СССР

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

НОРМЫ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ И КОЗЛОВЫХ КРАНОВ

ОСТ 24.090.72-83

Издание официальное

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ указанием Министерства тяжелого и транспортного машиностроения от 05.II.83 № ЕМ-002/I2294

ИСПОЛНИТЕЛИ И.И. Абрамович (руководитель темы)
Р.К. Алексеев, Б.М. Розенштейн,
Н.Н. Рябова, В.В. Бирюков

УДК 621.873.001.24 Группа Г 02

ОТРАСЛЕВОЙ СТАНДАРТ

НОРМЫ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ И КОЗЛОВЫХ КРАНОВ

ОКСТУ 3150

ОСТ 24.090.72-83
Взамен
РТМ 24.090.27-77
РТМ 24.090.30-77
РТМ 24.090.32-77

Указанием Министерства тяжелого и транспортного машиностроения от 05.11.83 № ЕМ-002/12294 срок действия установлен

с 01.07.84
до 01.01.89

Несоблюдение стандарта преследуется по закону

Настоящий стандарт распространяется на расчет стальных конструкций мостовых и козловых кранов грузоподъемностью от 1 до 50 т включительно и устанавливает нормы и метод их расчёта на прочность, устойчивость и выносливость.

Стандарт не распространяется на расчёт стальных конструкций кранов с жестким подвесом груза, специальных металлургических кранов, кранов, устанавливаемых на гидросооружениях и транспортных средствах всех видов, а также кранов всех видов, эксплуатируемых при температурах окружающего воздуха ниже минус 40° С.

Издание официальное Перепечатка воспрещена

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Расчет стальной конструкции должен проводиться для проверки безопасности и работоспособности крана.

I.2. Расчет должен содержать:

проверку прочности и устойчивости стальной конструкции по наибольшим нагрузкам, ожидаемым хотя бы один раз за срок службы крана;

в необходимых случаях проверку на выносливость по нагрузкам, многократно действующим за срок службы кранов;

проверку деформаций стальной конструкции.

I.3. Исходные данные для расчета должны соответствовать указанным в техническом задании и нормативно-технической документации на кран.

Принимаемые в расчете геометрические характеристики крана и его элементов должны приниматься по конструкторской документации соответствующей стадии проектирования и нормативно-технической документации.

I.4. Характеристики и показатели материалов, элементов, комплектующих изделий должны, за исключением особо оговоренных случаев, приниматься по их номинальным значениям, указанным в нормативно-технической документации или гарантируемым каталогами и паспортами соответствующих предприятий-изготовителей.

I.5. Направления координатных осей и обозначения опорных точек крана принимаются по обязательному приложению I.

I.6. Используемые в расчете единицы физических величин должны приниматься в соответствии с обязательным приложением 2.

I.7. Обозначения входящих в расчет величин должны приниматься по обязательному приложению 3.

2. МЕТОДЫ РАСЧЕТА

2.1. Расчет стальных конструкций, их элементов и соединений должен выполняться по методу предельных состояний.

2.2. Устанавливаются следующие предельные состояния:

первое - потеря несущей способности при однократном действии максимальной нагрузки, которая может возникать за срок службы крана;

второе - потеря несущей способности при многократном действии нагрузки;

третье - возникновение деформаций, препятствующих нормальной эксплуатации крана.

2.3. Условие первого предельного состояния характеризуется исчерпанием несущей способности материала по статическим характеристикам.

Основная расчетная формула первого предельного состояния

(2.1)

где - максимальное расчетное напряжение, определенное с учетом геометрических показателей элемента;

- расчетное сопротивление материала, Па;

- коэффициент условий работы.

2.4. Условие предельного второго состояния характеризуется исчерпанием несущей способности материала по сопротивлению многократно действующим нагрузкам.

Основная расчетная формула второго предельного состояния

(2.2)

где – расчетное сопротивление усталости, определенное с учетом характера действия циклической нагрузки.

2.5. Условие третьего предельного состояния характеризуется наступлением деформаций, величина которых препятствует нормальной эксплуатации крана за счет снижения точности работы или возникновения возможности непроизвольного перемещения грузовой тележки крана, или приводит к возникновению недопустимых по критериям первого или второго предельного состояния силовых факторов.

2.6. Значения показателей, полученные в результате расчета, должны составлять не менее 75 % от предельно допустимых значений, меньшие значения показателей допускаются только при наличии соответствующего технико-экономического обоснования.

2.7. Стальные конструкции кранов, предназначенных для транспортировки груза, нагретого свыше 300°С, или расплавленного металла, шлака, ядовитых, взрывчатых веществ и других опасных грузов, должны рассчитываться по нормам, предусмотренным не ниже, чем для тяжелого режима работы по Правилам устройства и безопасной эксплуатации грузоподъёмных кранов, утвержденных Госгортехнадзором СССР (или с 01.01.1985г. режимной группы 6К по ГОСТ 25546-82).

3. НАГРУЗКИ

3.1. Виды нагрузок

3.1.1. Должны учитываться нагрузки следующих видов:

вертикальные от сил тяжести груза и элементов крана;

ветровые;

динамические вертикальные и горизонтальные от работы механизма подъема груза, горизонтальные от пуска механизма передвижения крана, вертикальные от передвижения мостовых кранов по неровностям путей (стыкам рельсов), горизонтальные от буферного удара;

осевые – на ходовые колеса мостовых кранов;

перекосные для установившегося движения (для козловых кранов).

В соответствующих случаях должны учитываться нагрузки: сейсмические, от температурных воздействий, монтажные, транспортные, технологические, испытательные.

Для проверки отдельных элементов следует учитывать нагрузки от людей и находящегося на кране работающего оборудования.

3.2. Нагрузки вертикальные от сил тяжести

3.2.1. Расчетные нагрузки от сил тяжести элементов конструкции крана должны определяться по их номинальным значениям (за исключением случая монтажа крана).

3.2.2. Расчетные нагрузки от силы тяжести груза должны определяться по формуле

$$Q_p = K_Q \cdot Q, \qquad (3.1)$$

где Q_p – расчетная нагрузка от силы тяжести груза, Н;

Q – сила тяжести груза, соответствующего номинальной грузоподъемности крана, Н;

K_Q – коэффициент перегрузки силы тяжести груза.

Величина K_Q определяется в зависимости от грузоподъёмности крана, вида рабочего оборудования и условий его использования по табл. 1 и 2 для режимной классификации Правил Госгортехнадзора (режимы легкий – Л, средний – С, тяжелый – Т, весьма тяжелый – ВТ) и для режимной классификации по ГОСТ 25546-82.

Таблица I

Значения коэффициента K_Q для крюковых кранов

Грузоподъёмность, т	Режим по Правилам Госгортехнадзора			Режимная группа по ГОСТ 25546-82			
	Л	С	Т	1К;2К	3К;4К	5К	6К;7К
До 5 включ.	I,I5	I,35	I,50	I,I5	I,25	I,35	I,50
Св. 5 до I2,5 включ.	I,I0	I,25	I,50	I,I0	I,20	I,25	I,50
Св. I2,5 до 20 включ.	I,I0	I,20	I,40	I,I0	I,I5	I,20	I,40
Св. 20	I,I0	I,I5	I,30	I,I0	I,I0	I,I5	I,30

3.2.3. При подвеске грузозахватного органа или груза на двух или более не связанных между собой ветвях каната (полиспастах) (черт. I), следует учитывать неравномерность распределения усилий в ветвях каната или полиспастах вследствие возможного отклонения "е" центра тяжести груза Q от геометрической оси подвески.

Для случая подвески груза на двух ветвях каната (полиспаста) одного подъёмного механизма следует принимать, что большее S_1 и меньшее S_2 натяжения ветвей (каната) распределяются между собой в соотношениях:

- при грузах с поддающимся определению положения центра тяжести (прокат, трубы, балки и т.п.) $S_1 : S_2 = 1,15 : 0,85$;

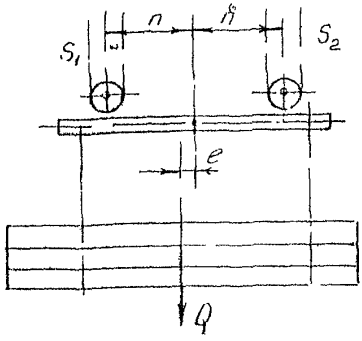
- при грузах, у которых определение положения центра тяжести О затруднено (пачки круглого леса, бетонные изделия сложной конфигурации и т.п.) $S_1 : S_2 = 1,3 : 0,7$.

Таблица 2

Значения коэффициента K_Q для грейферных и магнитных кранов (включая краны с подвесными (сменными) грейферами и подъемными электромагнитами)

Вид грузозахватного органа	Вид груза	Условия перегрузки	Режим по Правилам Госгортехнадзора Т, ВТ	Режимная группа по ГОСТ 25546-82	
				3К-5К	6К-8К
Грейфер	Щебень, уголь, песок, окалина и другие не липкие и не обладающие повышенной связностью материалы	Из штабеля	I,I	I,I	I,2
		Из приямка или из емкости, заполненной водой	I,4	I,4	I,5
	Влажная глина и другие липкие и обладающие повышенной связностью материалы	Из штабеля	I,5	I,5	I,6
Подъемный электромагнит (траверса с подъемными электромагнитами)	Скрап стальной, чугун в чушках	С неметаллического основания	I,3	I,3	I,5
		С металлического основания	I,5	I,5	I,7
То же	Стальной прокат	С неметаллического основания	I,2	I,2	I,4
		С решетчатого металлического основания	I,4	I,4	I,6
		Со сплошного металлического основания	I,6	I,6	I,8

Схема к определению распределения нагрузок между ветвями полиспаста



Черт. I

3.3. Ветровые нагрузки

3.3.1. Ветровые нагрузки должны определяться в соответствии с ГОСТ 1451-77.

3.3.2. Динамические составляющие пульсации ветровой нагрузки при определении нагрузок нерабочего и рабочего состояния учитываться не должны.

3.3.3. Коэффициент перегрузки сил ветра должен учитываться только для нагрузки нерабочего состояния и принимается

$$K_\beta = 1{,}1.$$

3.3.4. При определении значений расчетных площадей и коэффициентов аэродинамических сил допускается:

нагрузку на канаты, гибкие кабели токоподвода, перила и стойки ограждений площадок, прутковые лестницы и их ограждения и т.п. элементы учитывать увеличением на 5 ÷ 10 % расчетной площа-

ди моста крана;

не учитывать наклон стоек опор козловых кранов, принимая в качестве расчетной площади стоек проекцию их на вертикальную плоскость;

не учитывать площадь элементов конструкции (стоек опор, грузовой тележки), перекрываемую (затеняемую) внешним контуром моста.

3.4. Динамические нагрузки

3.4.1. Динамическая нагрузка, действующая на каждый из учитываемых при расчете элемент i конструкции крана, а также груз должна приниматься приложенной к центру тяжести соответствующего элемента или груза.

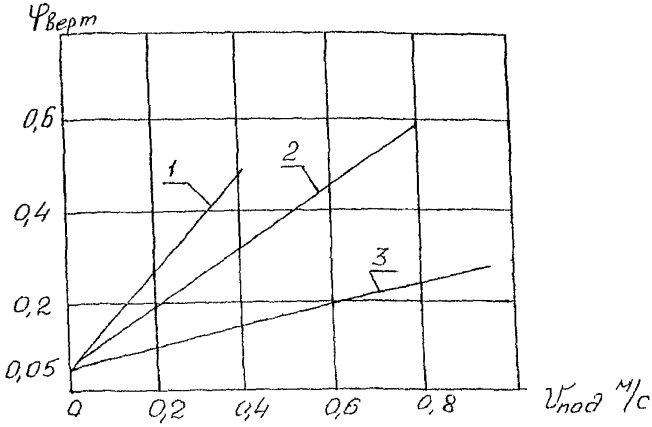
3.4.2. Вертикальную динамическую нагрузку $F_{д\,верт}$, возникающую при работе механизма подъёма мостовых и козловых кранов, принимают приложенной к грузовым канатам и определяют по формуле

$$F_{д\,верт} = \varphi_{верт}\,(Q + G_п), \qquad (3.2)$$

где $\varphi_{верт}$ – динамический коэффициент, принимается по данным графика черт. 2 в зависимости от номинальной скорости подъёма $v_{под}$ и вида электрического привода (1 – короткозамкнутый двигатель, 2 – двигатель с контактными кольцами, 3 – привод с плавным пуском и остановкой);

$Q + G_п$ – суммарная сила тяжести груза, крюковой подвески и грузозахватного устройства, Н.

Значение динамического коэффициента $\varphi_{верт}$



черт. 2

3.4.3. Горизонтальную динамическую нагрузку $F_{дг}$, возникающую при работе механизма подъема груза козлового крана, принимают приложенной вдоль продольной геометрической оси моста и определяют по формуле

$$F_{дг} = \varphi_г \cdot F_{д\,верт} \qquad (3.3)$$

где $\varphi_г$ – коэффициент горизонтальной динамической нагрузки, принимается по данным табл. 3.

Таблица 3

Коэффициент $\varphi_г$ горизонтальной динамической нагрузки, для козловых кранов

Схема крана	Расположение грузовой тележки	Значение $\varphi_г$
С одной гибкой и другой жесткой опорами	Консоль жесткой опоры	0,60
	Середина пролета	0,45
	Консоль гибкой опоры	0,30
С обеими жесткими опорами	Консоль опоры (любой)	0,15
	Середина пролета	0

3.4.4. Вертикальная динамическая нагрузка $F_{дк}$, действующая на i элемент конструкции мостового крана (за исключением подвески и грузозахватного органа) и возникающая при движении крана по неровностям путей, должна определяться по формуле

$$F_{дк} = \psi \, G_i, \qquad (3.4.)$$

где ψ - коэффициент толчков, определяется по табл. 4;

G_i - сила тяжести элемента i, Н.

Таблица 4

Коэффициент ψ толчков для мостовых кранов

Выполнение и наличие стыков рельсов	Стыки на болтовых накладках	Сварные механически обработанные стыки; отсутствие стыков	Значение ψ
Скорость передвижения крана, м/с	До 0,50 включ.	До 0,83 включ.	0
	Св. 0,50 до 1,0 включ.	Св. 0,83 до 1,60 включ.	0,1
	Св. 1,0 до 2,5 включ.	Св. 1,60 до 3,2 включ.	0,2

Для кранов с балансирными ходовыми тележками приведенные в табл. 4 значения ψ следует уменьшить на 50 %.

При укладке крановых рельсов на упругой подкладке значения для всех случаев следует дополнительно уменьшить на 30 %.

3.4.5. Динамическая горизонтальная нагрузка $F_{i\,дп}$ на элемент i конструкции крана, возникающая при передвижении

мостовых и козловых кранов, должна определяться по формуле

$$F_{\partial n} = 0{,}15\, G_c\, a, \qquad (3.5.)$$

где a – расчетное пусковое ускорение, определяется без учета ветра и уклона путей, м/с^2.

Динамическая горизонтальная нагрузка $F_{\partial n}$ от находящихся на гибком подвесе груза и элементов конструкции крана, должна определяться по формуле

$$F'_{\partial n} = 0{,}1 \cdot (Q + G_n) \cdot a, \qquad (3.6.)$$

где $Q + G_n$ – суммарная сила тяжести груза и элементов, находящихся на гибком подвесе, Н.

