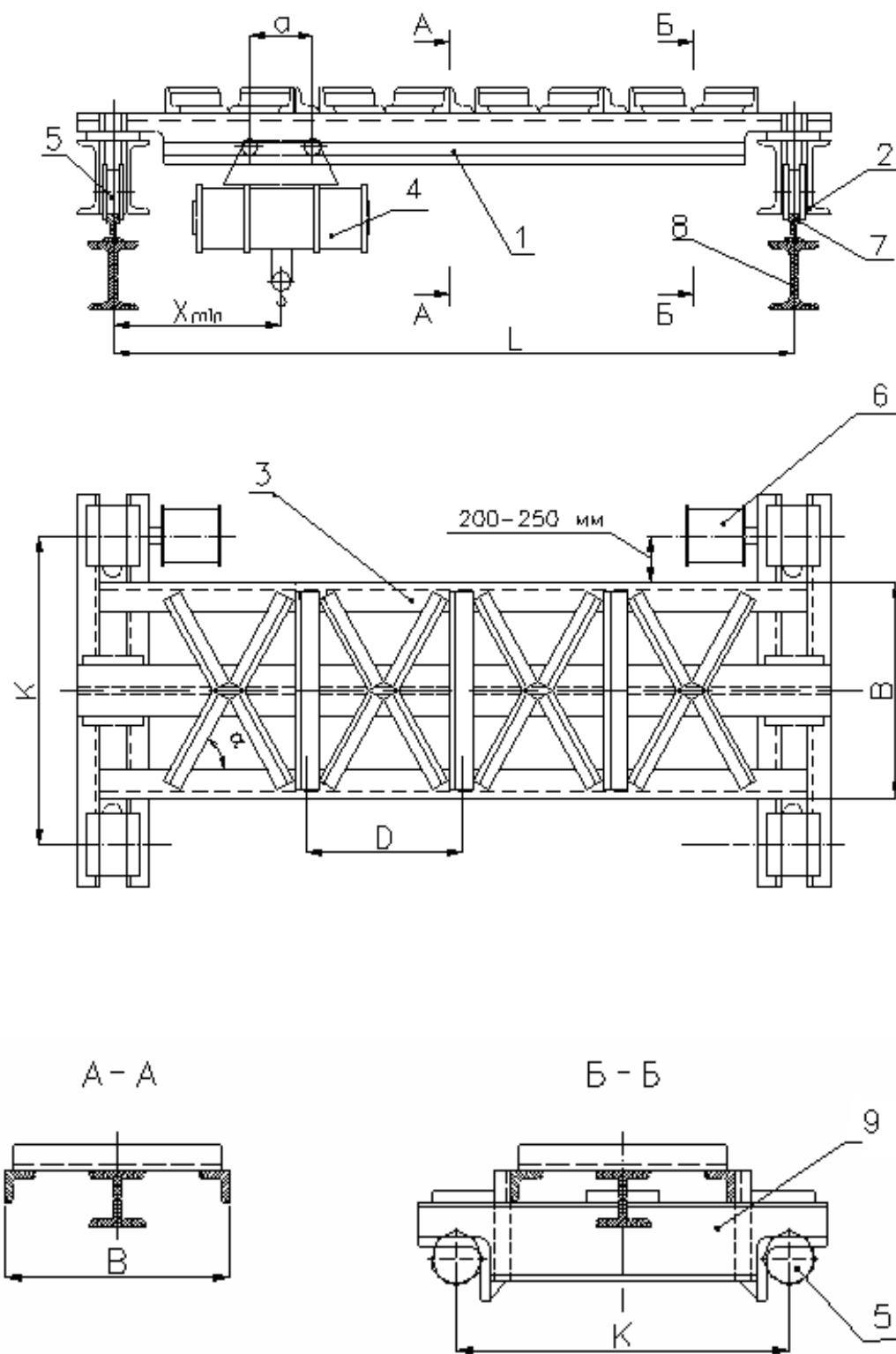


Рис. 4. Проектируемый мостовой кран опорный однобалочный с электрическим приводом

Горизонтальная ферма жесткости, состоящая из поясов, расположенных по обе стороны ездовой балки и крестовой решетки (стойки и раскосы), служит для восприятия горизонтальных сил инерции, возникающих при пуске, торможении крана, а также обеспечивает горизонтальную жесткость моста, необходимую для нормальной эксплуатации крана. Пояса, раскосы и стойки выполняются обычно из одиночных уголков. При большой грузоподъемности пояса выполняют из швеллера.

2.1 Определение основных размеров мостового крана

Для удобства эксплуатации мостовых кранов базу крана (см. рис. 5) принимают в пределах

$$K \geq \left(\frac{1}{6} \dots \frac{1}{5} \right) L,$$

где K – база крана, м;

L – пролет крана, м.

Полученный размер округляют до значения кратного 100 мм.

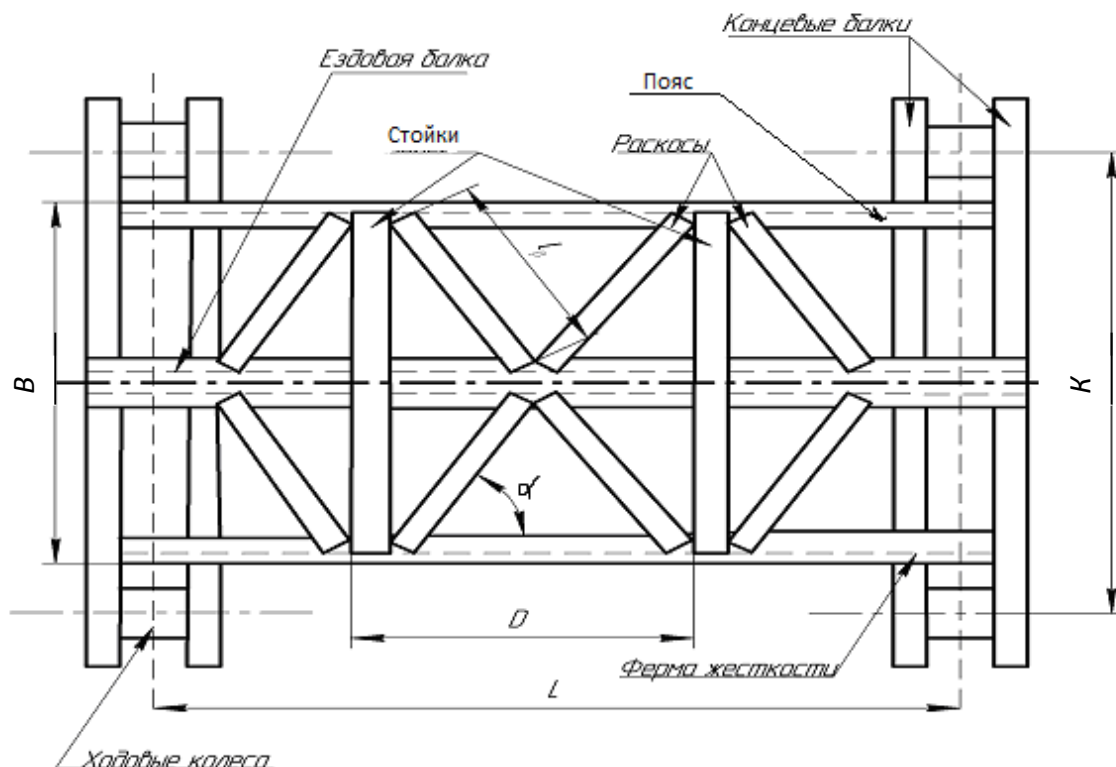


Рис. 5. Схема металлической конструкции мостового опорного однобалочного крана

Высоту фермы жесткости B выбирают так, чтобы у ходовых колес 5 могли разместиться стойки 9 (см. рис. 4) из прокатного швеллера, к которым кре-

пятся пояса фермы жесткости. В связи с этим величину B следует принимать на 400...500 мм меньше размера K .

Панель фермы D (см. рис. 5) выбирается из условия наименьшего веса решетки фермы так, чтобы угол α между раскосами и поясами был в пределах 30°...40°. При этом число панелей фермы обычно получается равным 4...5, т.е.

$$D = \left(\frac{1}{4} \dots \frac{1}{5} \right) L .$$

Вычислив $\operatorname{tg} \alpha = \frac{B}{D}$, определяют величину угла α и $\sin \alpha$. Если α выходит за пределы рекомендованного диапазона значений 30°...40°, то вносят необходимые поправки в размеры B и D .

Длина раскосов l_p (см. рис. 5) решётчатой фермы определяется:

$$l_p = \sqrt{B^2 + D^2} .$$

2.2 Определение действующих нагрузок на металлоконструкцию крана

Определяем равномерно распределённую постоянную нагрузку от массы кранового моста, которая вычисляется по формуле:

$$q = \frac{m_m \cdot g \cdot n_q}{L}, \quad (1)$$

где q – нагрузка от массы моста, Н/м;

m_m – масса кранового моста, кг, определяется по приближенной формуле:

$$m_m = \eta \cdot 100 + 140 \cdot (L - 5),$$

где η – поправочный коэффициент, для кранов с грузоподъемностью 1, 2 и 3,2 т принимается равным соответственно – 0,9, 0,95 и 1,0;

g – ускорение свободного падения (силы тяжести), $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

n_q – коэффициент надежности по нагрузке (для постоянной нагрузки) (см. Приложение Б);

L – пролет мостового крана.