3.4.6. Горизонтальные динамические нагрузки $g_{\partial n}$ от сил инерции масс пролетных балок $F_{\partial n \delta}$ принимают равномерно распределенными по длине последних l_δ

$$g^{\circ}_{\partial n} = \frac{F_{\partial n \delta}}{l_\delta},$$

3.4.7. Расчетные схемы мостового крана для различных случаев действия горизонтальных динамических нагрузок приведены на черт. 3, где показаны также схемы опирания моста.

При этом:

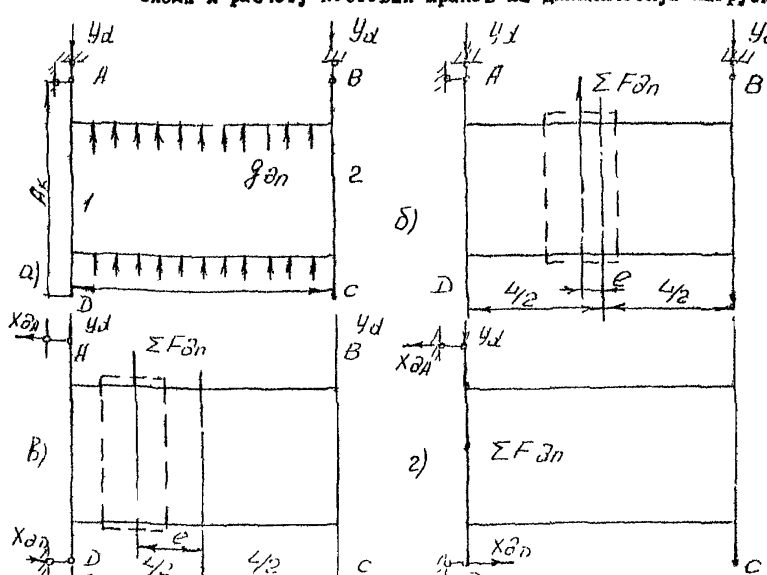
а) силовые факторы, действующие в элементах моста от нагрузки $g_{\partial n}$ определяют, исходя из схемы черт. 3а;

б) для случая смещения точки подвеса груза грузовой тележки на расстояние от центра пролета $e \leq 0{,}2L$ схему опирания крана, находящегося под воздействием суммарной горизонтальной нагрузки $\Sigma F_{эп}$, действующей на грузовую тележку, принимают по черт. 3б; при $e > 0{,}2L$ – по черт. 3в, причем осевые реакции на ходовых колесах определяют исходя из равенства между собой продольных реакций, приложенных к концевым балкам 1 и 2;

в) для кранов со сплошностенчатыми коробчатыми пролетными балками для расчета на случай расположения тележки в крайнем положении допускается использовать упрощенную схему по черт. 3г, с условным совмещением грузовой тележки с концевой балкой.

Формулы для определения осевых X и продольных Y реакций на ходовых колесах приведены в табл. 5.

Схемы к расчету мостовых кранов на динамическую нагрузку



Черт. 3

Таблица 5

Продольные и осевые реакции на ходовых колесах мостовых кранов от действия горизонтальных динамических нагрузок, Н

Схема действия нагрузки	Продольные реакции $Y_{d1} = Y_{d2} = Y_d$	Осевые реакции
Черт. 3а	$\frac{F_{dn\delta}}{2}$	$X_{dA} = X_{dB} = X_{dC} = X_{dD} = 0$
Черт. 3б		
Черт. 3в	$\frac{\Sigma F_{dn}}{2}$	$X_{dA} = -X_{dD} = \Sigma F_{dn} \cdot \frac{e}{A_K}$; $X_{dB} = X_{dC} = 0$
Черт. 3г		$X_{dA} = X_{dB} = \Sigma F_{dn} \frac{L}{2A_K}$; $X_{dB} = X_{dC} = 0$

3.4.8. При расчете козловых кранов к мосту относят 60 % масс элементов каждой из опор (за исключением ходовых частей и стяжек).

Вне зависимости от расположения грузовой тележки на мосту крана и конструктивных особенностей последнего, при расчете на действие нагрузок, определяемых по формулам (5-6), следует принимать схему опирания крана по черт. 4.

3.4.9. Для козловых кранов должны учитываться динамические перекосные нагрузки F_{dr}, возникающие при внезапном замыкании одного из тормозов механизма передвижения крана:

а) при скорости передвижения крана $v_n \leq 1{,}0$ м/с

$$F_{дт} = 6 \cdot 10^{-5} C_1 v_к \cdot F_{ст\,у} \leq 2 \cdot F_{ст\,у} \quad (3.7.)$$

б) при скорости передвижения крана $v_n > 1{,}0$ м/с

$$F_{дт} = 2 \cdot F_{ст\,у}, \quad (3.8.)$$

где $F_{дт}$ – динамическая перекосная нагрузка, Н;

$v_к$ – скорость передвижения крана, м/с;

C_1 – перекосная жесткость крана, Н/м,

определяется, исходя из продольного относительного смещения опор крана при действии перекосной нагрузки, направленной вдоль крановых рельсов; указания по определению величины C_1 даны в рекомендуемом приложении 4;

$F_{ст\,у}$ – условная перекосная статическая нагрузка, приложенная к опорам крана (черт. 5)

$$F_{ст\,у} = \frac{W_1 \cdot e - W_2 (L - e)}{L},$$

где L – пролет крана, м;

e – координата центра тяжести крана с грузом при грузовой тележке в крайнем положении со стороны опоры 1, м;

W_1, W_2 – сопротивления передвижению опор 1 и 2, Н.

При двухдвигательном приводе механизма передвижения:

$$W_1 = \Sigma Z_1 \omega + F_T,$$

$$W_2 = \Sigma Z_2 \omega.$$

При четырехдвигательном приводе:

$$W_1 = \Sigma Z_1 \cdot \omega + 2F_T;$$
$$W_2 = \Sigma Z_2 \cdot \omega + F_T,$$

где $\Sigma Z_1, \Sigma Z_2$ – суммы вертикальных нагрузок на ходовые колеса механизма передвижения опор I и 2, Н;

ω – удельное сопротивление передвижению от сил трения в ходовых колесах, Н/Н;

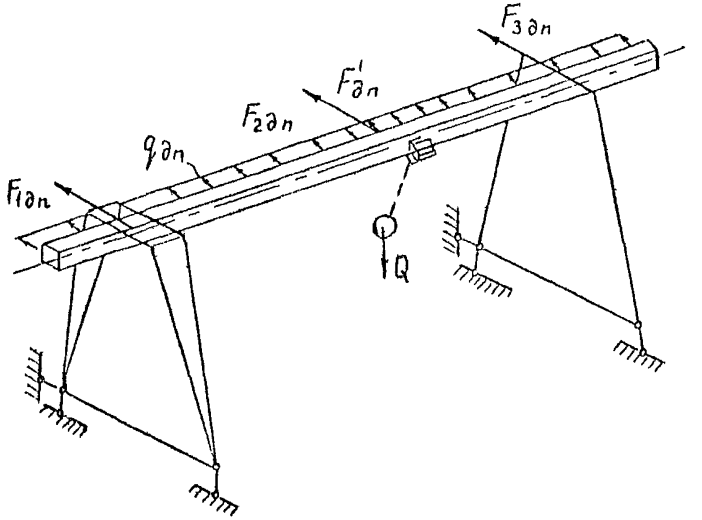
F_T – установочное тормозное усилие одного механизма, приведенное к ободу ходового колеса и определенное из условий удержания крана на месте при наличии уклона и действии ветра рабочего состояния, Н.

Перекосная нагрузка F_{ar} учитывается только при расчете элементов ходовых частей, опорных стоек и пролетной части крана.

3.4.10. Динамические горизонтальные нагрузки $F_{дб}$ от наезда мостового или козлового крана на концевые буферные упоры (буферный удар) должны учитываться только при скоростях наезда крана на упоры более 0,7 м/с. При наличии системы управления механизмом передвижения, обеспечивающей ограничение скорости до указанной величины и при наличии на упоре (или конструкции крана) упругих элементов, энергоемкость которых должна обеспечивать восприятие удара при скорости наезда не менее 70 % от номинальной скорости движения крана, нагрузки $F_{дб}$ учету не подлежат.

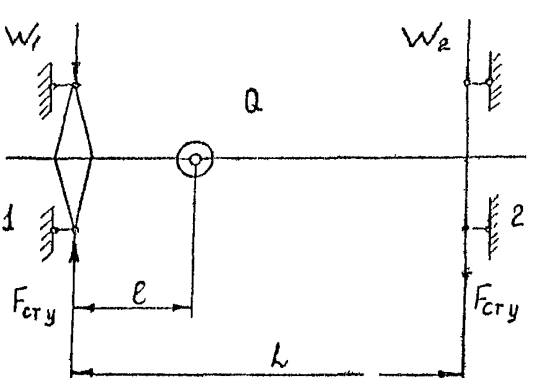
Нагрузки $F_{дб}$ определяют для случая расположения грузовой тележки в центре пролета и исходя из характеристики указанных упругих элементов, массу груза при определении $F_{дб}$ учитывают.

Схема к расчету козлового крана на горизонтальные динамические нагрузки



Черт. 4

Схема к расчету козлового крана на перекосные нагрузки



Черт. 5

3.5. Осевые нагрузки мостовых кранов

Для мостовых кранов должны учитываться осевые нагрузки на ходовые колеса (черт. 6), определяемые по формуле

$$F_o = 0{,}015\, Z_{max} \cdot \left(\frac{L}{A_k} + 1{,}33\, v_k\right), \qquad (3.9)$$

но не менее $F_o = 0{,}05\, Z_{max}$,

где Z_{max} – максимальная вертикальная нагрузка на ходовое колесо от крана с грузом при расположении грузовой тележки у края пролета, Н;

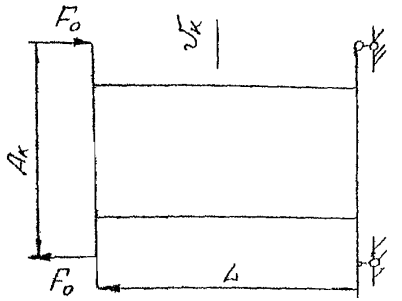
L – пролет крана, м;

A_k – база ходовых колес крана; при числе ходовых колес более 4 принимается по осям балансиров, м;

v_k – скорость передвижения крана, м/с.

Осевую нагрузку F_o учитывают только при расчете концевых балок и элементов их крепления к пролетным балкам.

Схема к определению осевых нагрузок на ходовые колеса мостовых кранов



Черт. 6

3.6. Перекосная нагрузка установившегося движения для козловых кранов

Для козловых кранов должна учитываться перекосная нагрузка установившегося движения $F_{ту}$ определяемая по формуле

$$F_{ту} = \frac{\Sigma W_1 - 0{,}75\Sigma W_2}{1{,}75}, \qquad (3.10)$$

где $\Sigma W_1; \Sigma W_2$ - суммы сопротивлений от сил трения в ходовых колесах, ветра рабочего состояния и уклона подкрановых путей, передвижения, приведенные соответственно к опорам 1 и 2 (черт. 5), Н.

3.7. Снеговые и гололедные нагрузки

Снеговые и гололедные нагрузки должны учитываться только для кранов пролетом более 40 м и могут приниматься в соответствии с указаниями СНиП II-6-74 (утверждены Госстроем СССР).

3.8. Сейсмические нагрузки

Сейсмические нагрузки должны учитываться в случаях, предусмотренных техническим заданием на кран; их допускается определять в соответствии с указаниями СНиП II-7-81 (утверждены Госстроем СССР).

3.9. Нагрузки (усилия) от температурных воздействий

3.9.1. Нагрузки от температурных климатических воздействий должны учитываться для установленных на открытом воздухе не защищенных от солнечной радиации мостовых и козловых кранов пролетом более 40 м; для определения их допускается использовать данные СНиП II-6-74.

3.9.2. Нагрузки от температурных воздействий, источниками которых является установленное в непосредственной близости от крана оборудование (нагревательные печи и т.д.) определяют в соответствии с температурным перепадом, предусмотренным в техническом задании на кран.

3.10. Монтажные нагрузки

Расчетные нагрузки, действующие на кран и его элементы при монтаже должны определяться с учетом:

сил тяжести конструкции (с учетом коэффициента перегрузки K_G = 1,2);

ветровой нагрузки, величину которой при отсутствии дополнительных требований, следует принимать, исходя из динамического давления в 50 Па.

3.11. Транспортные нагрузки

Для случая транспортировки крана должны учитываться нагрузки от сил тяжести элементов конструкции крана (при коэффициенте перегрузки K_G = 1,2) и динамические нагрузки.

При отсутствии дополнительных требований, предусмотренных техническим заданием на проектирование и нормативами ИПС, расчетные вертикальные и горизонтальные динамические нагрузки, действующие при транспортировке на элементы конструкции крана должны приниматься 100 % от сил тяжести последних.

3.12. Технологические нагрузки

Технологические нагрузки, обусловленные технологическими операциями, связанными с работой крана, должны приниматься в соответствии с требованиями технического задания на кран.

3.13. Испытательные нагрузки

Должна учитываться силы тяжести испытательного груза (нагрузки $F_{исп}$), принимаемая для статических грузовых испытаний при проведении технического освидетельствования.

3.I4. Нагрузки от людей и оборудования

3.I4.I. Площадки и проходные галереи должны рассчитываться на подвижную сосредоточенную нагрузку в 3000 Н, распределенную на площади размером 0,2х0,2 м.

Ограждения площадок должны проверяться на раздельное воздействие сосредоточенной вертикальной нагрузки в I,0 кН и горизонтальной нагрузки в 350 Н.

Ступени лестниц должны проверяться на вертикальную сосредоточенную нагрузку в I200 Н; при высоте лестницы более 3 м ее балки и элементы следует проверять на находящиеся на расстоянии между собой в I,5 м две подвижные нагрузки, каждая величиной в I000 Н.

Помимо перечисленных выше нагрузок при расчете площадок, проходных галерей и лестниц следует учитывать нагрузку от сил тяжести указанных элементов и установленного на них оборудования (при его наличии).

3.I4.2. При расчете рам ходовых частей, включая также и нижние части стоек опор козловых кранов (при жестком скреплении их с ходовыми тележками), площадок механизмов передвижения мостовых кранов, рам грузовых тележек и оснований лебедок, следует учитывать реактивные нагрузки от крутящих моментов, действующих на валах механизмов.

Для механизмов передвижения кранов и грузовых тележек нагрузки определяются, исходя из максимального (с учетом перегрузочной способности) момента двигателя.

В механизмах подъема груза нагрузки определяют, исходя из нагрузок от силы тяжести груза и грузозахватного органа (с учетом

коэффициентов перегрузки согласно п. 3.2.2) и динамических нагрузок согласно п. 3.4.

3.15. Расчетные нагрузки первого предельного состояния и их сочетания

3.15.1. Для расчета стальных конструкций мостовых кранов в рабочем состоянии устанавливаются следующие основные расчетные сочетания нагрузок:

сочетание I – нагрузки от сил тяжести элементов крана (п. 3.2.1) и груза (п.п. 3.2.2; 3.2.3), вертикальные динамические нагрузки от работы механизма подъёма груза (п. 3.4.2);

сочетание 2 – нагрузки от сил тяжести элементов крана (п. 3.2.1) и груза (п.п. 3.2.2 и 3.2.3), вертикальные динамические нагрузки от передвижения крана (п. 3.4.4) и горизонтальные динамические нагрузки от передвижения крана (п. 3.4.5);

сочетание 3 – нагрузки от сил тяжести элементов крана (п. 3.2.1) и груза (п.п. 3.2.2; 3.2.3), осевые нагрузки на ходовые колеса (п. 3.5).