Определим вертикальную нагрузку, т.е. расчетное давление, от одного из четырех катков электротали:

$$P = \frac{n_q \cdot m_T + n_Q \cdot Q}{4} \cdot g, \quad (2)$$

где P – нагрузка, Н;

m_T – масса тали, кг (см. табл. В1, Приложение В);

n_Q – коэффициент надежности по нагрузке (для полезной нагрузки на крюке) (см. Приложение Б);

Q – масса груза на крюке, кг.

Расчетное максимальное давление катка электротали, учитывающее влияние горизонтальных инерционных сил определяется:

$$P_{\max} = n_Q \cdot P_{\max}^H \cdot g, \quad (3)$$

где $P_{\max}$ – давление катка тали, Н;

$P_{\max}^H$ – максимальное давление на каток электротали, Н, принимается из нормативной табл. В1, Приложения В.

Горизонтальная, равномерно распределенная инерционная нагрузка от распределенной массы кранового моста направленная вдоль подкрановых путей рассчитывается по формуле:

$$q^{\text{гор}} = 0,1 \cdot \frac{m}{L} \cdot g, \quad (4)$$

где $q^{\text{гор}}$ – горизонтальная инерционная нагрузка, Н/м.

Горизонтальная подвижная инерционная нагрузка от массы электротали и груза на крюке рассчитывается по формуле:

$$T = 0,1 \cdot \frac{m_r + Q}{2} \cdot g, \quad (5)$$

где T – подвижная инерционная нагрузка, Н.

Нагрузка перекоса, возникающая при неодинаковом сопротивлении передвижению мостового крана по рельсовым путям, например, при опережении одной из концевых балок из-за разницы диаметров ходовых колес или других причин, учитывается в виде сосредоточенной силы, которая приложена вдоль подкранового пути в плоскости касания ходового колеса и рельса. Эта нагрузка принимается равная следующему (полученному) значению:

$$P_{\text{пер}} = 0,1 \cdot P_{\text{торм}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{пер}}$ – нагрузка перекоса, Н;

$P_{\text{торм}}$ – наибольшее усилие, которое приходится на тормозное ходовое колесо крана, Н.

Так как с каждой стороны крана расположено по два колеса, то наибольшее усилие, приходящееся на одно колесо, будет вычисляться по формуле:

$$P_{\text{торм}} = \frac{1}{2} \cdot R_B = \frac{q \cdot L}{4} + 2 \cdot P \cdot \frac{L - x_{\min}}{L}, \quad (7)$$

где R_B – наибольшая опорная реакция в балке, Н (рис. 6);

$x_{\min}$ – наименьшее расстояние от оси подкранового пути до грузового крюка, м, (см. табл. В1, Приложения В).

Опорная реакция R_B рассчитывается по формуле:

$$R_B = \frac{q \cdot L}{2} + 4 \cdot P \cdot \frac{L - x_{\min}}{L}. \quad (8)$$

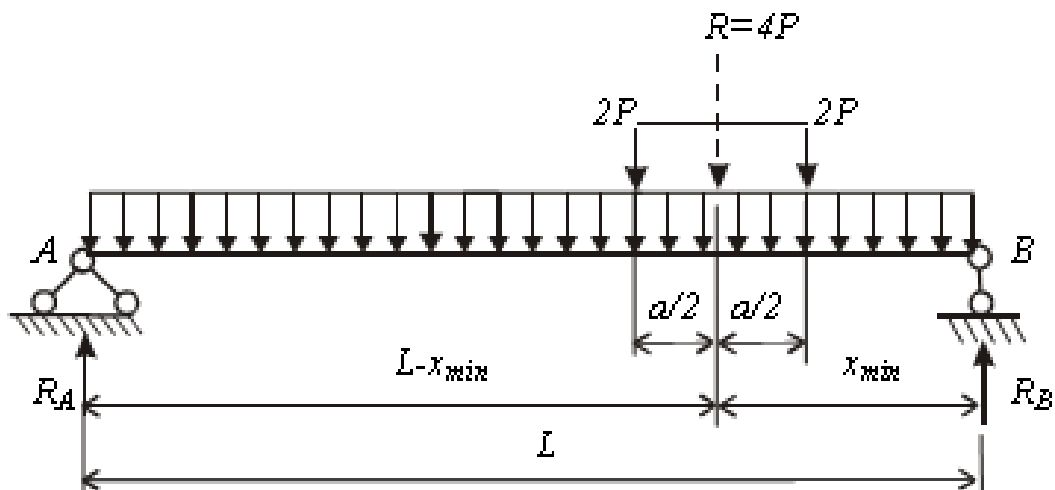


Рис. 6. Схема нагружения ездовой балки при определении сил перекоса

При перемещении электротали по ездовой балке на мостовом кране возникают и горизонтальные инерционные силы, которые направлены вдоль ездовой балки и приложены на уровне нижнего пояса двутавра, но возникающие при этом дополнительные напряжения в ездовой балке незначительны и поэтому ими можно пренебречь.

2.3 Аналитический расчёт ездовой балки мостового крана

Ездовая балка, по которой передвигается грузовая тележка электротали, является главной балкой мостового крана и воспринимает все вертикальные нагрузки. Кроме этого, она может быть нагружена и горизонтальными инерционными силами, приложенными в уровне нижнего пояса двутавра и вызывающими изгиб, в горизонтальной плоскости, и кручение.

Так как ездовая балка имеет частые крепления к ферме жесткости, которая, в свою очередь, воспринимает все горизонтальные нагрузки и работает в горизонтальной плоскости как многоопорная балка с небольшими пролетами, равными $D/2$ (см. рис. 5), то влияние данных горизонтальных нагрузок невелико и в расчёте ими обычно пренебрегают (не учитывают).

2.3.1 Определение расчётных усилий

Определение расчётных усилий от вертикальных нагрузок проведём, используя линии влияния. При перемещении подвижной нагрузки по ездовой балке непрерывно меняются опорные реакции R_A и R_B , изгибающие моменты M и поперечные силы Q . Чтобы упростить решение задачи балку сначала нагружают простейшей нагрузкой, т. е. сосредоточенной нагрузкой от поднимаемого груза P и принимают её равной 1, $P = 1$. После этого определяют искомое усилие, как функцию положения единичного груза. График, выражающий эту функцию, называется линией влияния или инфлюэнтной линией искомой величины (см. рис. 7).

На рис. 7 представлена схема нагружения ездовой балки и линии влияния опорных реакций и изгибающих моментов.

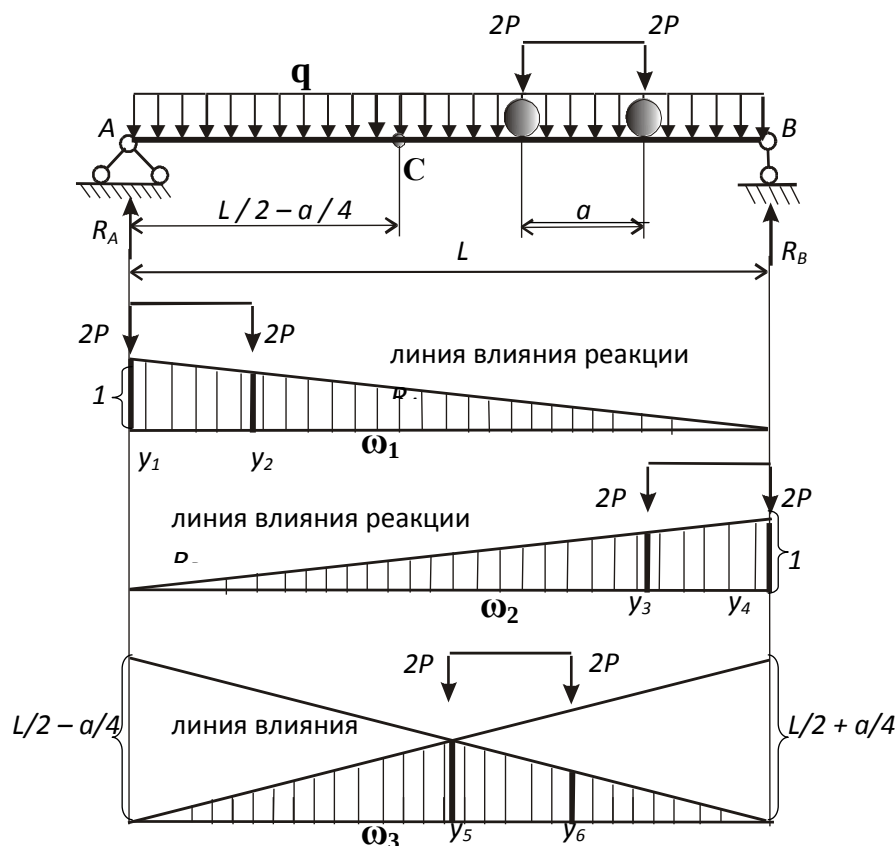


Рис. 7. Схема нагружения ездовой балки с построением линий влияния реакций и изгибающего момента

Опасное сечение «с», где действует абсолютный максимум изгибающего момента, смещено от середины пролета на четверть расстояния между грузами и находится от опоры на расстоянии $L/2 - a/4$.