В нерабочем состоянии должна проводиться проверка кранов пролетом только более 34,5 м и при установке в районах с динамическим давлением ветра не менее 700 Па. Помимо ветра, следует учитывать вертикальную нагрузку от сил тяжести элементов конструкции.

3.15.2. Для расчета стальных конструкций козловых кранов устанавливаются следующие основные расчетные сочетания:

сочетание I – нагрузки от сил тяжести элементов крана (п. 3.2.1) и груза (п.п. 3.2.2; 3.2.3), вертикальные и гори-

зонтальные динамические нагрузки от работы механизма подъема груза (п.п. 3.4.2; 3.4.3), а также перекосные нагрузки установившегося движения (п. 3.6);

сочетание $2'$ – нагрузки от сил тяжести элементов крана (п. 3.2.1) и груза (п.п. 3.2.2; 3.2.3), горизонтальные динамические нагрузки при передвижении крана (п. 3.4.5) и динамические перекосные нагрузки (п. 3.4.10).

В нерабочем состоянии должна проводиться проверка кранов пролетом только более 32 м и при установке в районах с динамическим давлением ветра не менее 700 Па. Помимо ветра, учитывают также вертикальную нагрузку от сил тяжести элементов конструкции крана.

3.15.3. Для расчета стальных конструкций мостовых и козловых кранов учитываются:

а) нагрузки от буферного удара в случаях, предусмотренных в п. 3.4.10, в сочетании с вертикальными нагрузками от сил тяжести элементов конструкции и груза (без учета коэффициента перегрузки);

б) испытательная нагрузка $F_{исп}$ должна учитываться только в тех случаях, когда $F_{исп} > Q \cdot K_д + F_{g\,верт}$ при этом, помимо $F_{исп}$ учитываются только нагрузки от сил тяжести элементов крана.

3.15.4. Помимо указанных в п.п. 3.15.1–3.15.3 сочетаний, допускается в обоснованных случаях вводить другие сочетания нагрузок, необходимые для оценки прочности конструкции.

3.16. Расчетные нагрузки второго предельного состояния (проверка выносливости)

3.16.1. Должны учитываться нагрузки от сил тяжести конструкции и полезного груза, которые принимаются без учета коэффициента

перегрузки.

3.16.2. Динамические нагрузки (за исключением буферных), ветровые нагрузки, осевые нагрузки, нагрузки при перекосе установившегося движения, снеговые и гололедные нагрузки должны учитываться только в случаях, предусмотренных методиками расчета конкретных элементов стальных конструкций; при этом значения нагрузок для расчета выносливости принимают в 50% от значений, приведенных в п.п. 3.3-3.6.

Остальные виды нагрузок при расчете выносливости подлежат учету только при наличии соответствующих требований в техническом задании.

3.17. Расчетные нагрузки третьего предельного состояния (для расчета деформаций)

За расчетные нагрузки третьего предельного состояния должны приниматься нагрузки силы тяжести груза (без учета коэффициента перегрузки), грузозахватного органа и грузовой тележки.

4. СИЛОВЫЕ ФАКТОРЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В ЭЛЕМЕНТАХ НЕСУЩЕЙ СТАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

4.1. Мостовые краны

4.1.1. Силовые факторы, действующие в элементах стальной конструкции мостовых кранов, должны определяться не менее, чем при двух установках грузовой тележки на мосту крана:

первая - в центре пролета;

вторая - в крайнем положении пролета.

Положение грузовой тележки при каждой установке уточняют с учетом размеров колесной базы тележки, распределения нагрузок между ее ходовыми колесами и конкретных особенностей конструкции пролетного строения крана.

4.1.2. При первой установке проверяют элементы пролетной части моста, при второй - концевые части пролетных балок, узлы примыкания пролетных балок к концевым, концевые балки.

4.1.3. При определении изгибающих моментов и поперечных сил, действующих в элементах двухбалочных мостов от вертикальных и горизонтальных нагрузок, допускается принимать, что пролетные и концевые балки расположены в одной горизонтальной плоскости, проходящей через нейтральные оси пролетных балок.

При этом:

для вертикальной нагрузки расчет производится, исходя из шарнирного сочленения пролетных балок с концевыми;

в случае внецентренных нагрузок, например, от монтированных на мосту оборудования, площадок и т.п., а также при несимметричном расположении подтележечных рельсов, следует учитывать дополнительные моменты $M_i = D_i \cdot e$,

где D_i – вертикальная нагрузка, Н;

e – плечо ее действия относительно продольной оси соответствующей пролетной балки (черт. 7), м.

Вертикальные нагрузки на ходовые колеса грузовой тележки при неразрезной раме тележки определяют по формулам (4.1 – 4.4), принимая, что суммарная вертикальная нагрузка $\Sigma F_в$, действующая на раму тележки, распределяется между ходовыми колесами в соответствии со схемой (черт. 8).

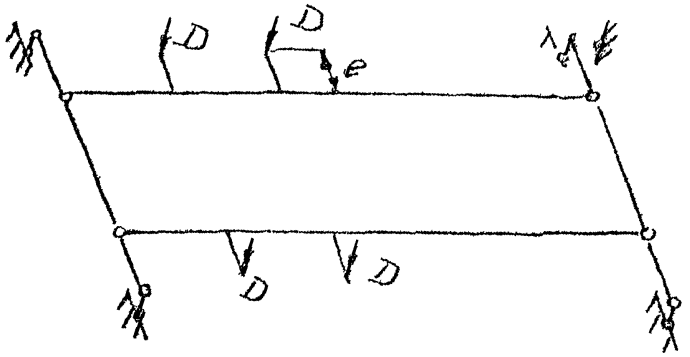
$$F_{вА} = \Sigma F_в \cdot \frac{e_2}{K} \cdot \frac{в_2}{A_т}; \qquad (4.1)$$

$$F_{вВ} = \Sigma F_в \cdot \frac{e_1}{K} \cdot \frac{в_2}{A_т}; \qquad (4.2)$$

$$F_{вС} = \Sigma F_в \frac{e_1}{K} \cdot \frac{в_1}{A_т}; \qquad (4.3)$$

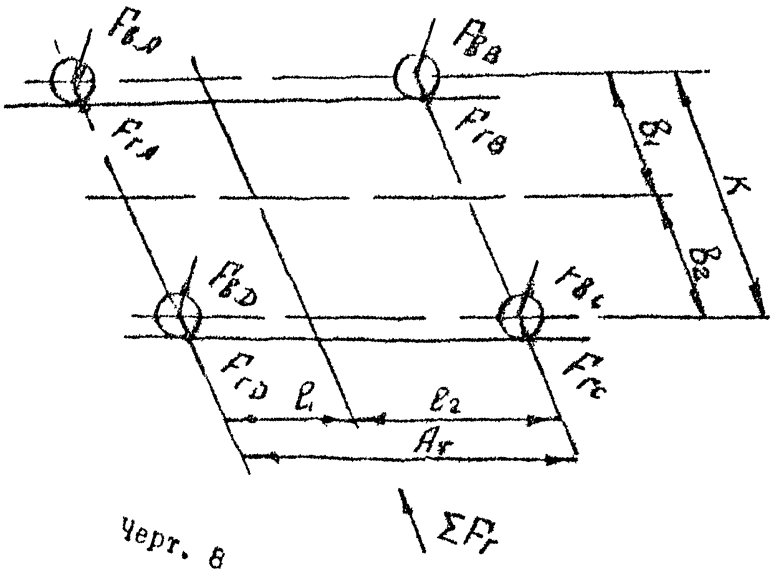
$$F_{вD} = \Sigma F_в \cdot \frac{e_2}{K} \cdot \frac{в_1}{A_т}, \qquad (4.4)$$

Схема действия внецентренных нагрузок



Черт. 7

Схема распределения вертикальных нагрузок на ходовые колеса



Черт. 8

4.1.4. Распределение горизонтальных нагрузок F_r между ходовыми колесами, возникающих от действия суммарной горизонтальной нагрузки ΣF_r принимают пропорциональным распределению вертикальных нагрузок P_B.

4.1.5. Для двухбалочных кранов с коробчатыми пролетными балками, при отношении высоты балки к ширине $\frac{H}{B}$ менее 2, допускается не учитывать горизонтальные нагрузки F_r.

4.2. Козловые краны

4.2.1. Силовые факторы, действующие в элементах стальной конструкции козловых кранов, должны определяться не менее, чем при следующих установках грузовой тележки на мосту крана:

на одной из консолей и в центре пролета - для кранов с обеими жесткими опорами;

на обеих консолях и в центре пролета - для крана с одной гибкой, а другой жесткой опорами.

Положение грузовой тележки при каждой установке уточняют с учетом размеров колесной базы тележки, распределения нагрузок между ее ходовыми колесами и конкретных особенностей пролетного строения крана.

4.2.2. Проверку элементов моста по первому предельному состоянию производят в предположении свободного осевого смещения ходовых колес (отсутствие распорных реакций в направлении продольной оси моста).

При проверке этих элементов по второму предельному состоянию допускается учитывать разгружающее действие распорных реакций.

При проверке стоек опор распорные реакции должны учитываться во всех случаях.

Определение прогиба моста кранов с обеими жесткими опорами для проверки по третьему предельному состоянию должно проводиться с учетом распорных реакций.

4.2.3. При определении вертикальных и горизонтальных реакций от взаимодействия ходовых колес с рельсами податливость кранового пути учету не подлежит.

4.2.4. Основные сочетания нагрузок для проверки отдельных элементов стальных конструкций козловых кранов должны назначаться с учетом конструктивных особенностей крана; рекомендуемые сочетания нагрузок приведены в приложении 5 (для рабочего состояния).

5. КОЭФФИЦИЕНТЫ УСЛОВИЙ РАБОТЫ

5.1. При расчетах следует вводить коэффициенты условий работы γ_c, учитывающие возможные отклонения элементов конструкций от их проектных размеров, а также несовершенство используемых методов расчета

$$\gamma_c = \gamma_c' \cdot \gamma_c'' \cdot \gamma_c''', \qquad (5.1)$$

где γ_c' - коэффициент условий работы отдельных элементов конструкции;

γ_c'' - коэффициент условий работы узлов стальных конструкций кранов;

γ_c''' - коэффициент условий работы, учитывающий возможные отклонения толщин профилей металла, коррозийный износ и повреждения металла (табл. 10).

5.2. Коэффициент γ_c для элементов конструкций и их сварных стыковых соединений должны приниматься по табл. 6.

Таблица 6

Коэффициенты условий работы γ_c' отдельных элементов конструкции

Элементы конструкции	Коэффициент γ_c
Сжатые основные элементы решетки (кроме опорных таврового сечения из уголков) при гибкости $\lambda \geqslant 60$	0,80
Сжатые элементы решетки из одиночных равнополочных уголков (или неравнополочных, прикрепленных большей полкой)	
а) раскосы перекрестной и раскосно-стоечной решетки,	0,90
стойки раскосной и полураскосной решетки,	0,90
раскосы полураскосной решетки	0,90
раскосы раскосной решетки и перекрестной решетки со смещенными узлами в смежных гранях	0,85
б) раскосы и стойки при всех схемах решетки, при креплении к поясам только через фасонку, без дополнительных подкреплений	0,75
Сжатые элементы решетки из одиночных неравнополочных уголков, при приварке к поясам меньшей полкой	0,75
Сжатые и растянутые элементы из одиночных швеллеров:	
а) прикрепляемые стенкой	0,90
б) прикрепляемые полкой	0,75
Другие сжатые элементы (кроме замкнутых трубчатых) при расчетах на устойчивость	0,75
Затяжки, тяги, стяжки, подвески, выполненные из прокатной стали	0,90
Другие растянутые элементы решетки и пояса	0,95
Сплошные балки при расчетах на общую устойчивость	0,95

5.3. При расчете пролетных балок должен учитываться коэффициент условий работы γ_c'', приведенные в табл. 7.

При расчете концевых балок мостовых кранов и элементов их соединений с пролетными должны учитываться коэффициенты γ_c'', приведенные в табл. 8.

Таблица 7

Коэффициенты условий работы для расчета пролетных балок

Схема моста	Особенности конструкции моста и используемого метода расчета	Коэффициент γ_c''
Двухбалочный мост	Коробчатые пролетные балки при расположении подтележечного рельса	
	в середине балки	0,85
	у края балки, в т.ч. над стенкой, без учета стесненного кручения	0,75
	у края балки, с учетом стесненного кручения	0,85
	Двутавровые составные и прокатные пролетные балки при расположении подтележечного рельса над стенкой	1,0
Однобалочный мост с консольной грузовой тележкой	При учете стесненного кручения пролетной балки	0,90
	Без учета стесненного кручения пролетной балки	0,70
Однобалочный мост с подвесной монорельсовой грузовой тележкой	Пролетное строение из одиночной прокатной или составной одностенчатой двутавровой балки	1,0
	Пролетное строение с коробчатой балкой	0,95
	Пролетное строение с трубчатой несущей балкой и ездовым монорельсом при отношении наружного диаметра трубы D к толщине стенки δ	
	а) $\frac{D}{\delta} < 200$	0,90
	б) $\frac{D}{\delta} > 200$	0,80

Таблица 8

Коэффициенты γ_c'' условий работы для концевых балок и элементов их соединения с пролетными балками

Элемент конструкции	Режим по Правилам Госгортехнадзора		Режимная группа по ГОСТ 25546-82	
	Л, С	Т, ВТ	3К-5К	6К-8К
Надбуксовые части концевых балок с угловыми буксами	0,6	0,4	0,6	0,4
Все остальные элементы	0,8	0,6	0,8	0,6

5.4. При расчете элементов крепления мостов козловых кранов к стойкам жестких опор, включая и элементы мостов, находящихся в пределах опоры, а для решетчатых мостов – и в пределах одной смежной с опорой панели с каждой из сторон опоры, должны учитываться коэффициенты условий работы, приведенные в табл. 9.

5.5. Для элементов и узлов конструкции, не указанных в табл. 6 – 9 значения коэффициентов γ_c', γ_c'' должны приниматься с учетом конкретных особенностей их изготовления, использования и расчета, но не более $\gamma_c' = 1,0$, $\gamma_c'' = 1,0$.

Таблица 9

Коэффициент γ_c'' условий работы элементов крепления моста к стойкам опор

Схема моста крана	Конструктивные особенности выполнения узла сопряжения опор с мостом	Коэффициент γ_c''
Двухбалочный коробчатый мост с опорной грузовой тележкой	Примыкание опорных стоек непосредственно к мосту	0,90
Решетчатый однобалочный мост	Примыкание опорных стоек к нижнему поясу	0,90 (1,0)
	Примыкание опорных стоек к верхнему поясу	0,75 (0,90)

Примечание: Заключенные в скобки значения применять при расчете моста с учетом жесткости узлов решетки.