Применяя нагружение линий влияния реакций R_A и R_B распределенной и сосредоточенной подвижной нагрузкой, можно определить максимальные опорные реакции:

$$R_A^{\max} = 2 \cdot P \cdot y_1 + 2 \cdot P \cdot y_2 + q \cdot \omega_1,$$

$$R_B^{\max} = 2 \cdot P \cdot y_3 + 2 \cdot P \cdot y_4 + q \cdot \omega_2,$$

где y_1, y_2, y_3, y_4, y_5 и y_6 – ординаты;

ω_1, ω_2 и ω_3 – площади линий влияния.

Ординаты рассчитываются по следующим формулам:

$$y_1 = y_4 = 1; \quad y_2 = y_3 = \frac{L - a}{L}; \quad y_5 = \frac{4 \cdot L^2 - a^2}{16 \cdot L}; \quad y_6 = \frac{L/2 - 3 \cdot a/4}{L} \cdot \left(\frac{L}{2} - \frac{a}{4} \right).$$

Нагружая линию влияния изгибающего момента распределенной и сосредоточенной подвижной нагрузкой, определяют расчетный изгибающий момент:

$$M_{\max} = 2 \cdot P \cdot y_5 + 2 \cdot P \cdot y_6 + q \cdot \omega_3.$$

Эпюра изгибающих моментов ездовой балки представлена на рис. 8.

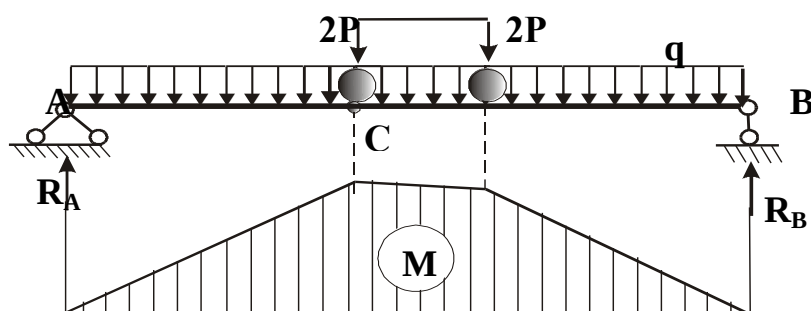


Рис. 8. Схема нагружения и линия влияния изгибающего момента

2.3.2 Подбор сечения по условию жёсткости

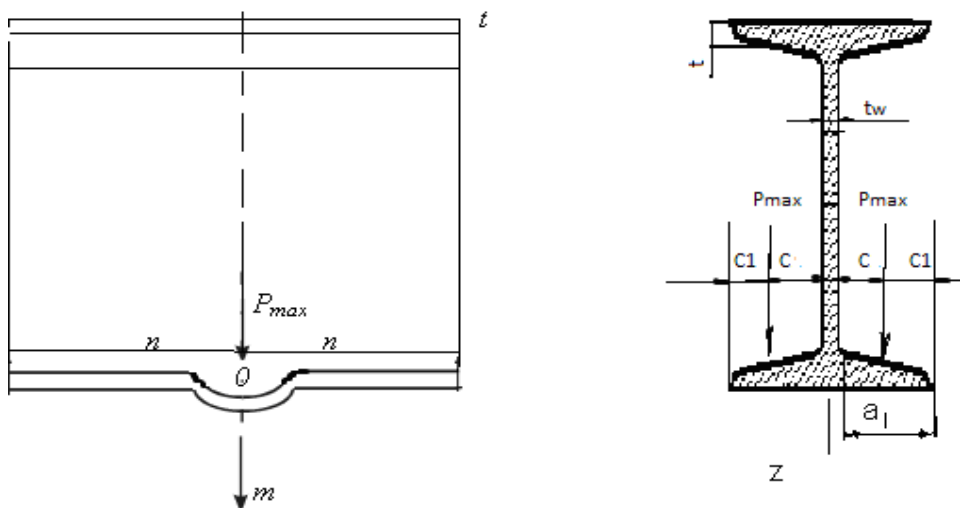


Рис. 9. Определение местных напряжений в ездовой балке

Особенность работы ездовой балки заключается в том, что в нижних полках двутавра, помимо напряжений общего изгиба балки, возникают напряжения местного изгиба от давления катков электротали. Под действием сосредоточенных сил P_{max} нижняя полка прогибается вдоль балки на длине, в плоскости $n-n$ и в поперечном направлении по ширине свеса полки a_1 (см. рис. 9).

При этом в полке двутавра возникают два основных вида местных нормальных напряжений:

- продольные напряжения σ_x^M от изгиба полки в плоскости, параллельной стенке двутавра, достигающие наибольшего значения у свободного края полки против груза и суммирующиеся с напряжениями общего изгиба;

- поперечные напряжения σ_y^M от изгиба полки двутавра в плоскости нормальной плоскости стенки, достигающие наибольшей величины в месте примыкания полки к стенке.

Сечение проектируемой ездовой балки должно удовлетворять условиям прочности и жесткости:

$$\sigma_{\max} = \sigma_x + \sigma_x^M \leq R_y \gamma_c ;$$

$$\frac{f}{L} \leq \left[\frac{f}{L} \right] = \frac{1}{700} . \quad (9)$$

Подбор сечения ездовой балки из условия прочности затруднителен, поэтому удобнее использовать условие жёсткости, которое обычно является решающим.

Требуемый момент инерции выбираемого двутавра, при котором прогиб балки достигает предельной величины, можно вычислить по следующей формуле:

$$J_x^{\text{треб.}} = 0,007 \cdot (Q + m_T) \cdot g \cdot L^2 .$$

Здесь пролёт балки L подставляется в м, а соблюдение размерностей обеспечено введением коэффициента 0,007.

Подобрав по полученному значению требуемого момента инерции прокатный двутавр для ездовой балки, необходимо проверить, удовлетворяет ли он условию проходимости электротали (см. табл. В1 Приложения В), а затем, выписывают из ГОСТ 8239-89 геометрические характеристики сечения (табл. Г1 Приложения Г).

Если наибольший допустимый по условию проходимости электротали двутавр имеет момент инерции J_x меньше требуемого $J_x^{\text{треб.}}$, то он не пригоден по условию жёсткости и должен быть усилен приваркой листов, площадь которых A можно определить из выражения:

$$J_x^{\text{треб.}} = J_x + 2 \cdot A \cdot z^2 ,$$

приняв $z \approx 0,5 \cdot h$, тогда

$$J_x^{\text{треб.}} = J_x + 2 \cdot A \cdot 0,25 \cdot h^2 = J_x + 0,5 \cdot A \cdot h^2 ,$$

откуда требуемая площадь листа усиления будет равна:

$$A_{\text{треб.}} = \frac{J_x^{\text{треб.}} - J_x}{0,5 \cdot h^2} .$$

По условию сварки ширину листа усиления b_l следует принять на 20...30 мм меньше ширины полки выбранного двутавра, согласуя с ГОСТ 103-76 (1987) на полосовую сталь, где ширина полос от 11 до 200 мм.

Толщина листа усиления определяется из формулы:

$$\delta_l = \frac{A_{\text{треб.}}}{b_l} .$$

Окончательно размер толщины листа δ_l принимают в соответствии с ГОСТ 103-76 (1987), обычно в пределах 4...12, 14, 16, 18, 20, 22 мм.

Геометрические характеристики усиленного двутавра:

$$J_{x \text{ усил.}} = J_x + 2 \cdot b_{\text{л}} \cdot \delta_{\text{л}} \cdot z^2;$$

$$W_{x \text{ усил.}} = \frac{J_{x \text{ усил.}}}{0,5 \cdot h + \delta_{\text{л}}}.$$

2.3.3 Проведение проверки напряжений в металлоконструкции. Расчёт по предельному состоянию первой группы

Прочность нижнего растянутого пояса по максимальным нормальным напряжениям у свободного края кромки проверяется по формуле (9).

Предельное кромочное напряжение, суммирующееся в крайнем нижнем волокне, точка m , (см. рис. 9) с растягивающим напряжением общего изгиба, вычисляется по формуле:

$$\sigma_x^m = \frac{\alpha_x \cdot K_3 \cdot P_{\max}}{t^2}$$

$$\sigma_y^m = \frac{\alpha_y \cdot K_1 \cdot P_{\max}}{t^2} \leq R_y \cdot \gamma_c,$$

где α_x и α_y – поправочные коэффициенты, зависящие от типа профиля ездовой балки и наличия усиления, для не усиленных двутавров $\alpha_x = 1,4$; $\alpha_y = 0,7$;

K_1, K_3 – коэффициенты, которые определяют по графику в функции ξ (рис. 10):

$$\xi = \frac{c}{a_1} = \frac{a_1 - c_1}{a_1} = 1 - \frac{c_1}{a_1},$$

где c_1 – расстояние точки контакта электротали с полкой от кромки (рис. 11). Величину c_1 принимают равной 12, 14, 16 мм при грузоподъёмности электротали соответственно 1, 2, и 3,2 т;

a_1 – величина свеса полки двутавра, определяется по формуле

$$a_1 = \frac{b - t_{\omega}}{2},$$

где b – ширина полки двутавра, мм;

t_{ω} – толщина стенки, мм;

R_y – расчетное сопротивление прокатных сталей, МПа (табл. В2 Приложения В);

γ_c – коэффициент условий работы, зависящий от действительного характера работы конструкции в тех или иных условиях (см. Приложение Б).