Таблица 10

Коэффициент "γ_c'''" условий работы, учитывающий возможные отклонения толщин профилей металла, коррозийный износ и транспортные повреждения металла

Профиль элемента	Коэффициент γ_c'''
1. Открытые профили при толщине полки (стенки) менее 5 мм и замкнутых коробчатых и трубчатых профилей при толщине менее 4 мм	0,90
2. Все виды профилей и листы, кроме указанных в п. 1:	
а) в случае отсутствия данных о фактических значениях технологических допусков на изготовление профилей и листов	0,95
б) при наличии гарантированных данных (не менее чем с 95 % обеспеченностью) о фактических значениях допусков	1,0

6. РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

6.1. Расчетные сопротивления материалов

6.1.1. Расчетные сопротивления материалов определяют, исходя из нормативного сопротивления по пределу текучести (R_{yn}), за который принимают нормированное значение предела текучести, и исходя из нормативного сопротивления разрушению (R_{un}), за которое принимают временное сопротивление, с учетом коэффициента надежности по материалу γ_m.

6.I.2. Расчетные сопротивления проката и труб для различных видов напряженного состояния следует определять по формулам, приведенным в табл. II.

Таблица II

Расчетные сопротивления проката и труб

Напряженное состояние	Формулы для определения расчетного сопротивления
Растяжение, сжатие и изгиб	$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$
Сдвиг	$R_s = 0{,}58\,\frac{R_{yn}}{\gamma_m}$
Смятие торцевой поверхности (при наличии пригонки)	$R_p = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$
Растяжение в направлении толщины проката	$R_{th} = \frac{0{,}5\,R_{yn}}{\gamma_m}$

Значение коэффициента γ_m для сталей с пределом текучести до 380 МПа и стали марок 14Г2АФ следует принимать γ_m = I,05; для сталей других марок с пределом текучести более 380 МПа – γ_m = I,I0.

Расчетные сопротивления должны приниматься с учетом изменения механических характеристик для стали одной и той же марки в зависимости от толщины проката.

Значения нормативных и расчетных сопротивлений для проката из сталей некоторых марок приведены в обязательном приложении 6.

6.2. Характеристики упругости материала

Расчетные характеристики материала должны приниматься:

модуль продольной упругости

$$E = 2{,}1\ 10^5 \text{ МПа}$$

модуль сдвига

$$G = 8\ 10^4 \text{ МПа}$$

коэффициент Пуассона

$$\mu = 0{,}28$$

6.3. Коэффициент линейного расширения должны принимать

$$\alpha = 1{,}25\ 10^{-6} \text{ мм/мм.град.С}$$

7. ПРОВЕРКА ПРОЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

7.1. Нормы и методы определения напряжений и проверки несущей способности элементов конструкции и их соединений рекомендуется принимать, за исключением предусмотренных в данном стандарте случаев, по СНиП II-23-81 (утверждены Госстроем СССР).

При этом не должны использоваться указания, относящиеся к элементам, испытывающим чисто статическую нагрузку, а также предусматривающие работу элементов при напряжениях, превышающих предел текучести (работа в пластической стадии).

7.2. Указания по расчету элементов конструкций на осевые силы и изгиб приводятся в приложении 7 (рекомендуемом).

7.3. При расчете пролетных балок с расположением подтележечного рельса посередине балки, рельс, вне зависимости от способа его установки (на промежуточных прокладках или непосредственно на верхнем поясе балки), следует рассчитывать как неразрезную балку

с жесткими опорами. При этом, в случае установки рельса непосредственно на верхний пояс, точки опоры принимают в соответствии с шагом расположения диафраги и коротких ребер.

Лист верхнего пояса допускается проверять на прочность и устойчивость, как находящуюся под воздействием продольных усилий пластинку, без учета влияния подтележечного рельса.

5.4. Расчет ездовых монорельсов должен выполняться с учетом действия осевых нагрузок, вертикальных и горизонтальных изгибающих моментов от действий поперечных нагрузок, крутящего момента, возникающего от внецентренного приложения поперечных нагрузок, а также местного изгиба полок от нагрузок ходовых колес.

Указания по расчету ездовых монорельсов даны в рекомендуемом приложении 8.

8. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

8.1. Проверке на выносливость подлежат элементы стальных конструкций, воспринимающие многократно действующие нагрузки с количеством циклов нагружения $6{,}3\ 10^4$ и более за срок службы крана.

8.2. Исходные данные для расчета выносливости - количество циклов нагружения, положения грузовой тележки на мосту крана, график распределения перемещаемых кра ом грузов по массе, следует принимать в соответствии с требованиями технического задания на проектирование крана с учетом технологических особенностей перегрузочного процесса.

При отсутствии таких данных в техническом задании допускается принимать:

а) количество циклов нагружения и распределение перемещаемых краном грузов по массе, исходя из показателей, установленных для режимной группы крана;

б) повторяемость установок грузовой тележки на мосту крана (в % от общего числа циклов работы крана) для мостовых кранов, исходя из схемы черт. 9а и козловых кранов – схемы черт. 9б.

8.3. При расчете выносливости должны быть учтены нагрузки в соответствии с указаниями п. 3.16.

8.4. Проверка на выносливость должна проводиться с учетом несимметрии нагрузочных циклов, механических свойств материала, концентрации напряжений и характерных для проверяемых элементов конструкции коэффициентов условий работы.

8.5. Расчет на выносливость пролетных балок мостовых кранов необходимо выполнять в соответствии с РТМ 24.090.53-79. В случае отсутствия необходимых данных для расчетов по данному РТМ допускается выполнять расчет на выносливость по рекомендуемому приложению 9.

8.6. Допускается не проводить проверку выносливости стальных конструкций кранов режимных групп 1К-2К и листовых сплошностенчатых стальных конструкций кранов режимных групп 1К-5К.

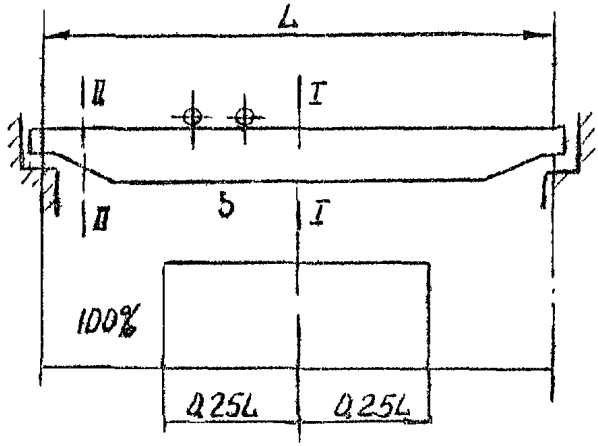
9. ПРЕДЕЛЬНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОГИБОВ

При расчете стальных конструкций следует проверять вертикальные прогибы пролетных балок (мостов) мостовых и козловых кранов от сил тяжести грузовой тележки с номинальным грузом.

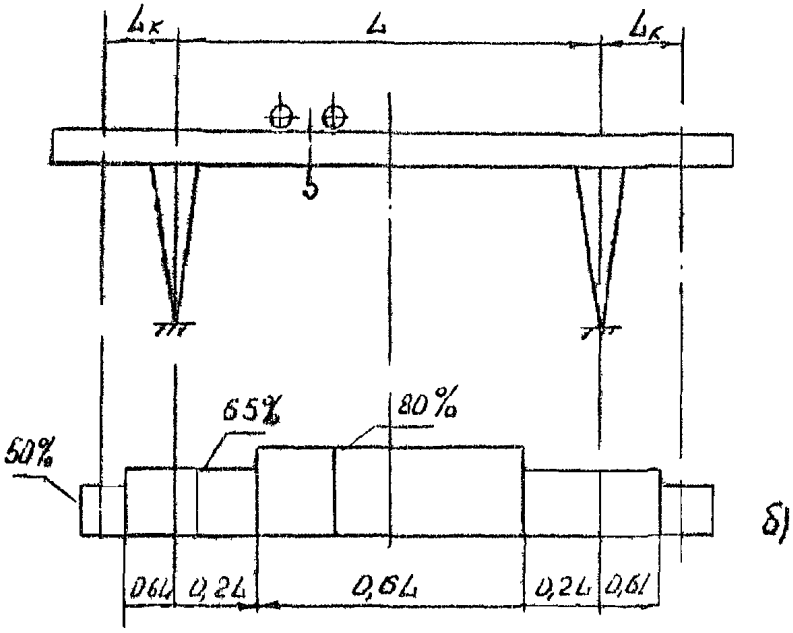
Прогибы определяют без учета деформаций опор и крановых путей, а также для фиксированного в осевом направлении положения ходовых колес козловых кранов.

Значения предельно допустимых прогибов для расположения тележки в центре пролета (относительно пролета L) и на консоли (относительно вылета консоли $L_к$), даны в табл. 12 и 13.

Расчетные положения грузовой тележки



а)



б)

Черт. 9

Таблица I2

Предельно допустимые прогибы пролетных балок мостовых кранов

Наличие и расположение кабины управления	Нормы для режимной группы								
	Правила Госгортехнадзора				ГОСТ 25546-82				
	I	С	Т	ВТ	IК	2К-3К	4К-5К	6К-7К	8К
Кабина отсутствует	$\frac{I}{400}$	$\frac{I}{500}$	$\frac{I}{800}$	-	$\frac{I}{400}$	$\frac{I}{500}$	$\frac{I}{500}$	$\frac{I}{700}$	-
Кабина установлена у края моста	$\frac{I}{500}$	$\frac{I}{600}$	$\frac{I}{800}$	$\frac{I}{900}$	$\frac{I}{400}$	$\frac{I}{500}$	$\frac{I}{600}$	$\frac{I}{800}$	$\frac{I}{900}$
Кабина установлена в центре моста или на подвижной тележке	$\frac{I}{500}$	$\frac{I}{800}$	$\frac{I}{I000}$	$\frac{I}{I000}$	$\frac{I}{400}$	$\frac{I}{600}$	$\frac{I}{800}$	$\frac{I}{I000}$	$\frac{I}{I000}$

Таблица 13

Предельно допустимые прогибы мостов кранов общего назначения

Схема крана	Расположение груза	Нормы для режимной группы						
		Правила Госгортехнадзора			ГОСТ 25546-82			
		I	C	T	1K	2K-3K	4K-5K	6K-7K
С обеими жесткими опорами	Центр пролета	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{600}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{600}$	$\frac{1}{800}$
	Консоль	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{300}$
С одной гибкой и другой жесткой опорами	Центр пролета	$\frac{1}{600}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{600}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{1000}$
	Консоль	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$	$\frac{1}{150}$	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$

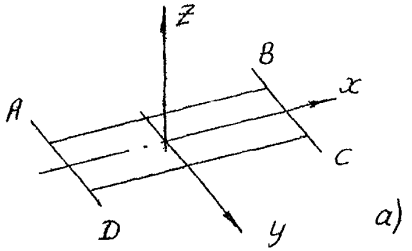
В случае применения электроталей без тормозов на механизмах передвижения и отсутствия у моста крана строительного подъёма прогибы в пролете и на консоли не должны превышать соответственно

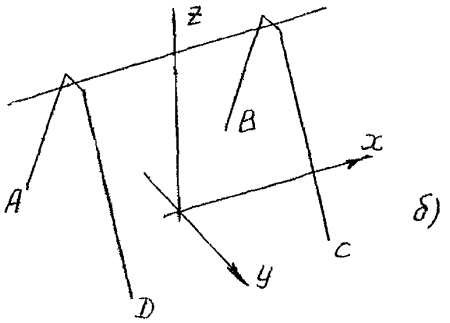
$$\frac{L}{500} \text{ и } \frac{L_K}{200}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Обязательное

Направления координатных осей и обозначения опорных точек крана мостового (а) и козлового (б)





ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Обязательное

Единицы СИ

Наименование величины	Обозначение	Обозначение рекоменд. кратных и дольных от единиц СИ	Соотношение единиц
Геометрический размер	м	см	м = 10^2 см
Площадь	$м^2$	$см^2$	$м^2$ = 10^4 $см^2$
Скорость	м/с	см/с	м/с = 10^2 см/с
Ускорение	$м/с^2$	$см/с^2$	$м/с^2$ = 10^2 $см/с^2$
Масса	кг		
Радиус инерции поперечного сечения	м	см	м = 10^2 см
Статический момент сечения плоской фигуры	$м^3$	$см^3$	$м^3$ = 10^6 $см^3$
Момент инерции, площадь сечения	$м^4$	$см^4$	$м^4$ = 10^8 $см^4$
Грузоподъёмность	кг	-	
Сила, вес	Н	кН	Н = 10^{-3} кН
Сосредоточенная сила	Н		
Распределенная линейная нагрузка	Н/м	кН/м	Н/м 10^{-3} кН/м
Момент силы	Н·м	кН·м	Н м = 10^{-3} кН·м
Крутящий момент	Н·м	кН·м	Н м = 10^{-3} кН·м
Давление	Па	МПа	Па = 10^{-6} МПа
Напряжение	Па	МПа	Па = 10^{-6} МПа
Временное сопротивление растяжению, разрыву, сжатию	Па	МПа	Па = 10^{-6} МПа
Модуль упругости	Па	МПа	Па = 10^{-6} МПа
Модуль сдвига	Н	МПа	Па = 10^{-6} МПа

ПРИЛОЖЕНИЕ 3
Обязательное

ОСНОВНЫЕ БУКВЕННЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

$A_к$ - база крана;

$A_т$ - база грузовой тележки;

C_1 - перекосная жесткость крана;

E - модуль продольной упругости;

$F_{дверт}$ - вертикальная динамическая нагрузка от работы механизма подъёма груза;

$F_{дг}$ - горизонтальная динамическая нагрузка от работы механизма подъема груза;

$F_{дк}$ - вертикальная динамическая нагрузка, возникающая при движении крана по неровностям пути;

$F_{исп}$ - испытательная нагрузка;

$F_о$ - осевые нагрузки на ходовые колеса мостового крана;

$F_{сту}$ - условная статическая перекосная нагрузка;

$F_{ту}$ - перекосная нагрузка установившегося движения;

$F_{Lдп}$ - динамическая горизонтальная нагрузка на элемент конструкции крана, возникающая при работе механизма передвижения крана;

$F'_{дп}$ - динамическая горизонтальная нагрузка от масс на гибком подвесе при работе механизма передвижения крана;

F_{gr} - динамическая перекосная нагрузка козлового крана;

G - модуль сдвига;

G_i - сила тяжести элемента конструкции;

G_m - сила тяжести крюковой подвески и грузозахватного устройства;

K_g - коэффициент перегрузки сил ветра;

K_Q - коэффициент перегрузки силы тяжести груза;

K - колея грузовой тележки;

L - пролет крана;

L_K - вылет консоли;

Q - сила тяжести номинального груза;

Q_p - расчетная нагрузка от силы тяжести груза;

R_p - расчетное сопротивление смятию торцевой поверхности;

R_s - расчетное сопротивление сдвигу;

R_{th} - расчетное сопротивление растяжению стали в направлении толщины проката;

R_u - расчетное сопротивление растяжению, сжатию, изгибу по временному сопротивлению;

R_{un} - временное сопротивление разрушению, принимаемое равным минимальному значению временного сопротивления $\sigma_в$ по государственным стандартам на стали ТУ;

R_v - расчетное сопротивление усталости;

R_v' - расчетное сопротивление усталости, определяемое с учетом характера действия нагрузки;

Q_{FB}; Q_1; Q_2 - горизонтальные силы;

$M_{кр}$ - крутящий момент;

R_{yn} - нормативное сопротивление по пределу текучести, принимаемое равным пределу текучести σ_T стали по государственным стандартам и ТУ;

R_y - расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести;

$v_{под}$ - скорость подъёма груза;

v_k - скорость передвижения крана;

W_1, W_2 - сопротивление передвижению опоры 1 и 2 козлового крана;

X - опорная реакция (нагрузка на опору) в направлении оси ОХ;

Y - опорная реакция (нагрузка на опору) в направлении оси ОУ;

Y_d - продольная реакция на опоры концевых балок моста крана от действия динамической нагрузки передвижения;

Z - опорная реакция (нагрузка на опору) в направлении оси OZ ;

a - расчетное ускорение крана при пуске механизма передвижения;

e - эксцентриситет приложения силы (нагрузки);

q_{gn} - распределенная динамическая нагрузка от сил инерции масс пролетных балок при работе механизации передвижения;

ω - удельное сопротивление от сил трения в ходовых колесах;

α - коэффициент линейного расширения;

γ_m - коэффициент надежности по материалу;

γ_c' - коэффициент условий работы отдельных элементов конструкций;

γ_c'' - коэффициент условий работы для расчета пролетных балок, концевых балок;

γ_c''' - коэффициент условий работы, учитывающий возможные отклонения толщин профилей металла, коррозионный износ и транспортные повреждения;

$\varphi_{верт}$ - динамический коэффициент;

$\varphi_г$ - коэффициент горизонтальной нагрузки;

ψ - коэффициент толчков;

μ - коэффициент Пуассона.