Для усиленных двутавров при расчёте полок на местный изгиб расчетную толщину полок определяют с учётом толщины усиливающей полосы $t_{\text{усил.}} = t + \delta_{\text{л}}$,

а поправочные коэффициенты принимают равными $\alpha_x = 2,2$; $\alpha_y = 1,4$.

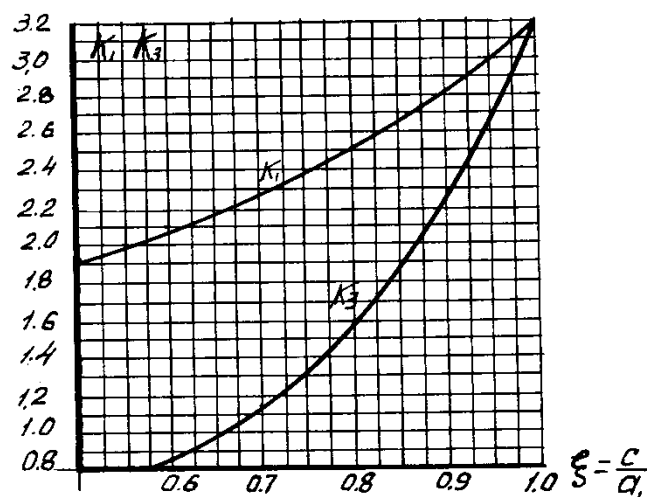


Рис. 10. Графики для определения коэффициентов K_1 и K_2

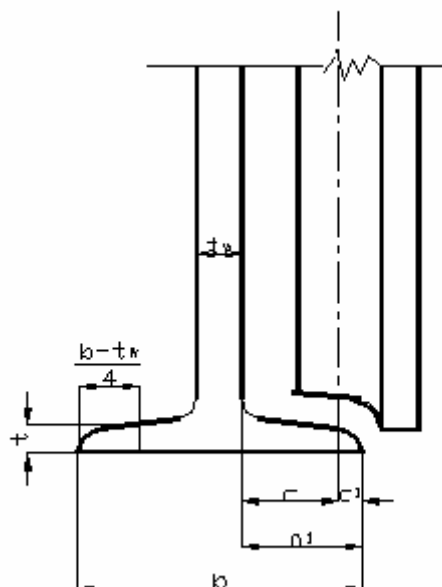


Рис. 11. Схема катка электротали с полкой двутавра ездовой балки

Касательные напряжения в стенке двутавра имеют небольшую величину, поэтому их можно не проверять.

Если подобранный по усилию жесткости двутавр не будет удовлетворять условиям прочности, принимают более мощный профиль, а если это недопустимо по условию проходимости электротали, то делают усиление выбранного двутавра наваркой листов и повторяют проверку напряжений (рис. 12).

В двутаврах, усиленных приваркой полосы, необходимо проверить прочность сварных швов. Для этого необходимо выполнение следующего условия:

$$\tau_{\text{шв}} = \frac{Q_x \cdot S_n}{J_x^{\text{усил}} \cdot 2 \cdot \beta_f \cdot K_f} = \frac{P_{\text{торм}} \cdot S_n}{J_x^{\text{усил}} \cdot \beta_f \cdot K_f} \leq R_{\omega_f} \cdot \gamma_{\omega_f} \cdot \gamma_c,$$

где $Q_x = R_B = 2P_{\text{торм}}$;

$S_n = b_n \cdot \delta_n \cdot z$ — статический момент листа усиления относительно нейтральной оси;

β_f — коэффициент, принимаемый в зависимости от вида сварки и высоты катета шва K_f ; при автоматической сварке $K_f < 8$ мм и коэффициент $\beta_f = 1,1$;

R_{wf} — расчетное сопротивление металла в сварном шве, принимается по табл. В3 Приложения В;

$\gamma_c = 1$ — коэффициент условий работы сварного шва, зависящий от действительного характера работы конструкции в тех или иных условиях (см. Приложение Б).

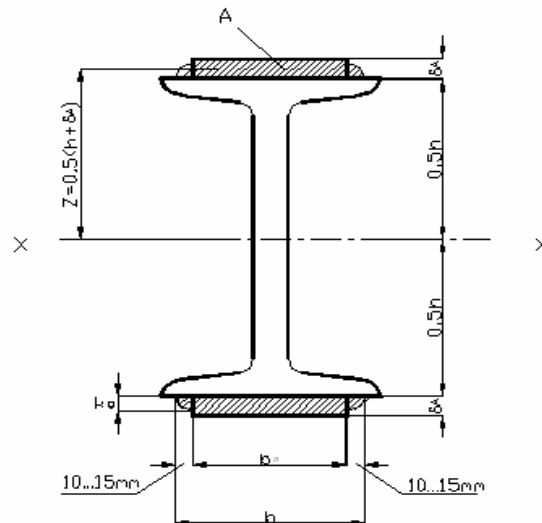


Рис. 12. Усиление прокатного двутавра приваркой стальной полосы А

2.3.4 Проведение проверки жёсткости в металлоконструкции. Расчёт по предельному состоянию второй группы

Прогиб ездовой балки вычисляется по формуле:

$$f = 0,001 \cdot \frac{q + m_T \cdot g}{J_x} \cdot L^3,$$

затем проверяется соблюдение условия жесткости:

$$\frac{f}{L} \leq \left[\frac{f}{L} \right] = \frac{1}{700}.$$

2.4 Расчёт фермы жёсткости мостового крана на действующие усилия

В элементах фермы, от действующих нагрузок, возникают незначительные усилия, поэтому подбор сечения ведётся по условию гибкости или по конструктивным требованиям. Таким образом, ферму жёсткости рассчитывают упрощённо, т. е. при определении усилий исключают из работы сжатые раскосы, предполагая, что из-за малой жёсткости они выпучиваются под нагрузкой, тем самым делая систему статически определимой (рис. 13).

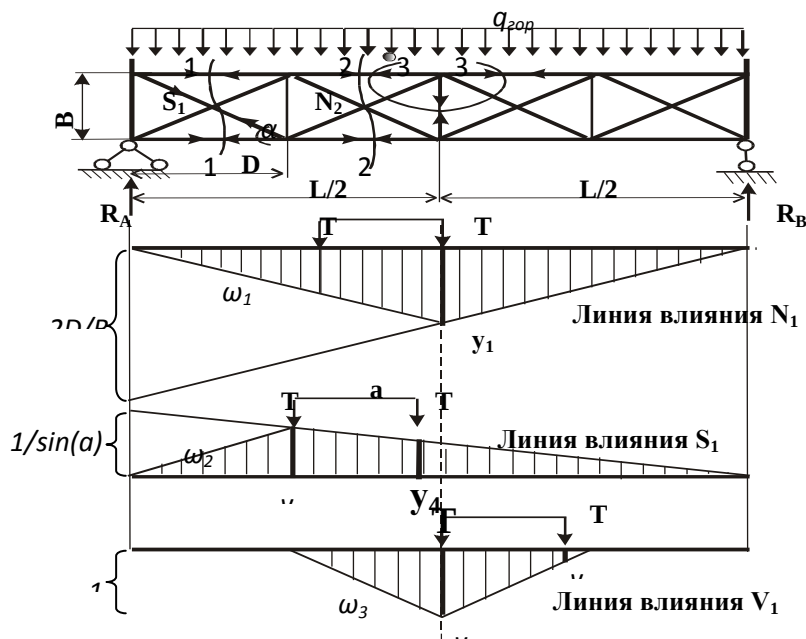


Рис. 13. Схема определения инерционных нагрузок, действующих на ферму

2.4.1 Влияние инерционных нагрузок

Для проведения данного расчёта металлоконструкция рассматривается как ферма, имеющая опоры по концам.

Усилия, действующие на ферму, определяются с помощью линий влияния усилий в панели пояса, раскосе и стойке, как наиболее напряжённых элементах конструкции.

Максимальное усилие в средней панели пояса рассчитывается:

$$N_1 = T \cdot y_1 + T \cdot y_2 + \omega_1 \cdot q_{zop}.$$

Максимальное усилие в крайнем раскосе получаем из выражения:

$$S_1 = T \cdot y_3 + T \cdot y_4 + \omega_2 \cdot q_{zop}.$$

Максимальное усилие в стойке получим из:

$$V_1 = T \cdot y_5 + T \cdot y_6 + \omega_3 \cdot q_{zop}.$$

2.4.2 Влияние нагрузки перекоса

При перекосе одна сторона моста закреплена, а, на другой стороне, тяговое усилие на ободе приводного колеса действует на ферму жёсткости, как на консольно-закреплённую конструкцию (рис. 14).

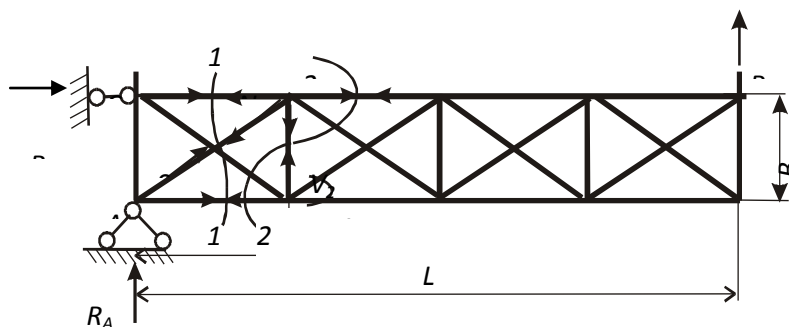


Рис. 14. Схема определения усилий в элементах фермы от нагрузки перекоса

Если нагрузка неподвижная, то усилия в стержнях фермы можно определить аналитически.

Усилие N_2 определяем в крайней панели пояса, проведя сечение 1–1 и выбрав моментную точку A:

$$\sum M_A^{\text{пр.сил}} = 0; \quad P_{\text{пер}} \cdot L + N_2 \cdot B = 0; \quad N_2 = -P_{\text{пер}} \cdot \frac{L}{B}.$$

Усилие S_2 в раскосах по сечению 1–1 определим из выражения:

$$\sum Y^{\text{пр.сил}} = 0; \quad P_{\text{пер}} - S_2 \cdot \sin(\alpha) = 0; \quad S_2 = \frac{P_{\text{пер}}}{\sin(\alpha)}.$$

Усилие V_2 в раскосах по сечению 2–2 определим из выражения:

$$\sum Y^{\text{пр.сил}} = 0; \quad P_{\text{пер}} + V_2 = 0; \quad V_2 = -P_{\text{пер}}.$$

В расчёте принимают большие из усилий, полученных при нагружении металлоконструкции инерционными нагрузками и нагрузкой перекоса.

2.4.3 Подбор сечения металлоконструкции фермы мостового крана

Сечения малонапряжённых элементов фермы, таких как пояса, стойки и раскосы, подбирают по допускаемой гибкости.

Гибкость элемента металлоконструкции рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{l_{\text{рас}}}{i_{\text{min}}} \leq \lambda_{\text{пр}}^{\text{н}}$$

где $l_{\text{рас}}$ – длина стержня при продольном изгибе, $l_{\text{рас}} = \mu \cdot l$;

μ – коэффициент расчётной длины, который принимают при шарнирном закреплении концов стержня равным $\mu = 1$;

l – длина стержня, которая принимается для поясов $l = D$, для раскосов $l = 0,5l_p$, для стоек $l = 0,5B$, так как раскосы и стойки имеют закрепление на ездовой балке;

$i_{\min}$ – наименьший радиус сечения элемента, для одиночных уголков $i_{\min} = i_{y0}$.
Наименьший допускаемый радиус инерции получаем, решая выражение:

$$i_{y0 \min} = \frac{\mu \cdot l}{\lambda}.$$

По сортаменту прокатных уголков ГОСТ 8509-86 (табл. 3 Приложения Г) подбирают соответствующий равнополочный уголок и выписывают его геометрические размеры $b \times h$ (мм) и величины площади сечения A (см²) и радиуса инерции $i_{y0 \min}$ (см³). При выборе сечений следует отдавать предпочтение уголкам с более широкими полками, имеющими меньшую массу и большую жёсткость. По конструктивным требованиям не рекомендуется принимать профиль уголка менее 45×4 мм.

2.4.4 Проверка напряжений, действующих в элементах фермы

Проверку напряжений, действующих в элементах фермы мостового крана проводят следующим образом.

Проверка устойчивости сжатого пояса фермы в средней панели, усилие N_1 , и в крайней панели, усилие N_2 , проводится, используя формулы:

$$\sigma_{n1} = \frac{N_1}{\varphi \cdot A_n} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad \sigma_{n2} = \frac{N_2}{\varphi \cdot A_n} \leq R_y \cdot \gamma_c,$$

где A_n – площадь сечения уголка пояса фермы, см² (табл. Г3, Приложение Г);

φ – коэффициент продольного изгиба, определяется по табл. Приложения Д, используя значение гибкости элемента конструкции, полученного по формуле (10).

Если условие не соблюдается, то принимают следующий по номенклатуре уголок и повторяют снова проверку.

Прочность растянутого раскоса определяют по следующей формуле:

$$\sigma_p = \frac{S_{\max}}{A_p} \leq R_y \cdot \gamma_c,$$

где γ_c – коэффициент условий работы, зависящий от действительного характера работы конструкции в тех или иных условиях, для элементов фермы жёсткости, состоящей из одиночных уголков, прикреплённых одной полкой, принимается $\gamma_c = 0,75$;

A_p – площадь сечения уголка раскоса, см².

Устойчивость сжатой стойки определяют по следующей формуле:

$$\sigma_c = \frac{V_{\max}}{\varphi \cdot A_c} \leq 0,75 \cdot R_y,$$

где A_c – площадь сечения уголка стойки, см².

2.4.5 Расчёт сварных швов элементов фермы мостового крана

Прочность сварных швов, прикрепляющих раскосы к решётке фермы, проверяется по формуле:

$$\tau_{\text{шв}} = \frac{S_{\text{max}}}{\beta_f \cdot k_f \cdot l_{\text{шв}}} \leq R_{\omega_f} \cdot \gamma_{\omega_f} \cdot \gamma_c,$$

где β_f – коэффициент, принимаемый при ручной сварке равным $\beta_f = 0,7$;
 k_f – высота катета шва, принимается не менее 4 мм и не более толщины полки уголка t ;

$l_{\text{шв}}$ – расчетная длина сварного шва:

- для стоек

$$l_{\text{шв}}^{\text{ст}} = 2 \cdot b_{\text{шв}} + 3 \cdot b_{\text{уг}} - 5 \cdot 10,$$

где $b_{\text{шв}}$ – ширина полки двутавра, мм;

$b_{\text{уг}}$ – ширина полки уголка стойки, мм;

2; 3; 5 – количество швов;

10 – учет некачественной проварки начала и конца шва, мм;

- для раскосов

$$l_{\text{шв}}^{\text{рас}} = 6 \cdot b_{\text{уг}} - 6 \cdot 10,$$

где 6 – количество швов;

$b_{\text{уг}}$ – ширина полки уголка раскоса, мм;

R_{ω_s} – расчетное сопротивление срезу металла шва (табл. В3 Приложение В);

γ_c – коэффициент условий работы, зависящий от действительного характера работы конструкции в тех или иных условиях, для элементов фермы жёсткости, состоящей из одиночных уголков, прикреплённых одной полкой, принимается $\gamma_c = 0,75$;

$\gamma_{\text{шв}}$ – коэффициент условий работы сварного шва, $\gamma_{\text{шв}} = 1,0$.

Аналогично проверяется прочность сварных швов прикрепления стоек к ферме мостового крана.

2.5 Расчёт концевой балки мостового крана

Концевая балка (см. рис. 4, 5), состоит из двух швеллеров, которые связаны стальными пластинами (планками), и опираются на ходовые колеса. При помощи этой металлоконструкции мостовой кран осуществляет перемещение вдоль цеха по подкрановым рельсам.

2.5.1 Определение расчётных усилий в концевой балке

Концевая балка опираясь на ходовые колеса имеет пролёт, равный базе крана K (см. рис. 4, 5). Для определения усилий в концевой балке необходимо составить схему и нагрузить её наибольшим усилием $P_{\text{торм}}$, приходящимся на тормозное ходовое колесо крана (рис. 15).

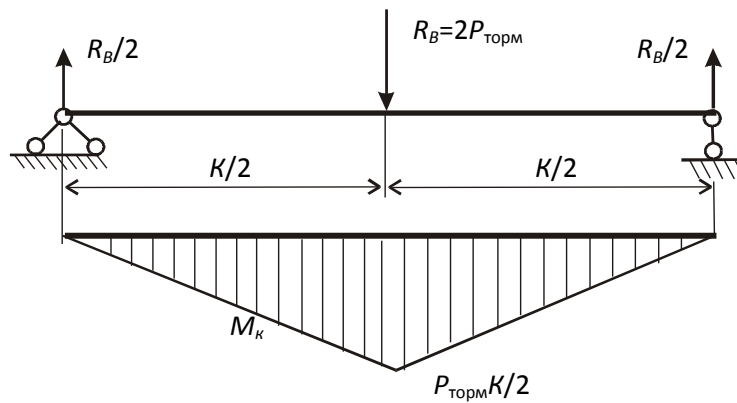


Рис. 15. Схема концевой балки для определения усилий

Основной вертикальной нагрузкой, действующей на металлоконструкцию, является опорная реакция ездовой балки $R_B = 2P_{\text{торм}}$.