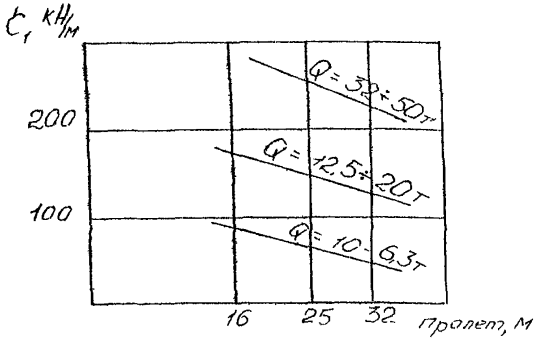
Приложение 4

Рекомендуемое

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕКОСНОЙ ЖЕСТКОСТИ C_1 КОЗЛОВЫХ КРАНОВ

Для кранов с двухбалочным мостом, при высоте подъёма 8-II м и вылете консолей $L_к \leq 0{,}25\,L$ величину перекосной жесткости допускается принимать по графику черт. I, в зависимости от пролета и грузоподъёмности крана.

Зависимость перекосной жесткости от пролета L и грузоподъёмности Q крана

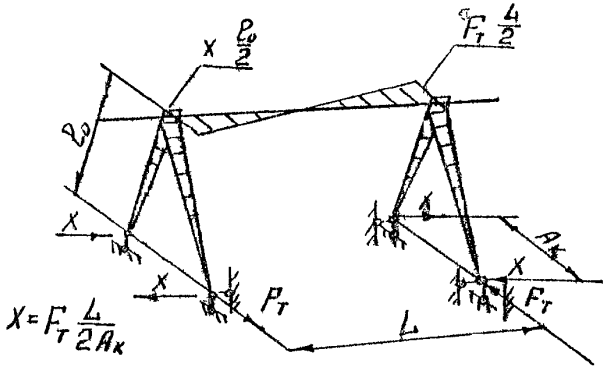


Черт. I

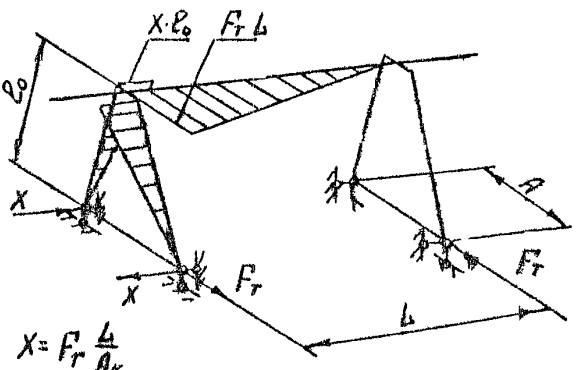
Величину перекосной жесткости у кранов с однобалочным мостом допускается определять с учетом только изгибных деформаций моста в горизонтальной плоскости и изгибных деформаций стоек (у кранов с одной гибкой и другой жесткой опорами - только жесткой опоры) в направлении продольной оси моста.

Примерные эпюры изгибающих моментов, учитываемые при определении перекосной жесткости для кранов с обеими жесткими опорами показаны на черт. 2а, а для кранов с одной гибкой и другой жесткой опорами - на чер . 2б.

Эпюры изгибающих моментов для козловых кранов



а)



б)

Черт. 2

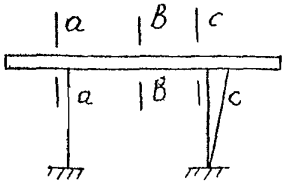
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Рекомендуемое

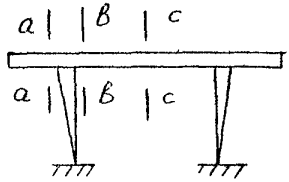
Положения грузовой тележки и расчетные сочетания нагрузок для козловых кранов

Элемент, сечение элемента	Положение грузовой тележки		
	консоль гибкой опоры	центр пролета	консоль жесткой опоры
Краны с одной гибкой и другой жесткой опорой (черт. 1)			
Мост: сечение а-а	1^I; 2^I	-	-
сечение в-в	-	1^I	-
сечение с-с	-	-	2^I
Гибкая опора	1^I; 2^I	1^I; 2^I	-
Жесткая опора	-	1^I; 2^I	1^I; 2^I
Краны с обеими жесткими опорами (черт. 2)			
Мост: сечение а-а	1^I	-	-
сечение в-в	-	1^I	-
сечение с-с	-	-	2^I
Опора	-	1^I; 2^I	1^I; 2^I

Схемы кранов



Черт. 1



Черт. 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Обязательное

Нормативные и расчетные сопротивления проката МПа

Марка стали	Обозначение документа	Вид проката	Толщина проката, мм	Нормативное сопротивление		Расчетное сопротивление	
				предел текучести R_{yn}	временное сопротивление R_{un}	по пределу текучести R_y	по временному сопротивлению R_u
09Г2С	ГОСТ 19282-73	Лист	21-32	305	460	290	440
15ХСНД	ГОСТ 19282-73	Лист	4-32	345	490	330	465
15ХСНД	ГОСТ 19281-73	Фасон	4-9	345	490	330	465
15ХСНД	ГОСТ 19281-73	Фасон	10-32	325	470	310	450
10ХСНД	ГОСТ 19282-73	Фасон	4-15	390	530	355	480
10ХСНД	ГОСТ 19282-73	Лист	4-32	390	530	355	480
16Г2АФ	ГОСТ 19282-73	Лист	4-32	440	590	400	535
18Г2АФ	ГОСТ 19282-73	Лист	4-32	440	590	400	535
ВСт3кп3	ГОСТ 380-71	Лист	4-20	225	365	215	350
ВСт3сп5	ГОСТ 380-71	Лист	4-20	235	370	225	350

Продолжение табл.

Марка стали	Обозначение документа	Вид проката	Толщина проката, мм	Нормативное сопротивление		Расчетное сопротивление	
				предел текучести R_{yn}	временное сопротивление R_{un}	по пределу текучести R_y	по временному сопротивлению R_u
ВСт3пс5	ГОСТ 380-71	Лист	4-20	235	370	225	350
ВСт3пс, ВСт3сп	ГОСТ 380-71	Лист	21-40	225	370	215	350
ВСт3кп2	ГОСТ 380-71	Фасон	4-20	235	365	225	350
ВСт3сп5	ГОСТ 380-71	Фасон	4-20	245	370	235	350
ВСт3пс, ВСт3сп	ГОСТ 380-71	Фасон	21-40	225	370	215	350
09Г2	ГОСТ 19282-73	Лист	4-20	305	440	290	420
09Г2	ГОСТ 19281-73	Фасон	4-20	305	440	290	420
09Г2	ГОСТ 19282-73	Лист	21-32	295	440	280	420
09Г2	ГОСТ 19281-73	Фасон	21-32	295	440	280	420
09Г2С	ГОСТ 19282-73	Лист	4- 9	345	490	330	465
09Г2С	ГОСТ 19282-73	Лист	10-20	325	470	310	450
09Г2С	ГОСТ 19281-73	Фасон	4- 9	345	490	330	465
09Г2С	ГОСТ 19282-73	Фасон	10-20	325	470	310	450

Марка стали	Обозначение документа	Вид проката	Толщина проката, мм	Нормативное сопротивление		Расчетное сопротивление	
				предела текучести R_{yn}	временное сопротивление R_{un}	по пределу текучести	по временному сопротивлению
09Г2С	ГОСТ 19281-73	Фасон	21-32	305	460	290	440
Сталь 20	ГОСТ 8731-74	Труба	4-36	245	410	225	375
ВСт3сп5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	4-10	245	365	240	355
ВСт3пс5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	11-20	235	365	230	355
ВСт3сп5-1, ВСт3Гпс5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	11-20	235	365	230	355
ВСт3сп5-2	ТУ 14-1-3023-80	Лист	4-10	275	380	270	370
ВСт3Гпс5-2	ТУ 14-1-3023-80	Лист	4-10	275	380	270	370
ВСт3сп5-2	ТУ 14-1-3023-80	Лист	11-20	265	370	260	360
ВСт3сп5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	4-10	255	380	250	370
ВСт3пс5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	4-10	255	380	250	370
ВСт3сп5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	11-20	245	370	240	360
ВСт3пс5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	11-20	245	370	240	360
ВСт3сп5-1	ТУ 14-1-3023-80	Лист	21-35	235	365	230	355

Марка стали	Обозначение документа	Вид проката	Толщина проката, мм	Нормативное сопротивление		Расчетное сопротивление	
				предела текучести R_{yn}	временное сопротивление R_{un}	по пределу текучести R_y	по временному сопротивлению R_u
ВСт3пс5-I	ТУ I4-I-3023-80	Лист	2I-35	235	365	230	355
ВСт3сп5-2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	4-I0	285	390	280	380
ВСт3пс5-2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	4-I0	235	390	280	380
ВСт3сп5-2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	II-20	275	380	270	370
ВСт3пс5-2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	II-20	275	380	270	370
09Г2 гр I	ТУ I4-I-3023-80	Лист	4-I0	3I5	450	305	440
09Г2 гр I	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	4-I0	3I5	450	305	440
09Г2 гр I	ТУ I4-I-3023-80	Лист	II-20	305	440	300	430
09Г2 гр I	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	II-20	305	440	300	430
09Г2 гр I	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	2I-30	295	440	290	430
09Г2 гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	4-I0	345	470	335	460
09Г2 гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	4-I0	345	470	335	460
09Г2 гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	II-20	335	460	325	450
09Г2 гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	II-20	335	460	325	450

Продолжение табл.

Марка стали	Обозначение документа	Вид проката	Толщина проката, мм	Нормативное сопротивление		Расчетные сопротивление	
				предел текучести R_{yn}	временное сопротивление R_{un}	по пределу текучести R_y	по временному сопротивлению R_u
09Г2С гр I	ТУ I4-I-3023-80	Лист	4-I0	345	490	335	480
09Г2С гр I	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	4-I0	345	490	335	480
09Г2С гр I	ТУ I4-I-3023-80	Лист	II	325	470	3I5	460
09Г2С гр I	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	II-20	325	470	3I5	460
09Г2С гр I	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	2I-30	305	460	300	450
09Г2С гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	4-I0	365	5I0	355	500
09Г2С гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	4-I0	370	520	360	505
09Г2С гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Лист	II-20	345	490	335	490
09Г2С гр 2	ТУ I4-I-3023-80	Фасон	II-20	355	500	345	490
I4Г2АФ	ГОСТ I9282-73	Лист	4-50	390	540	370	5I5
I5Г2АФДпс	ГОСТ I9282-73	Лист	4-32	390	540	355	490
I8Г2АФпс	ГОСТ I9282-73	Лист	4-32	440	590	400	535
I8Г2АФДпс	ГОСТ I9282-73	Лист	4-32	440	590	400	535
I6Г2АФ0	ГОСТ I9282-73	Лист	4-32	440	590	400	535
I6Г2АФД	ГОСТ I9282-73	Лист	33-50	4I0	570	375	520
09Г2СД	ГОСТ I9282-73	Лист	2I-32	305	460	290	440

Примечание. За толщину фасонного проката следует принимать толщину полки, указанную в сортаменте проката.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Рекомендуемое

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСЕВЫЕ СИЛЫ И ИЗГИБ

I. ЦЕНТРАЛЬНО-РАСТЯНУТЫЕ И ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

I.I. Расчет на прочность элементов, подверженных центральному растяжению или сжатию силой N следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{A_n} \leqslant R_y \cdot \gamma_c, \qquad (I.I)$$

где A_n - поперечная площадь нетто сечения, м^2;

R_y - расчетное сопротивление, Па.

I.2. Расчет на устойчивость сплошностенчатых элементов, подверженных центральному сжатию силой N, следует выполнять по формуле

$$\frac{N}{\varphi A} \leqslant R_y \cdot \gamma_c,$$

где A - площадь сечения брутто, м^2;

φ - коэффициент снижения расчетных сопротивлений.

Значения φ даны в табл. I, в зависимости от гибкости

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i},$$

где l_{ef} - расчетная длина элемента, м;

i - радиус инерции сечения элемента, м.

Таблица I

Коэффициенты φ снижения расчетных сопротивлений центрально-сжатых элементов

Гибкость λ	Коэффициенты φ для элементов из стали с расчетным сопротивлением R_y, МПа					
	200	240	280	320	360	400
I0	988	987	985	984	983	982
20	967	962	959	955	952	949
30	939	93I	924	9I7	9II	905
40	906	894	883	873	863	854
50	869	852	836	822	809	796
60	827	805	785	766	749	72I
70	782	754	724	687	654	623
80	734	686	64I	602	566	532
90	665	6I2	565	522	483	447
I00	599	542	493	448	408	369
II0	537	478	427	38I	338	306
I20	479	4I9	366	32I	287	260
I30	425	364	3I3	276	247	223
I40	376	3I5	272	240	215	I95
I50	328	276	239	2II	I89	I7I
I60	290	244	2I2	I87	I67	I52
I70	259	2I8	I89	I67	I50	I36
I80	233	I96	I70	I50	I35	I23
I90	2I0	I77	I54	I36	I22	III
200	I9I	I6I	I40	I24	III	I0I
2I0	I74	I47	I28	II3	I02	093
220	I60	I35	II8	I04	0e	086

Примечание. Значения коэффициентов в таблице увеличены в 1000 раз.

При определении ℓ_{ef} и следует учитывать конфигурацию элемента и характер его концевых креплений и жесткость элементов, к которым подсоединены концы рассчитываемого элемента.

1.3. Расчет составных элементов из уголков, швеллеров и т.п., соединенных вплотную или через прокладки, следует выполнять как сплошностенчатые при условии, что наибольшие расстояния на участках между приваренными планками (в свету) не превышают:

для сжатых элементов ..... 40 мм;

растянутых ..... 80 мм.

Здесь радиус инерции i уголка или швеллера следует принимать для тавровых или двутавровых сечений относительно оси, параллельной плоскости расположения прокладок, а для крестовых сечений - минимальный.

При этом в пределах длины сжатого элемента следует ставить не менее двух прокладок.

1.4. При расчете составных элементов, ветви которых соединены планками и решетками, значения φ определяют исходя из гибкости $\lambda = \lambda_{ef}$, учитывающей геометрию соединительных элементов, их сечения и т.п. показатели.

2. ИЗГИБАЕМЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

2.1. Расчет на прочность элементов, изгибаемых в одной из главных плоскостей, следует выполнять по формуле

$$\frac{M}{W_{n,min}} \leq R_y \gamma_c, \qquad (2.1)$$

где M - изгибающий момент, Н·м;

$W_{n,min}$ - минимальный момент сопротивления сечения нетто, м^3.

Значения касательных напряжений τ в сечениях изгибаемых элементов должны удовлетворять условию

$$\tau = \frac{Q S}{J t} \leq R_s \gamma_c, \qquad (2.2)$$

где Q – поперечная сила, Н;

S – статический момент сдвигаемой части сечения, $м^3$, брутто относительно нейтральной оси;

J_x – момент инерции сечения, $м^4$.

2.2. Прочность изгибаемых элементов при изгибе в двух главных плоскостях проверяется по формуле

$$\frac{M_x}{J_{xn}} y \pm \frac{M_y}{J_{yn}} x \leqslant R_y \gamma_c, \qquad (2.3)$$

где x, y – координаты рассматриваемой точки сечения относительно ее главных осей, м;

J_{xn}, J_{yn} – моменты инерции нетто относительно осей соответственно Х-Х; У-У, $м^4$.

2.3. В необходимых случаях определяется эквивалентное напряжение с учетом действующих нормальных и касательных напряжений.

2.4. В случае действия на изгибаемый элемент сосредоточенной местной нагрузки (например, при расположении подтележечник направляющих над стенкой балки), следует учитывать возникающие при этом нормальные и касательные напряжения.

3. ПРОВЕРКА УСТОЙЧИВОСТИ СТЕНОК И ПОЯСНЫХ ЛИСТОВ ИЗГИБАЕМЫХ БАЛОК

3.1. Стенки коробчатых балок, не испытывающие местной нагрузки

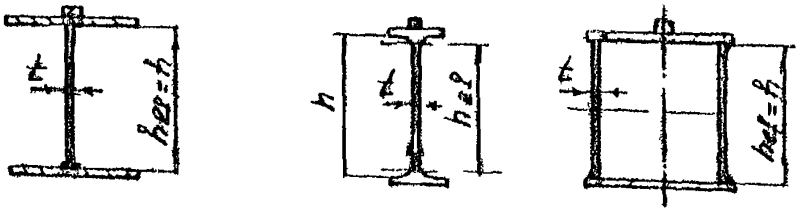
3.1.1. Прямоугольные отсеки стенки (пластинки), заключенные между поясами и соседними поперечными основными ребрами жесткости (диафрагмами) следует рассчитывать на устойчивость. При этом расчетными размерами проверяемой пластинки являются:

a – расстояние между осями поперечных основных ребер, м;

h_{ef} – расчетная высота стенки (черт. I, а-в), м;

t – толщина стенки, м.

Схемы сечений балки



Черт. I

3.1.2. Расчет на устойчивость стенок балок следует выполнять с учетом всех компонентов напряженного состояния.

Сжимающее напряжение σ у расчетной границы стенки, принимаемое со знаком "плюс", и среднее касательное напряжение τ следует вычислять по формулам:

$$\sigma = \frac{M}{J_x} y_i \qquad (3.1)$$

(Ы)

$$\tau = \frac{Q}{t \cdot h}, \qquad (3.2)$$

где h - полная высота стенки, и;

M и Q - средние значения соответственно момента и поперечной силы в пределах отсека, если длина отсека больше его расчетной высота, то M и Q следует вычислять для более напряженного участка с длиной, равной высоте отсека.

3.1.3. Устойчивость стенок балок не требуется проверять, если условная гибкость стенки

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_{ef}}{t}\sqrt{\frac{R_y}{E}} \qquad (3.3)$$

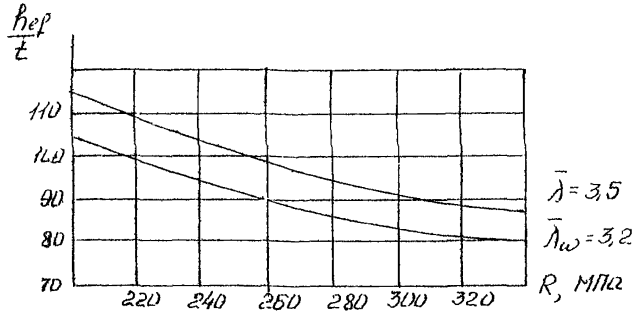
не превышает значений:

3,5 - в балках с двухсторонними поясными швами;

3,2 - в балках с односторонними поясными швами.

На черт. 2 дан график предельно допустимых значений $\bar{\lambda}_w$ по формуле (3.3).

График для определения



Черт. 2

При этом условия размещения диафрагм должны соответствовать указаниям п.п. 3.1.10.

3.1.4. Расчет на устойчивость стенок балок симметричного сечения, укрепленных только диафрагмами. При условной гибкости стенки $\bar{\lambda}_w \leq 6$ расчет следует выполнять по формуле

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_v}{\sigma_{cr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr}}\right)^2} \leq \gamma_c, \quad (3.4)$$

где

$$\sigma_{cr} = 2,1 \cdot 10^5 \frac{C_{cr} \cdot t^2}{h_{ef}^2}; \text{ МПа} \quad (3.5)$$

$$\tau_{cr} = 2,16 \cdot 10^6 \left(1 + \frac{0,76}{\mu^2}\right) \cdot \frac{t^2 \cdot R_s}{d^2 R_y}, \text{ МПа} \quad (3.6)$$

В формуле (3.5) коэффициент C_{cr} следует принимать по табл. 2, в зависимости от значения коэффициента δ

Таблица 2

Значения коэффициента

δ	$\leqslant 0{,}8$	1,0	2,0	4,0	6,0	10,0
c_{cr}	30,0	31,5	33,3	34,6	34,8	35,1

$$\delta = 2\frac{b_f}{h_{ef}}\left(\frac{t_f}{t}\right)^3, \qquad (3.7)$$

где b_f и t_f – соответственно ширина и толщина сжатого пояса балки, м.

В формулах (3.5) и (3.6) введены следующие обозначения:

a – меньшая из сторон пластинки (h_{ef} или a), м;

μ – отношение большей стороны пластинки к меньшей.

3.1.5. В стенке балки симметричного сечения при отсутствии местного напряжения, укрепленной кроме диафрагм одним продольным ребром жесткости, расположенным на расстоянии h_1 от расчетной (сжатой) границы отсека (черт. 3) обе пластинки, на которые это ребро разделяет отсек, следует рассчитывать отдельно:

а) пластинку 3, расположенную между сжатым поясом и продольным ребром по формуле

$$\frac{\sigma}{\sigma_{cr_1}} + \left(\frac{\tau}{\tau_{cr_1}}\right)^2 \leqslant \gamma_c \qquad (3.8)$$

Значения σ_{cr_1} следует определять по формуле

$$\sigma_{cr_1} = 9{,}996\,10^5 \frac{t^2}{h_1^2\left(1-\frac{h_1}{h_{ef}}\right)}, \text{ МПа} \qquad (3.9)$$

Если $a/h_1 > 2$, то при вычислении σ_{cr_1} следует принимать $a = 2h_1$; τ_{cr_1} необходимо определять по формуле (3.6) с подстановкой в нее размеров проверяемой пластинки;

б) пластинку 4, расположенную между продольным ребром и растянутым поясом - по формуле

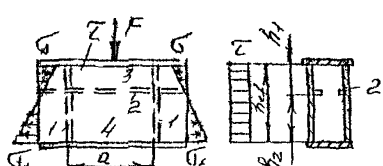
$$\sqrt{\left[\frac{\sigma_c(1-2\cdot h_1/h_{ef})}{\sigma_{cr_2}}\right]^2+\left(\frac{\tau}{\tau_{cr_2}}\right)^2}\leqslant\gamma_c, \qquad (3.10)$$

где

$$\sigma_{cr_2}=\frac{11{,}403\cdot10^5\cdot t^2}{(0{,}95-h_1/h_{ef})^2\,h_{ef}^2}, \text{ МПа} \qquad (3.11)$$

τ_{cr_2} - следует определять по формуле (3.6) с подстановкой в нее размеров проверяемой пластинки.

Схема балки, укрепленной поперечными основными ребрами и продольным ребром жесткости



Черт. 3

1 - диафрагма;

2 - продольное ребро жесткости;

3 - пластинка у сжатого пояса;

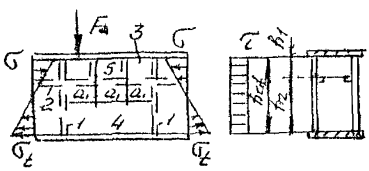
4 - пластинка у растянутого пояса.

3.1.6. При укреплении пластинки 3 дополнительными короткими поперечными ребрами их следует доводить до продольного ребра (черт. 4).

В этом случае расчет пластинки 3 следует выполнять по формулам (3.8-3.9), в которых величину a следует заменять величиной a_1, где a_1 - расстояние между осями соседних коротких ребер (черт. 4); расчет пластинки 4 следует выполнять согласно тре-

бованиям п. 3.I.5.

Схема балки, укрепленной поперечными основными ребрами жесткости, а также короткими ребрами жесткости



Черт. 4

(I) - диафрагма; продольное ребро жесткости (2), разделяющее отсек стенки на пластинку (3) у сжатого пояса и пластинка (4) у растянутого пояса; (5) - короткие ребра жесткости.

3.I.7. При отсутствии продольных ребер жесткости и подкреплении стенок только короткими ребрами жесткости, для расчета устойчивости допускается использовать формулы (3.3-3.7), причем значения высоты стенки h; h_{ef} уменьшают на I0%.

3.I.8. Расчет на устойчивость стенок балок асимметричного сечения (с более развитым сжатым поясом) следует выполнять по формулам (3.3-3.II) с учетом следующих изменений:

для стенок, укрепленных только поперечными основными ребрами жесткости, в формуле (3.II) значения h_{ef} следует принимать равным удвоенному расстоянию от нейтральной оси до расчетной (сжатой) границы отсека;

для стенок, укрепленных поперечными и одним продольным ребром:

а) в формулы (3.9) и (3.I0) вместо h_1/h_{ef} следует подставлять $\frac{\alpha h_1}{2 h_{ef}}$;

в формулу (3.II) вместо $(0{,}5 - h_1/h_{ef})$ следует подставлять $\left(\frac{1}{\alpha} - \frac{h_1}{h_{ef}}\right)$

где $\alpha = \frac{\sigma - \sigma_t}{\sigma}$

σ_t - краевое растягивающее напряжение (со знаком "минус") у расчетной границы отсека.

3.I.9. Стенки балок следует укреплять диафрагмами, если значения условной гибкости стенки балки $\bar{\lambda}_w$ превышают 3,2.

Расстояние между диафрагмами не должно превышать $2 \cdot h_{ef}$.

Допускается превышать указанное выше расстояние до значения $3\,h_{ef}$ при условии, что стенка балки удовлетворяет проверкам по п.п. 3.I.4. - 3.I.8.

3.I.10. При укреплении стенки одним продольным ребром необходимый момент инерции следует определять по формулам табл. 3.

Таблица 3

Моменты инерции продольных ребер жесткости, $см^4$

a/h_{ef}	Необходимый момент инерции сечения продольного ребра J_{se}	Предельные значения	
		минимальные $J_{se,min}$	максимальные $J_{se,max}$
0,20	$(2,5-0,5 \cdot a/h_{ef})\, a^2 t^3/h_{ef}$	$1,5\, h_{ef}\, t^3$	$7\, h_{ef} \cdot t^3$
0,25	$(1,5-0,4 \cdot a/h_{ef})\, a^2 t^3/h_{ef}$	$1,5\, h_{ef}\, t^3$	$3,5\, h_{ef} t^3$
0,30	$1,5\, h_{ef} \cdot t^3$	-	-

При расположении ребер с одной стороны стенки моменты инерции сечений каждого из них вычисляются относительно оси, совпадающей с ближайшей к ребру гранью стенки.

4. СЖАТЫЕ ПОЯСА КОРОБЧАТЫХ БАЛОК

Сжатые пояса коробчатых балок допускается проверять по коэффициенту запаса устойчивости

$$k = \frac{\sigma_{кр}}{\sigma_{max}} \geq \gamma_c$$

Критическое напряжение

$$\sigma_{кр} = 1000 \left(\frac{100\,\delta_п}{b_1}\right)^2,$$

где $\delta_п$ – толщина пояса, м;

b_1 – ширина поясного листа (размер в свету), м.

Расчетное значение σ_{max} для пролетных балок мостовых кранов допускается принимать только с учетом действия вертикальных нагрузок.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Рекомендуемое

РАСЧЕТ ЕЗДОВЫХ МОНОРЕЛЬСОВЫХ БАЛОК

Схема участка ездовой монорельсовой балки крана показана на черт. 1, схема передачи нагрузок на нижнюю полку балки от ходовых колес грузовой тележки - на черт. 2.

При расчете балки в общем случае должны учитываться:

- действующая осевая сила N, Н;

- изгибающий момент $M_{верт.}$ в вертикальной плоскости от вертикальных нагрузок ходовых колес $D_в$, и в соответствующих случаях, - расцентровки элементов решетки моста крана;

- изгибающий момент в горизонтальной плоскости $M_{гор}$ от горизонтальных нагрузок на ходовые колеса $D_г$, Н;

- крутящий момент, $M_{кр}$.

$$M_{кр} = \Sigma D_г (R_i + e),$$

где R_i - расстояние от нейтральной оси ездовой балки до точки приложения горизонтальных усилий, м.

При приварке монорельса к коробчатой или трубчатой балке моста принимают $M_{гор.} = 0$; $M_{кр.} = 0$.

Нормальные напряжения от действия указанных выше нагрузочных факторов должны определяться по формуле

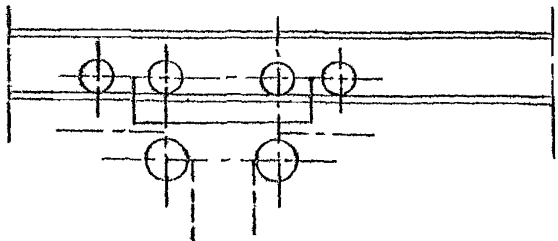
$$\sigma_y = \sigma_{yв} + \sigma_{y_0} + \sigma_{yг} + \sigma_\omega, \qquad (1)$$

где $\sigma_{yв}, \sigma_{yг}$ - напряжение от моментов $M_{в}$ и $M_{гор}$, Па;

σ_{y_0} - напряжения от осевой силы N, Па;

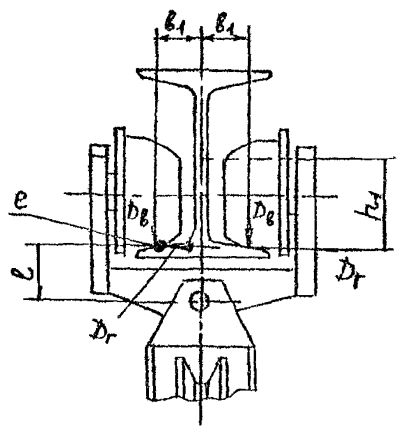
σ_ω - напряжения от стесненного кручения вследствии действия момента $M_{кр}$, Па.

Участок ездовой монорельсовой балки



Черт. I

Схема передачи нагрузок на нижнюю полку балки



Черт. 2

Местные напряжения от нагрузки P ходового колеса на полку определяют с учетом положения точки контакта "е" колеса с поверхностью полки (см. черт. 2).