Пренебрегая собственным весом, определяем в концевой балке изгибающий момент M_k и поперечную силу Q_k от сосредоточенной силы R_B , расположенной посередине пролета концевой балки:

$$M_k = \frac{R_B \cdot K}{4} = \frac{P_{\text{торм}} \cdot K}{2},$$

$$Q_k = \frac{R_B}{2} = P_{\text{торм}}.$$

Горизонтальная нагрузка перекоса $P_{\text{пер}}$ тоже может вызывать изгиб концевой балки, но наибольшее значение изгибающего момента от этой нагрузки приходится на место примыкания поясов фермы жёсткости, т. е. находятся вблизи опоры, где изгибающий момент от вертикальной нагрузки имеет небольшую величину. Поэтому такое сочетание нагрузок можно не рассматривать.

2.5.2 Подбор сечений концевой балки

Сечение концевой балки получается из компоновки двух швеллеров ГОСТ 8240-89 и подбирается по условию прочности:

$$\sigma = \frac{M_k}{2 \cdot W} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (11)$$

где W – момент сопротивления одного швеллера, см^3 ;

γ_c – коэффициент условий работы, зависящий от действительного характера работы конструкции в тех или иных условиях, для элементов концевой балки, принимается $\gamma_c = 0,5$;

Определяем требуемый момент сопротивления по формуле:

$$W_{\text{треб}} = \frac{M_k}{R_y}.$$

Затем, подбираем по сортаменту (табл. Г2 Приложение Г) номер швеллера и выписываем его геометрические характеристики. Подбирая номер швеллера, следует учитывать конструктивные требования к мостовым кранам и не принимать профиль менее № 16.

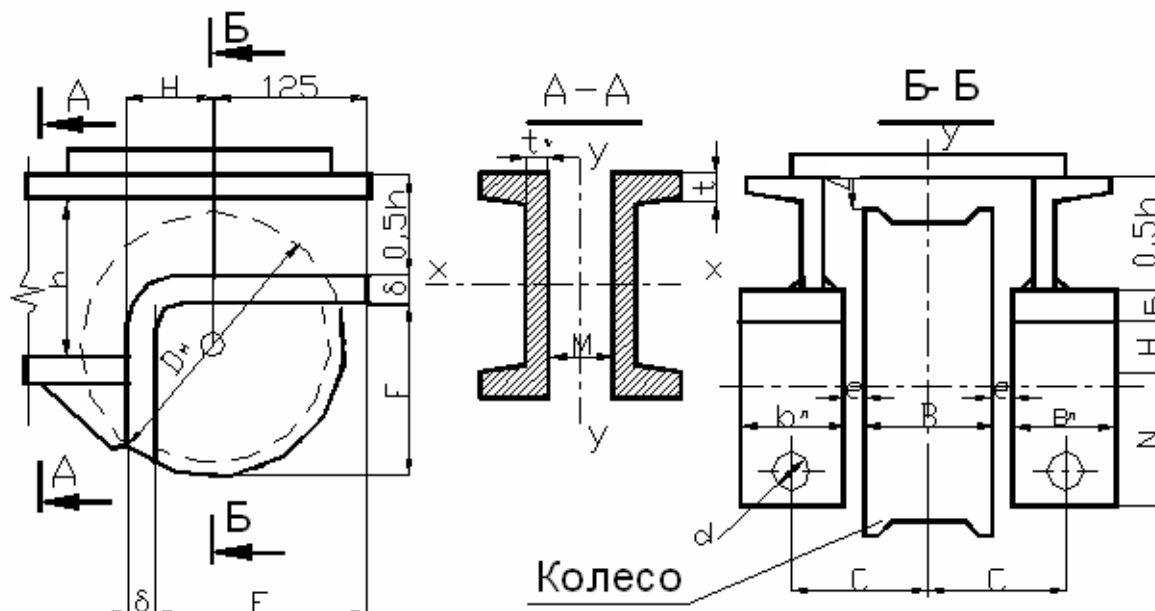


Рис. 16. Конструкция и компоновка концевой балки

Чтобы понизить уровень моста, опорные сечения концевых балок делают меньшей высоты. Для этого в местах установки отъёмных букс колеса швеллер вырезают наполовину и приваривают стальные листы обрaмления (см. рис. 16).

Опорное сечение *Б–Б* (см. рис. 16) позволяет обеспечить возможность размещения ходовых колес и крепление их букс, поэтому при компоновке концевой балки необходимо подобрать характеристики крановых колёс (табл. В4 Приложения В). Тип колёс выбирается исходя из допускаемой нагрузки, действующей на балку.

Компоновку опорного сечения можно выполнить следующим способом. Например, примем зазор между листом обрaмления и габаритом колеса равным 10,5 мм, а просвет между швеллерами $M = 120$ мм (рис. 17). Минимальное расстояние от кромки листа до отверстия крепёжного болта $1,5d_1 = 1,5 \cdot 17 = 25,5$ мм. Принимаем 27 мм.

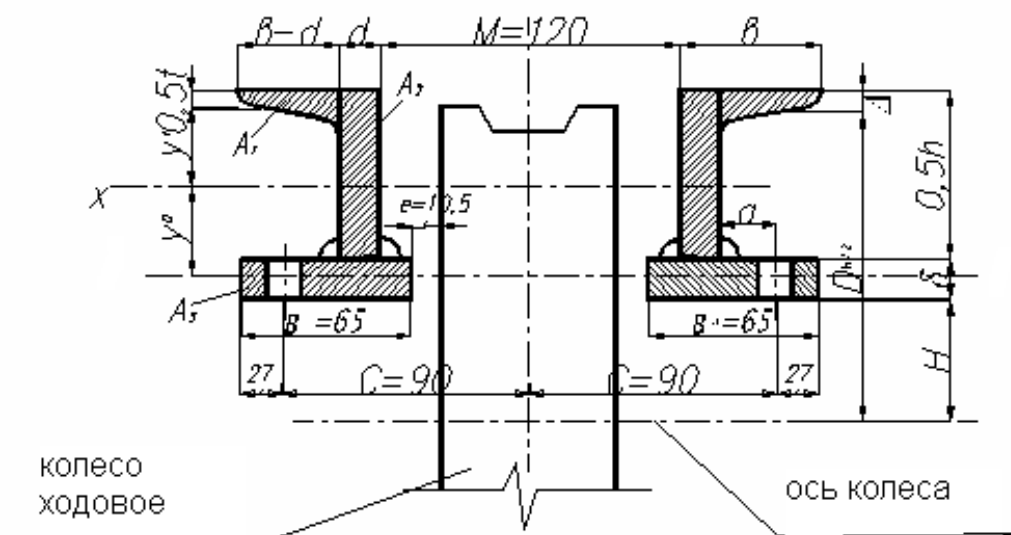


Рис. 17. Геометрические характеристики и основные размеры сечения концевой балки

Ширину листа обрешетки швеллера (см. рис. 16) концевой балки получаем из выражения –

$$b_{\text{л}} = c + 1,5 \cdot d_1 - 0,5 \cdot B - e = 90 + 27 - 0,5 \cdot 120 - 10,5 = 65 \text{ мм.}$$

Полученный размер соответствует ГОСТ 103-76(1987) на полосу стальную горячекатанную.

Наименьший габарит для работы гаечным ключом при болтах М16 равен 25 мм. В связи с этим, необходимо принять значение расстояния a (см. рис. 17) и проверить соблюдение условия $a = c - 0,5 \cdot M - t_{\text{ш}} \geq 25$ мм. Площадь листа обрешетки принимают примерно равной площади полки швеллера, тогда толщину стального листа получаем из $\delta = b \cdot t/b_{\text{л}}$. Полученный размер округляют до нормативного по ГОСТ 103-76(1987).

Необходимо установить наличие зазора между габаритом колеса и планкой, скрепляющей ветви концевой балки (см. рис. 17):

$$\Delta = H + \delta + 0,5 \cdot h - 0,5 \cdot D_{\text{к}}.$$

После завершения компоновки опорного сечения концевой балки, следует определить его геометрические характеристики.

Для определения положения нейтральной оси x_1-x_1 разобьем площадь сечения на отдельные элементы (см. рис. 16, 17):

$$A_1 = 0,5 \cdot A_{\text{швел}} - A_2, \quad A_2 = 0,5 \cdot h \cdot t_{\text{ш}}, \quad A_3 = b_{\text{л}} \cdot \delta.$$

Следовательно, площадь всего сечения $A = 2 \cdot (A_1 + A_2 + A_3)$.

Статический момент элементов относительно оси 1-1 (рис. 17)

$$S_1 = 2 \cdot A_1 (0,5 \cdot \delta + 0,5 \cdot h - 0,5 \cdot t) + 2 \cdot A_2 (0,5 \cdot \delta + 0,25 \cdot h).$$

Ордината центра тяжести получается из выражения $y_0 = S_1/A$.

Ордината $y_1 = -0,5 \cdot \delta + 0,5 \cdot h - 0,5 \cdot t - y_0$.