При этом

$$P = D_B + D_r \frac{e}{2B_1}, \qquad (2)$$

Продольное напряжение

$$\sigma''_y = \theta \cdot P \cdot \left(\frac{m_y}{P}\right) \cdot \frac{1}{\delta^2},$$

Поперечное напряжение

$$\sigma''_x = 6 \cdot P \cdot \left(\frac{m_x}{P}\right) \cdot \frac{1}{\delta^2},$$

где δ – толщина полки под точкой "е" контакта, м;

$$\delta = \delta_0 + \frac{1}{2}\delta_y,$$

δ_y – толщина полосы усиления, м;

δ_0 – толщина полки в данной точке полки без учета усиления, м;

$\theta \cdot \frac{m_x}{P}$ – приведенные изгибающие моменты, действующие соответственно в направлении продольной и поперечной осей балки;

значения $\frac{m_y}{P}$ и $\frac{m_x}{P}$ определяют по графикам черт. 3 и 4 для полок постоянной и переменной толщины, в зависимости от положения точки "е".

Расчетные напряжения

$$\sigma_y = \sigma'_y + \sigma''_y$$

Для внешней полки $\sigma''_x = 0$;

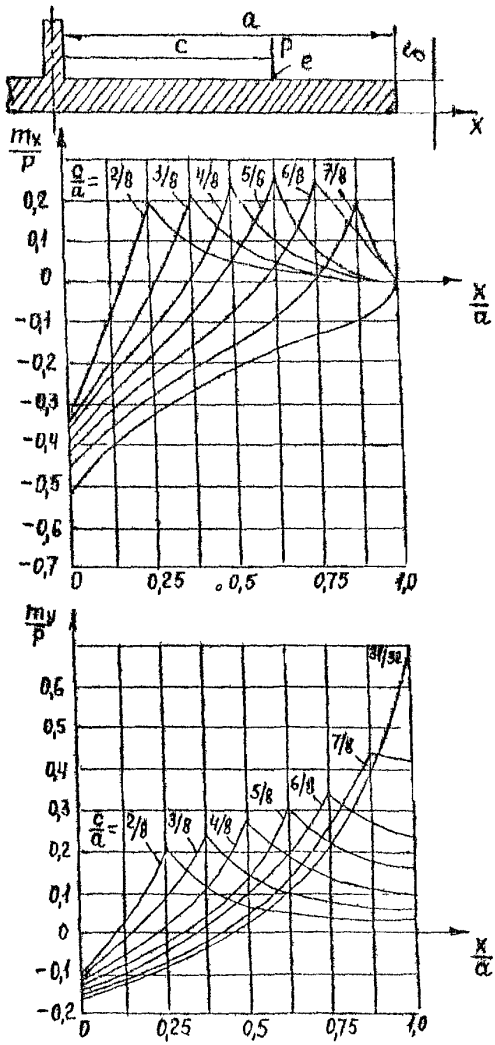
$$\sigma_y \leq R_y \gamma_c, \qquad (3)$$

Для остальных точек сечения

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma_y^2 + \sigma_x''^2 - \sigma_y \sigma'_x} \qquad (4)$$

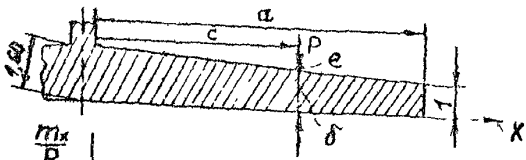
$$\sigma_{экв} \leq R_y \gamma_c$$

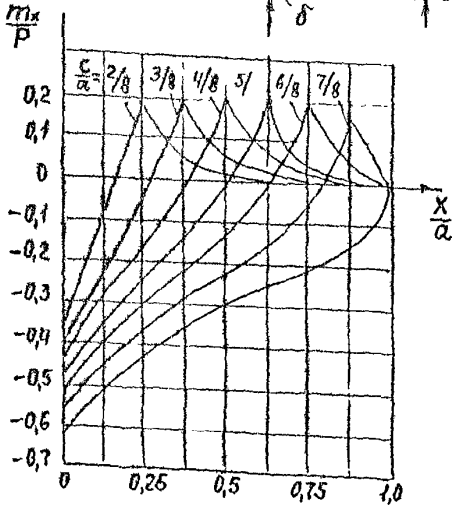
Приведенные расчетные напряжения для полок постоянной толщины

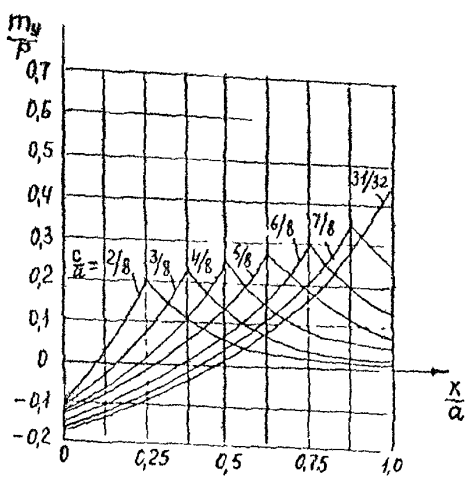


Черт. 3

Приведенные расчетные напряжения для полок переменной толщины







Черт. 4

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Рекомендуемое

УКАЗАНИЯ ПО РАСЧЕТУ НА ВЫНОСЛИВОСТЬ

Расчет на выносливость следует производить по формуле

$$\sigma_{max} \leq \alpha_p R_v \gamma_v \gamma_c, \qquad (I)$$

где R_v – расчетное сопротивление усталости, Па принимаемое по табл. I в зависимости от временного сопротивления стали и групп элемента конструкции по степени концентрации, приведенных в табл. 2;

α_p – коэффициент, учитывающий режим работы крана и определяемый по табл. 3;

γ_v – расчетный коэффициент, определяемый по табл. 4 в зависимости от вида напряженного состояния и коэффициента асимметрии напряжений $\rho = \sigma_{min}/\sigma_{max}$ здесь σ_{max} и σ_{min} – соответственно наибольшее и наименьшее по абсолютному значению напряжения в рассчитываемом элементе, вычисленные по сечению нетто, без учета коэффициентов продольного и продольно-поперечного изгиба.

При разнозначных напряжениях коэффициент асимметрии напряжений следует принимать со знаком "минус".

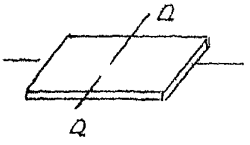
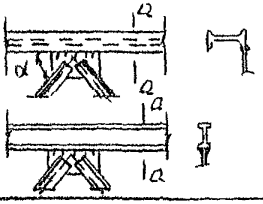
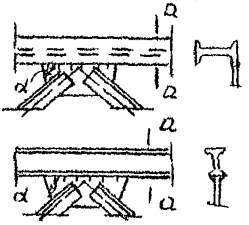
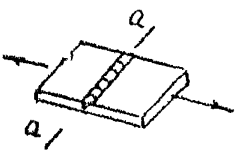
Таблица I

Значения расчетного сопротивления усталости R_{σ}, МПа

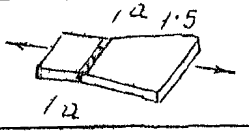
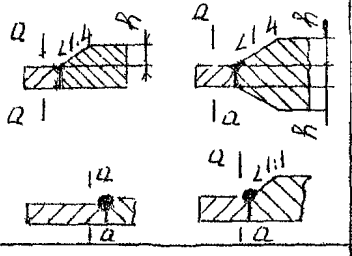
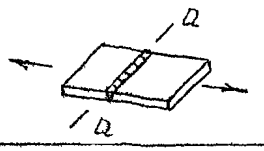
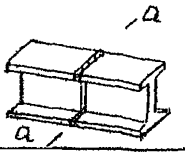
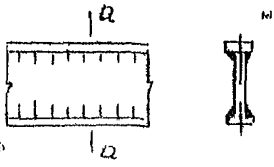
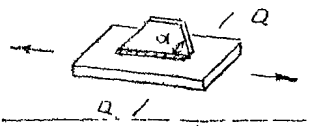
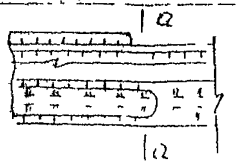
Группы элементов	Норма при временном сопротивлении R_{un}, МПа				
	до 420	св. 420 до 440	св. 440 до 520	св. 520 до 580	св. 580 до 675
I	I20	I28	I32	I36	I45
2	I00	I06	I08	II0	II6
3	для сталей всех марок		90		
4	-"-		75		
5	-"-		60		
6	для сталей всех марок		45		
7	-"-		36		
8	-"-		27		

Таблица 2

Классификация элементов стальных конструкций по группам концентрации

Схема элемента и расположения расчетного сечения	Характеристика элемента	Группа элемента
	Основной металл с прокатными или обработанными механическим путем кромками. То же но с кромками, обрезанными машиной газовой резкой	I 2
	Фасонки прямоугольной формы приварены встык или втавр к элементам конструкции без механической обработки перехода от фасонки к элементу	7
	Фасонки приварены встык или втавр к поясам балок, а также к элементам фермы при $\alpha \leqslant 45^{0}$	4
	Фасонки прямоугольной или трапециевидной формы приварены к поясам балок внахлестку с обваркой по контуру нахлестки без механической обработки швов	7
	Стыковой необработанный шов; нагрузка перпендикулярна сварному шву; стыкуемые элементы одинаковой ширины и толщины	2

Продолжение табл. 2

Схема элемента и расположение расчетного сечения	Характеристика элемента	Группа элемента
	Стыковой необработанный шов; стыкуемые элементы разной ширины и толщины	5
	Основной металл в месте перехода к стыковому шву со снятым механическим способом усилением шва: при стыковании элементов одинаковой толщины и ширины, при стыковании элементов разной толщины и ширины	2 3
	Стыковой шов выполнен на подкладном листе; нагрузка перпендикулярна сварному шву	4
	Соединение встык прокатных профилей	4
	Сварные сечения двутаврового таврового и других типов, сваренные непрерывными продольными швами при действии усилия вдоль оси шва	4
	Примыкание продольными швами вспомогательных элементов: при $\alpha \leq 45^0$ при $45^0 < \alpha \leq 90^0$	4 7
	Обрыв поясного листа без механической обработки поперечного (лобового) шва	7

Продолжение табл. 2

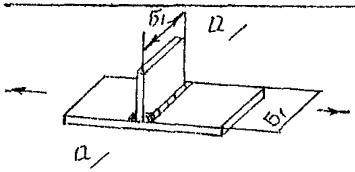
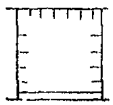
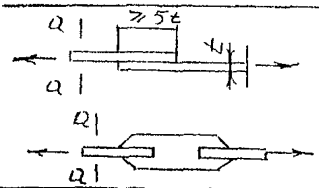
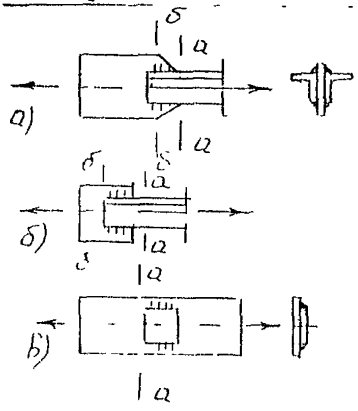
Схема элемента и расположение расчетного сечения	Характеристика элемента	Группа элемента
	Основной металл с поперечным швом; сварной шов двухсторонний с плавным переходом к основному металлу	4
	Основной металл растянутых поясов балок и элементов ферм вблизи диафрагм и ребер, приваренных угловыми швами	5
	Основной металл в месте перехода к поперечному (лобовому) угловому шву	6
	Основной металл в соединениях с фланговыми швами в местах перехода от элемента к концам фланговых швов: а) с двойными фланговыми швами; б) с фланговыми швами и лобовыми; в) при передаче усилия через основной металл	 8 7 7

Таблица 3

Значения коэффициента режима работы α_p

Группа элементов по табл.2	Норма для режим работы по Правилам Госгортехнадзора при сроке службы крана, лет				при режимной группе крана режимная группа по ГОСТ 25546-82					
	С		Т	ВТ	3К	4К	5К	6К	7К	8К
	10-15	20-30	20-30	20-30						
I-2	1,5	1,4	1,2	1,1	1,7	1,5	1,4	1,30	1,20	1,0
3-8	2,0	1,8	1,6	1,3	2,0	1,6	1,8	1,7	1,6	1,2

Таблица 4

Определение значений расчетного коэффициента γ_v

σ_{max}	Коэффициент асимметрии напряжений ρ	Формулы для вычисления коэффициента γ_v
Растяжение	$1 \leq \rho \leq 0$	$\gamma_v = \frac{2,5}{1,5-\rho}$
	$0 < \rho \leq 0,8$	$\gamma_v = \frac{2,0}{1,2-\rho}$
	$0,8 < \rho < 1$	$\gamma_v = \frac{1,0}{1-\rho}$
Сжатие	$1 \leq \rho < 1$	$\gamma_v = \frac{2}{1-\rho}$

При расчетах на выносливость по формуле (I) произведение $\alpha R_{vr} \gamma_{vr}$ не должно превышать R_u / γ_u, где $\gamma_u = 1,5$ коэффициент надежности для элементов конструкций, рассчитываемых на прочность по временному сопротивлению.

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Рекомендуемое

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МОСТОВЫХ И КОЗЛОВЫХ КРАНОВ

В расчетах стальных конструкций мостовых и козловых кранов основные разделы должны быть расположены следующим образом:

1. Введение

2. Основные показатели крана и характеристика условий его использования

3. Расчетные нагрузки

3.1. Нагрузки от сил тяжести

3.2. Ветровые нагрузки

3.3. Динамические нагрузки

3.4. Нагрузки перекосные и осевые

3.5. Нагрузки других видов (снеговые, технологические и т.п.)