Момент инерции относительно оси x_1-x_1 (см. рис. 17) рассчитываем по формуле:

$$J_x^0 \approx 2 \cdot \left[\frac{t_\omega \cdot (0,5 \cdot h)^3}{12} + A_1 \cdot y_1^2 + A_3 \cdot y_0^2 \right].$$

Статический момент площади листа усиления получаем:

$$S_n^0 \approx 2 \cdot A_3 \cdot y_0.$$

Статический момент полусечения получаем из выражения:

$$S_x^0 \approx S_n^0 + 2 \cdot \frac{t_\omega \cdot y_0^2}{2}.$$

2.5.3 Проверка напряжений, действующих в элементах концевой балки

Нормальные напряжения в среднем сечении концевой балки проверяются по формуле (11).

Касательные напряжения в опорном сечении концевой балки:

$$\tau = \frac{Q_\kappa \cdot S_x^0}{J_x^0 \cdot 2 \cdot t_\omega} \leq R_s \cdot \gamma_c,$$

где R_s – расчётное сопротивление прокатной стали на сдвиг (табл. В2 Приложения В);

γ_c – коэффициент условий работы, зависящий от действительного характера работы конструкции в тех или иных условиях, для элементов концевой балки принимаем $\gamma_c = 0,5$.

Прочность сварных швов, прикрепляющих листы обрешетки к швеллерам, проверяется по формуле:

$$\tau_{шв} = \frac{Q_\kappa \cdot S_n^0}{J_x^0 \cdot 4 \cdot \beta_f \cdot k_f} \leq R_{ws} \cdot \gamma_{шв} \cdot \gamma_c,$$

где k_f – высота сварного шва, принимаемая не менее 4 мм;

R_{ws} – расчётное сопротивление срезу металла сварного шва (табл. В3 Приложения В);

$\gamma_{шв}$ – коэффициент условий работы сварного шва, $\gamma_{шв} = 1,0$.

Проверка жёсткости концевой балки не производится, так как при коэффициенте условий работы $\gamma_c = 0,5$ напряжения и прогиб сравнительно небольшие и ими можно пренебречь.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ОДНОБАЛОЧНОГО МОСТОВОГО КРАНА

Курсовая работа по проектированию металлоконструкции мостового однобалочного крана состоит из двух частей: пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка имеет следующую структуру:

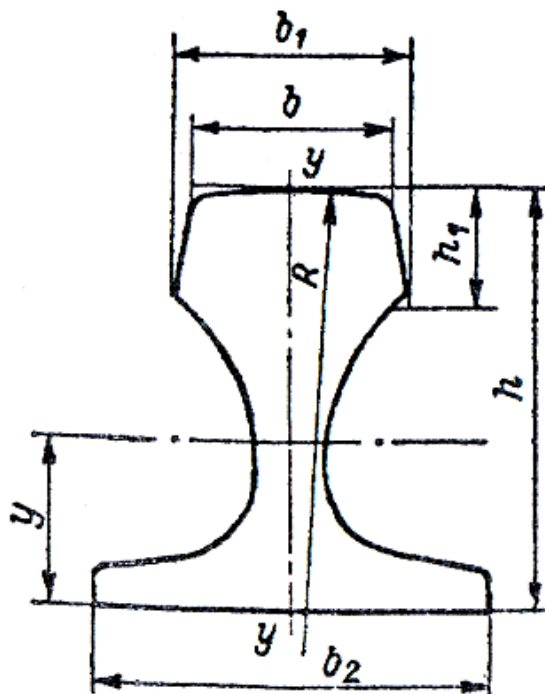
- 1 Титульный лист (Приложение Е).
- 2 Задание (Приложение Ж).
- 3 Содержание.
- 4 Введение.
- 5 Основная часть.
- 6 Заключение (выводы).
- 7 Библиографический список (используемая при выполнении работы литература и другие справочные источники).
- 8 Приложения (схемы, чертежи, спецификации).

Графическая часть работы состоит из чертежа общего вида металлоконструкции мостового крана на формате А1. Чертёж должен давать полное представление о разработанной металлоконструкции, иметь соответствующие обозначения и спецификацию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 **Соколов, С.А.** Строительная механика и металлические конструкции машин: Электронный ресурс : учебник / С.А. Соколов. – СПб. : Политехника, 2012. – 422 с. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/15913>. – ЭБС «IPR-books».

Рельсы крановые. Размеры и характеристика (из ГОСТ 4121-62*)



Обозначение рельса	Площадь поперечного сечения, см^2	b	b_1	b_2	h	h_1	R	Положение центра тяжести y , см	Момент инерции I_x , см^4	Момент сопротивления W_x , см^3	Масса 1 м рельса, кг
КР-70	67,30	70	76,5	120	120	32,5	400	5,93	1081,99	178,12	52,83
КР-80	81,13	80	87	130	130	35	400	6,43	1547,40	235,52	63,69
КР-100	113,32	100	108	150	150	40	450	7,60	2864,73	387,12	88,96
КР-120	150,44	120	129	170	170	45	500	8,43	4923,79	574,54	118,10

Также возможно применение рельс типа Р43 по ГОСТ 7173-54 и типа Р50 по ГОСТ 7174-75

Некоторые коэффициенты и справочные данные, применяемые в расчётах

1 Коэффициент надёжности по нагрузке.

– для постоянной нагрузки η_q при разных режимах скорости движения крана: скорость до 1,0 м/с – коэффициент $\eta_q = 1,1$; скорость от 1,0...2,0 м/с коэффициент $\eta_q = 1,2$;

– для полезной нагрузки на крюке η_Q при легком (л) режиме работы крана – $\eta_Q = 1,2$; при среднем (с) режиме – $\eta_Q = 1,3$;

– для горизонтальных сил инерции $\eta = 1,0$.

2 Коэффициент условий работы γ_c , зависящий от действительного характера работы конструкции в тех или иных условиях, может быть принят:

– для ездовой балки и фермы жёсткости $\gamma_c = 1,0$;

– для концевой балки $\gamma_c = 0,5$;

– для элементов фермы жёсткости из одиночных уголков, прикрепленных одной полкой, $\gamma_c = 0,75$.

3 Материал, применяемый для изготовления металлических конструкций однобалочного мостового крана:

– для изготовления металлоконструкций малых пролетов и грузоподъемности применяется прокатная углеродистая сталь марки ВСт3сп5 по ГОСТ 380-71;

– для тяжелонагруженных металлоконструкций – прокатная низколегированная сталь марки 15ХСНД по ГОСТ 19282-73.

4 Предельно допустимый прогиб f ездовой балки составляет 1/700 пролёта.

5 Предельно допустимые значения гибкости $[\lambda]$ элементов фермы жесткости:

– для сжатых поясов $[\lambda] = 150$;

– для сжатых стоек $[\lambda] = 200$;

– для растянутых раскосов $[\lambda] = 250$.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1

Характеристики электрических талей (из ГОСТ 3472-63)

Основные характеристики	Параметры		
Марка тали	ТЭ1-52I	ТЭ2-52I	ТЭ3-52I
Грузоподъемность Q , т	1,0	2,0	3,2
Масса тали, m_T , кг	220	325	515
Максимальное давление на каток, P_n^{max} , кг	500	875	1260
База тали, α , мм	560	612	665
Номера прокатных двутавров (ГОСТ 8239-89)	18М...36М	18М...36М	30М...45М
Наименьшее расстояние от оси подкранового пути до грузового крюка X_{min} , мм	1000	1050	1100

Таблица В2

Расчётные сопротивления прокатных сталей

Напряженное состояние	Условное обозначение	Расчетное сопротивление, МПа (кгс/см ²)	
		ВСт3сп5	15ХСНД
Растяжение, сжатие и изгиб	R_y	225 (2300)	330 (3350)
Сдвиг	R_s	130 (1330)	190 (1950)

Таблица В3

Расчетные сопротивления металла у сварных соединений с угловыми швами

Тип электрода (ГОСТ 9467-75)	Расчетное сопротивление R_{ws} , МПа (кгс/см ²)
Э42, Э42А	180 (1850)
Э46, Э46А	200 (2050)
Э50, Э50А	215 (2200)

Таблица В4

Характеристика крановых колёс конструкции ВНИИПТМАШ

Тип колеса	Скорость качения, м/с	[Р], т при режиме работы		Размеры, мм						
		легкий	средний	B	C	D_n	E	H	N	d_1
КУ300	0,2	10,1	8,8	85	90	330	243	100	125	17
	0,5	9,8	8,5							
	1,0	8,8	7,6							

1 Выбор двутавра

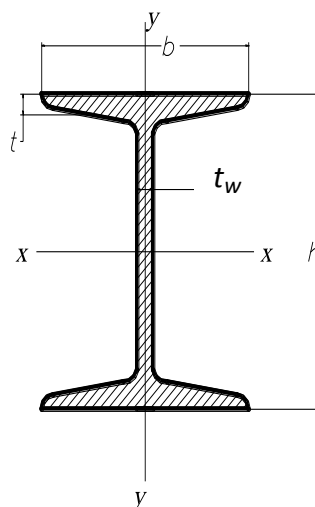


Таблица Г1

Балки двутавровые для подвесных путей ГОСТ 8239-89

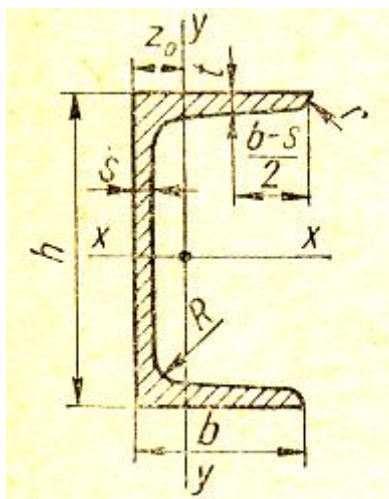
№ про- филя	Масса кг/м	h	b	tw	t	А см^2	ось X-X	
		мм					Jx см^4	W x см^3
18	18,4	180	90	5,1	8,1	23,4	1290	143
24	27,3	240	115	5,6	9,5	34,8	3460	289
30	36,5	300	135	6,5	10,2	46,5	7080	472
36	48,6	360	145	7,5	12,3	61,9	13380	743
45	66,5	450	160	9	14,2	84,7	27696	1231

2 Выбор швеллера

Таблица Г2

Швеллер ГОСТ 8240-89

№ про- филя	Масса кг/м	h	Б	t _w	t	А см^2	ось X-X	
		мм					J _x см^4	W _x см^3
16	14,2	160	64	5	8,4	18,1	747	93,4
18	16,3	180	70	5,1	8,7	20,7	1090	121
20	18,4	200	76	5,2	9	23,4	1520	152
22	21	220	82	5,4	9,5	26,7	2110	192
24	24	240	90	5,6	10	30,6	2900	242
27	27,7	270	95	6	10,5	35,2	4160	308
30	31,8	300	100	6,5	11	40,5	5810	387
33	36,5	330	105	7	11,7	46,5	7980	484
36	41,9	360	110	7,5	12,6	53,4	10820	601
40	48,3	400	115	8	13,5	61,5	15220	761



3 Выбор уголка равнополочного

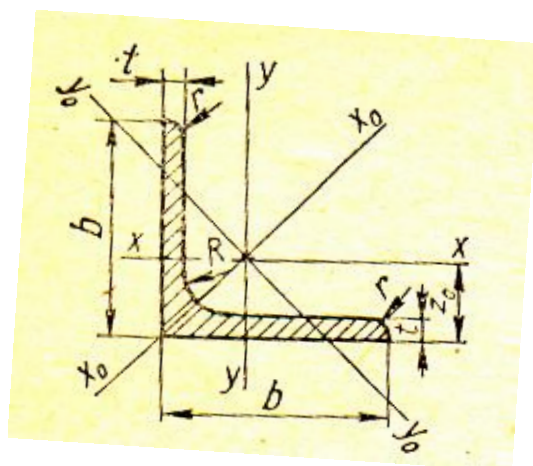


Таблица ГЗ

Уголок равнополочный ГОСТ 8509-86

b	t	A	Масса	Z ₀	i _x	i _{x0 max}	i _{y0 min}
мм		см ²	кг/м	см	см	см ³	см ³
50	4	3,89	3,05	1,38	1,54	1,94	0,99
50	5	4,8	3,77	1,42	1,53	1,92	0,98
56	4	4,38	3,44	1,52	1,73	2,18	1,11
56	5	5,41	4,25	1,57	1,72	2,16	1,1
63	4	4,96	3,9	1,69	1,95	2,45	1,25
63	5	6,13	4,81	1,74	1,94	2,44	1,25
63	6	7,28	5,72	1,78	1,93	2,43	1,24
70	5	6,86	5,38	1,9	2,16	2,72	1,39
70	6	8,15	6,39	1,94	2,15	2,71	1,38
75	5	7,39	5,8	2,02	2,31	2,91	1,49
75	6	8,78	6,89	2,06	2,3	2,9	1,48
75	7	10,1	7,96	2,1	2,29	2,89	1,48
80	5,5	8,63	6,78	2,17	2,47	3,11	1,59
80	6	9,38	7,36	2,19	2,47	3,11	1,58
80	7	10,8	8,51	2,23	2,45	3,09	1,58

Коэффициент продольного изгиба φ

Гибкость λ	Значение φ для стержней из стали ВСт3 сп5									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,900	0,990	0,986	0,984	0,982	0,980	0,978	0,976	0,974	0,972
20	0,970	0,968	0,966	0,964	0,962	0,960	0,958	0,956	0,954	0,952
30	0,950	0,947	0,944	0,941	0,938	0,935	0,932	0,929	0,926	0,923
40	0,920	0,917	0,914	0,911	0,908	0,905	0,902	0,899	0,896	0,893
50	0,890	0,887	0,884	0,881	0,878	0,875	0,872	0,869	0,886	0,863
60	0,860	0,885	0,850	0,845	0,840	0,835	0,830	0,825	0,820	0,815
70	0,810	0,804	0,788	0,792	0,786	0,790	0,774	0,768	0,762	0,756
80	0,750	0,744	0,738	0,732	0,726	0,720	0,714	0,708	0,702	0,696
90	0,690	0,681	0,672	0,663	0,654	0,645	0,635	0,627	0,618	0,609
100	0,600	0,592	0,584	0,576	0,568	0,560	0,552	0,544	0,536	0,528
110	0,520	0,513	0,506	0,489	0,492	0,485	0,478	0,471	0,464	0,457
120	0,450	0,445	0,440	0,435	0,430	0,425	0,420	0,415	0,410	0,405
130	0,400	0,396	0,392	0,388	0,384	0,380	0,376	0,372	0,368	0,364
140	0,360	0,356	0,352	0,348	0,344	0,340	0,336	0,332	0,327	0,324
150	0,320	0,317	0,314	0,311	0,308	0,305	0,302	0,299	0,296	0,293
160	0,290	0,287	0,284	0,281	0,278	0,275	0,272	0,269	0,266	0,263
170	0,260	0,257	0,254	0,251	0,248	0,245	0,242	0,239	0,236	0,233
180	0,230	0,228	0,226	0,224	0,222	0,220	0,218	0,216	0,214	0,212
190	0,210	0,208	0,206	0,204	0,202	0,200	0,198	0,196	0,194	0,192
200	0,190	0,188	0,186	0,184	0,182	0,180	0,178	0,176	0,174	0,172

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

Кафедра «Транспортные машины и триботехника»

Проектирование металлоконструкции мостового крана

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**к курсовой работе по дисциплине
«Строительная механика и металлические конструкции»**

СММК XX.XX ПЗ

Работа защищена с оценкой _____

Студент группы: _____
Ф.И.О.

Руководитель работы _____
Ф.И.О.

201____

БЛАНК ЗАДАНИЯ НА КУРСОВУЮ РАБОТУ



РОСЖЕЛДОР
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Транспортные машины
и триботехника»

В.В. Шаповалов

ЗАДАНИЕ

для выполнения курсовой работы по дисциплине
 «Строительная механика и металлические конструкции»

Вариант _____

Студент _____ группа _____

Тема: **Проектирование металлоконструкций мостового крана**

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Грузоподъемность Q , т	Пролет крана L , м	Скорость пере- движения v , м	Режим работы

2 СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка должна содержать титульный лист, задание, содержание, введение, основную часть, заключение, список использованных источников и спецификацию к чертежу.

Введение содержит краткое описание конструкции и ее назначение.

Основная часть содержит статический и конструктивный расчеты металлоконструкции мостового крана; выполнение проверок; расчетные схемы и подбор сечений. По тексту записки выполняются необходимые рисунки и делаются ссылки на используемую литературу.

3 ОБЪЁМ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

1 Сборочный чертёж металлоконструкции крана формата А1.

4 ОФОРМЛЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Пояснительная записка, чертежи и спецификация сборочных единиц являются учебными конструкторскими документами и оформляются в соответствии с СТП РГУПС-2-07 «Стандарт предприятия. Оформление учебной документации курсовых и дипломных проектов (работ) студентов инженерных специальностей». Всем документам проекта должны быть присвоены обозначения.

Задание выдано _____

Руководитель работы _____

Пример выбора исходных данных для выполнения курсовой работы

Для выполнения курсовой работы исходными данными являются технические характеристики проектируемого мостового электрического однобалочного опорного крана по ГОСТ 22045-89.

Исходные данные

Техническая характеристика мостового крана	Номер варианта										
шифр		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
грузоподъемность Q , т	Первая цифра шифра	1	2	3,2	1	2	3,2	1	2	3,2	2
пролет L , м	Вторая цифра шифра	5	6	7	8	9	10	11	8	9	10
скорость движения, v м/с	Третья цифра шифра	0,2	0,3	1,0	0,2	0,4	1,0	0,3	0,7	0,8	0,5
режим работы	Третья цифра шифра	л	с	л	с	л	с	л	с	л	с

Примечание: трехзначный шифр варианта выдается каждому студенту индивидуально.

Учебное издание

Буракова Марина Андреевна
Мелешко Олег Иванович

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
ОДНОБАЛОЧНОГО МОСТОВОГО КРАНА.
ТЕОРИЯ И РАСЧЁТ**

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.И. Исаева

Подписано в печать 29.11.17. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,32.
Тираж экз. Изд. № 90356. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.