3.6. Вертикальные нагрузки на ходовые колеса крана

4. Геометрические схемы стальных конструкций и расчетные геометрические показатели их элементов

5. Определение силовых факторов в элементах конструкции

6. Проверка прочности и устойчивости элементов стальных конструкций

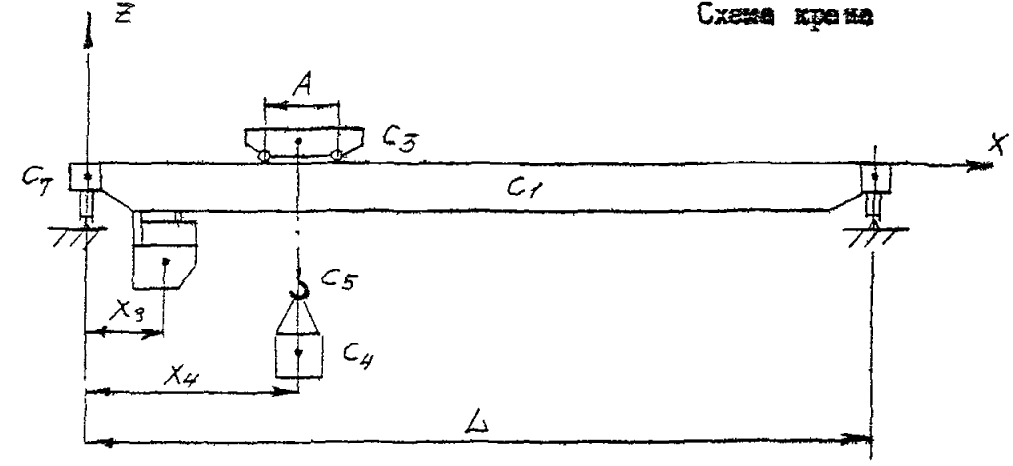
7. Проверка выносливости элементов стальных конструкции

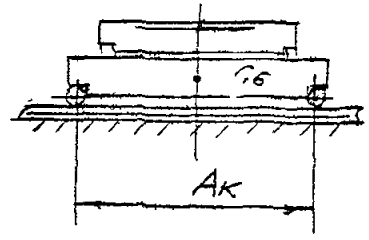
8. Определение деформаций стальных конструкций

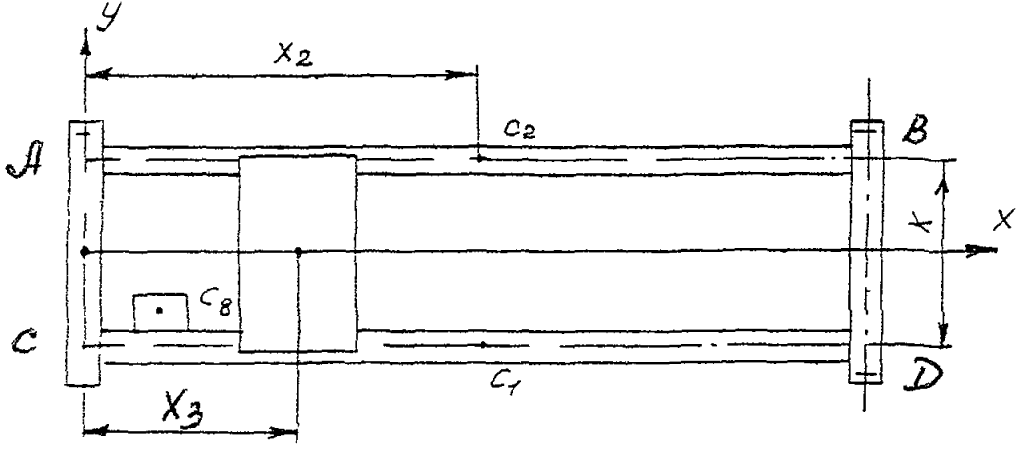
Последовательность выполнения расчета мостового крана, среднего режима работы, работающего в помещении приведена в таблице.

Исходная схема крана дана с указанием основных элементов, учитываемых при расчете стальных конструкций.

Схема крана







$C_1; C_2$ – координаты центра тяжести пролетных балок;

C_3 – координата центра тяжести грузовой тележки;

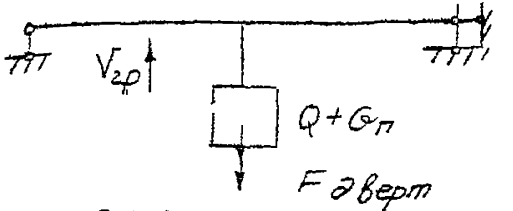
C_4 – координата центра тяжести груза;

C_5 – координата центра тяжести подвески;

C_6, C_7 – координаты центра тяжести концевых балок;

C_8 – координата центра тяжести кабины.

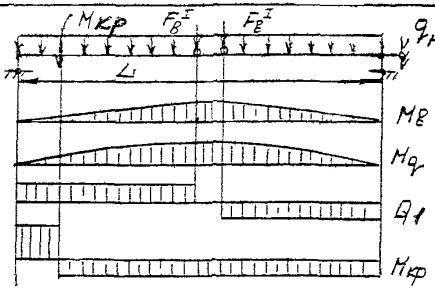
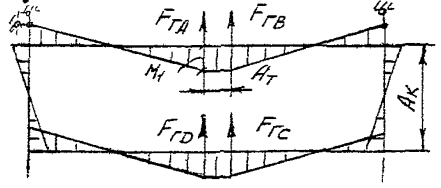
Основные этапы расчета стальной конструкции типового мостового крана

Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
Нагрузки от сил тяжести: а) от элементов конструкции крана	$q_м$; $G_{к1}$ $G_т$; $G_п$		Определяется величина нагрузок, положение центра тяжести моста в сборе и грузовой тележки	K_Q – табл. 1 разд. 3
б) от полезного груза	Q_p	$Q_p = K_Q \cdot Q$		
Динамические нагрузки: а) вертикальная нагрузка, возникающая при подъеме груза	$F_{д\,верт}$	$F_{д\,верт} = \varphi_{верт}^{x} \times (Q + G_п)$	 см. п. 3.4.4	$\varphi^{x}_{верт}$ – черт. 2 разд. 3
б) вертикальная динамическая, возникающая при движении крана по неровностям пути	$F_{дк}$	$F_{дк} = \psi \cdot G_i$		$\varphi_{верт}$ – табл. 4 разд. 3
в) горизонтальная сосредоточенная нагрузка на элемент конструкции	$F_{i\,дп}$	$F_{i\,дп} = 0{,}15\, G_i a$	см. п. 3.4.5	

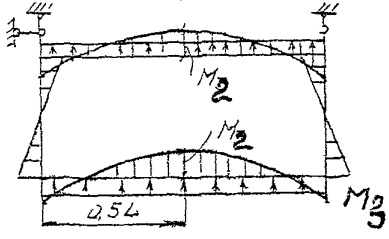
Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
г) горизонтальная нагрузка от находящихся на гибком подвесе груза и элементов конструкции	$F_{i\,\partial n}'$	$F_{i\,\partial n}' = 0{,}1 \cdot a_x \times (Q + G_n)$	см. п. 3.4.5.	
д) горизонтальная распределенная нагрузка от сил инерции масс пролетных балок	$q_{\partial n}$	$q_{\partial n} = \frac{F_{\partial n\delta}}{\ell}$	см. п. 3.4.6.	
Осевые нагрузки на ходовые колеса крана	F_o	$F_o = 0{,}015 Z_{max} \times \left(\frac{L}{A_k} + 1{,}33\sqrt{k_p}\right)$	черт. 6	Разд. 3
Крутящий момент от внецентренной нагрузки	$M_{кр}$	$M_{кр} = D \cdot e$	черт. 7	Разд. 3
Вертикальные нагрузки на ходовые колеса тележки	F_{BA}; F_{BB}; F_{BC}; F_{BD}	$F_{BA} = \sum F_B \cdot \frac{\ell_2}{K} \cdot \frac{B_2}{A_T}$ … $F_{BC} = \sum F_B \cdot \frac{B_1}{K} \cdot \frac{\ell_1}{A_T}$	черт. 8	Разд. 4
Горизонтальные нагрузки на ходовые колеса тележки	F_{rA}; F_{rB}; F_{rC}; F_{rD}	$F_{rA} = \sum F_r \cdot \frac{\ell_2}{K} \cdot \frac{B_2}{A_T}$ … $F_{rD} = \sum F_r \cdot \frac{\ell_2}{K} \cdot \frac{B_1}{A_T}$		

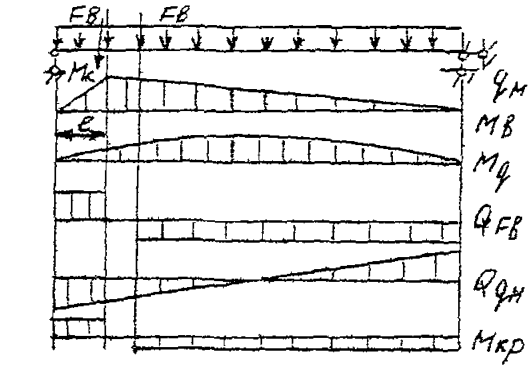
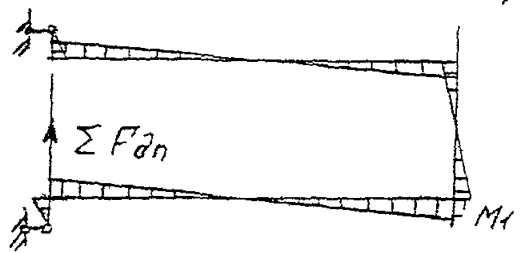
Продолжение табл.

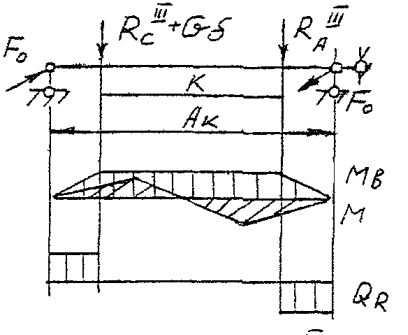
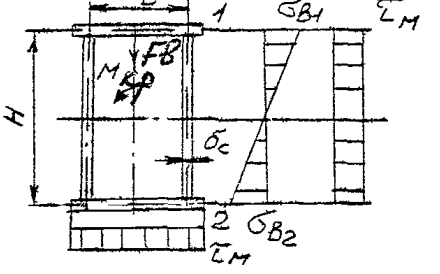
Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
Вертикальные нагрузки на ходовые колеса крана	Z	-	Определяется аналогично вертикальным нагрузкам на грузовую тележку	-
Геометрические характеристики расчетных сечений	$A; J_x; J_y; W_x, W_y$	-	Сечение пролетной балки в середине пролета, у концевой балки. Сечение концевой балки вблизи стыка с пролетной балкой	-
Расчетные сочетания нагрузок:				
сочетание I	-	-	Тележки с грузом в середине пролета, провер ется пролетная балка в центре пролета	Раздел 3
сочетание II	-	-	а) тележка с грузом в середине пролета, проверка пролетной балки в середине пролета; б) тележка с грузом у концевой балки, проверка концевой балки у стыка с пролетной; в) тележка с грузом у концевой балки проверка пролетной балки в сечении у концевой балки	Раздел 3

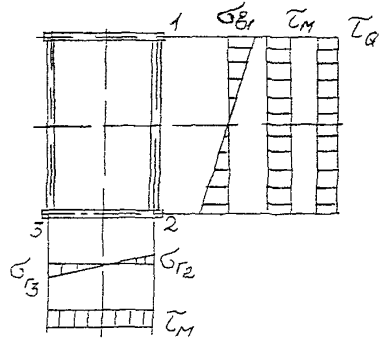
Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
сочетание III	-	-	Тележка у края пролета, проверка концевой балки	-
Эпюры моментов для I сочетания нагрузок (пролетные балки) и перерезывающих сил	M_B; M_g; Q_i $M_{кр}$	-		-
Эпюры моментов для II сочетания нагрузок (пролетные балки)	M_B; M_r; $M_{кр}$; Q_i M_g	-	Вид эпюр моментов и перерезывающих сил аналогичен случаю I сочетания 	

Продолжение табл.

Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
	-	-	Значения M_1 при ориентировочных расчетах допускается принимать $M_1 = \frac{(F_{rA} + F_{rB})L}{6}$ 	-
	-	-	Значения M_2 и M_3 при ориентировочных расчетах допускается принимать $M_2 = \frac{q_{on} L^2}{10}$; $M_3 = \frac{q_{on} L^2}{16}$	-

Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
	M_B; M_q; $M_{кр}$; $M_г$; Q_{FB}; Q_q	-	  Значение M_I при ориентировочных расчетах допускается принимать $M_1 = \frac{\Sigma F_{дп}}{12} L$ Дополнительно нужно учитывать и значение M_2 (см. эпюры моментов для II расчетного сочетания)	

Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
Эпюры моментов для III сочетания нагрузок (концевая балка) и перерезывающей силы	M_B; M_r, Q_R	-	 Значения R_A^{III}, R_C^{III} – получаются при определении опорных реакций пролетной балки для III сочетания нагрузок. Кроме того, сечения концевой балки проверяются и для II сочетания нагрузок	-
Расчет на прочность: I сочетание нагрузок		$\sigma_{max} \leq \gamma_c R$ $\sigma_{max} = \sqrt{\sigma_B^2 + \tau_M^2}$, где $\tau_M = \frac{M_{кр}}{2HB\delta_c}$		R Приложение 6 γ_c – Раздел 5

Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
II сочетание нагрузок	σ_B, σ_r, τ	$\sigma = \sigma_B + \sigma_r$ $\sigma_{max} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau}$	 Проверка прочности проводится для точек 1 и 2 сечения	
Расчет на устойчивость стенок и поясных листов	-	-	-	Приложение 7

Продолжение табл.

Определяемые величины и факторы	Обозначение	Расчетная формула	Расчетная схема, пояснения	Примечание
Проверка прогиба	-	$f_{max} \leq [f]$	Значение прогибов определяется от веса груза и грузовой тележки без учета коэффициента перегрузки	$[f]$ табл. I2 раздел 9

ПЕРЕЧЕНЬ
ДОКУМЕНТОВ, НА КОТОРЫЕ ИМЕЮТСЯ
ССЫЛКИ В СТАНДАРТЕ

Обозначение документа	Номер пункта стандарта	Обозначение документа	Номер пункта стандарта
ГОСТ 25546-82			
РТМ 24.090.53-79			
СНиП II-7-81			
СНиП II-23-81	5, 6, 7 Приложение 1, Приложение 7, Приложение 8		

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения	2
2. Методы расчета	3
3. Нагрузки	4
3.I. Виды нагрузок	4
3.2. Нагрузки вертикальные от сил тяжести	5
3.3. Ветровые нагрузки	8
3.4. Динамические нагрузки	9
3.5. Осевые нагрузки мостовых кранов	I8
3.6. Перекосная нагрузка установившегося движения для козловых кранов	I9
3.7. Снеговые и гололедные нагрузки	I9
3.8. Сейсмические нагрузки	I9
3.9. Нагрузки (усилия) от температурных воздействий	I9
3.I0. Монтажные нагрузки	20
3.II. Транспортные нагрузки	20
3.I2. Технологические нагрузки	20
3.I3. Испытательные нагрузки	20
3.I4. Нагрузки от людей и оборудования	2I
3.I5. Расчетные нагрузки первого предельного состояния и их сочетания	22
3.I6. Расчетные нагрузки второго предельного состояния (проверка выносливости)	23
3.I7. Расчетные нагрузки третьего предельного состояния (для расчета деформаций)	24
4. Силовые факторы, действующие в элементах несущей стальной конструкции	24
4.I. Мостовые краны	24
4.2. Козловые краны	27

5. Коэффициенты условий работы 28
6. Расчетные характеристики материалов 32
6.1. Расчетные сопротивления материалов 32
6.2. Характеристика упругости материала 34
6.3. Коэффициент линейного расширения 34
7. Проверка прочности элементов стальных конструкций 34
8. Расчет элементов стальных конструкций на выносливость 35
9. Предельные величины вертикальных прогибов 36

Приложение 1. Направления координатных осей и обозначения опорных точек крана мостового типа и козлового типа 41
Приложение 2. Единицы СИ 42
Приложение 3. Основные буквенные обозначения 43
Приложение 4. Определение перекосной жесткости козловых кранов 47
Приложение 5. Положение грузовой тележки и расчетные сочетания нагрузок для козловых кранов 49
Приложение 6. Нормативные и расчетные сопротивления проката 50
Приложение 7. Расчет элементов стальных конструкций на осевые силы и изгиб 55
Приложение 8. Расчет ездовых монорельсовых балок 67
Приложение 9. Указания по расчету на выносливость 72
Приложение 10. Последовательность выполнения расчета стальных конструкций мостовых и козловых кранов 78

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Порядковый номер	Номер листов (страниц)				Дата и номер указаний об изменениях	Подпись	Дата	Срок введения
	измененных	замененных	новых	аннулированных				

gost.e-ecolog.ru

ВНИИТМАШ, заказ № 38, тираж 150 экз.