

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра Автотранспортной и техносферной безопасности

Составитель: Морохова Н.А.

Методические указания к практическим работам по
«Производственной безопасности»
для студентов ВлГУ, обучающимся по направлению
20.03.01 Техносферная безопасность
(шифр направления, название)

г. Владимир

Защита оборудования от разлетающихся деталей

При работе машин, механизмов и оборудования имеются потенциально опасные вращающиеся или движущиеся части. Для обеспечения безопасности работающих и находящихся рядом людей эти части должны быть ограждены. Также стараются оградить зоны возможного выброса рабочего материала и инструмента, зоны факторов повышенной опасности (высоких температур, напряжений, излучений) и т.п.

Ограждения представляют собой физическую преграду между человеком и опасным или вредным производственным фактором. Защитные ограждения, приспособления и устройства должны исключать: возможность соприкосновения работника с движущимися частями машины; выпадение или вылет обрабатываемых деталей (материалов), а также частей рабочих органов при их поломках; попадание в работающих частичек обрабатываемого материала; возможность травмирования при установке и смене рабочих органов или инструментов.

Оградительные устройства чаще всего изготавливают в виде сплошных жестких щитов и кожухов из листовой стали толщиной не менее 0,8 мм, либо листового алюминия толщиной не менее 2 мм, либо из прочной пластмассы толщиной не менее 4 мм. При необходимости осмотра ограждаемых механизмов или деталей оборудования ограждения снабжают смотровыми окнами из безопасного стекла толщиной не менее 4 мм. С этой же целью, а также для снижения массы конструкции ограждения выполняют с отверстиями. Они могут представлять собой решетки или сетки. Решетчатые и сетчатые ограждения необходимо располагать не ближе 50 мм от движущихся частей. Обычно размер ячеек сетки не превышает 10х10 мм.

В зависимости от назначения и условий работы ограждения изготавливают из различных материалов. Они могут одновременно выполнять роль паро-, газо- и пылеприемников, исключать воздействие тепловых и электромагнитных излучений на работающих, а в отдельных

случаях снижать шум и т.п. Такие ограждения называют комбинированными. Например, ограждение заточного круга, кроме защиты человека от отлетающих частиц (в том числе и частей самого круга при его разрушении), выполняет функцию пылеприемника.

Ограждения с отверстиями должны удовлетворять следующим условиям [26]:

при $x > 60$ – $d \leq 0,1x$;

при $x \leq 60$ – $d \leq 6$,

где x – расстояние от частей оборудования, представляющих опасность для работающих, до ограждения, мм;

d – диаметр отверстия, мм.

В ограждениях с отверстиями в виде многоугольников вписанные в них окружности должны удовлетворять тем же условиям, а любые диагонали многоугольников не должны превышать удвоенного диаметра окружности.

При обработке хрупких материалов (чугуна, латуни, бронзы, текстолита и др.) на высоких скоростях резания стружка от станка разлетается на значительное расстояние (3...5 м). При точении вязких материалов (медь, сталь) для стружки характерны высокая температура (400...600 °С) и большая кинетическая энергия, вследствие чего она представляет серьезную опасность не только для работающего на станке, но и для находящихся вблизи лиц. Например, при токарной обработке повреждение глаз отлетающей стружкой, пылевыми частицами обрабатываемого металла, осколками режущего инструмента и частицами абразива превышает 50% общего числа производственных травм. Вот почему ограждения должны иметь определенный запас прочности, гарантирующий безопасность рабочего и находящегося рядом обслуживающего персонала.

При расчете сплошных ограждений из металла по действующей ударной нагрузке определяют толщину стенки ограждения.

Для абразивного вращающегося круга в случае его разрыва на две части (рис. 5.6, *a*) ударная нагрузка $P_{отл}$ на ограждение может быть определена по соотношению, Н

$$P_{отл} = m_k \frac{V_{окр}^2}{2R_0}, \quad (5.14)$$

где m_k – масса отлетающей части круга, кг;

$V_{окр}$ – окружная скорость вращения абразивного круга, м/с;

R_0 – радиус центра тяжести половины абразивного круга или детали, м, который можно найти по формуле

$$R_0 = \frac{4R^2 - r^3}{3\pi \cdot R^2 - r^2}, \quad (5.15)$$

где R – радиус внешней окружности круга или детали, м;

r – радиус центрального отверстия круга или детали, м.

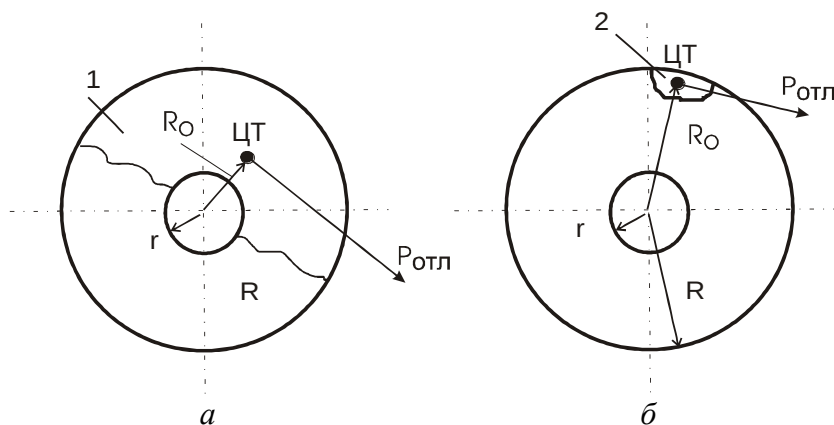


Рис. 5.6. Расчетные схемы при отлетающих деталях:

1 – отлетающая половинка круга; 2 – отлетающая часть детали;

ЦТ – центр тяжести отлетающей детали

При отрыве от вращающейся детали (круга) более мелкой части (рис. 5.6, б) ударная (центробежная) сила $P_{\text{отл}}$ отлетающей части составит, Н

$$P_{\text{отл}} = m_{\text{к}} \frac{V_{\text{к}}^2}{R_0}, \quad (5.16)$$

где $V_{\text{к}}$ – линейная скорость движения отлетающей части или детали, м/с;

R_0 – радиус кривизны траектории отрыва части детали, м.

По найденному значению $P_{\text{отл}}$ по табл. 5.4 можно ориентировочно определить толщину стенки ограждения из листовой стали.

Таблица 5.4

**Зависимость толщины стенки ограждения из листовой
стали
от ударной нагрузки [26]**

Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм	Ударная нагрузка, кН	Толщина стенки ограждения, мм
4,91	1	73,5	10
8,33	2	80,36	11
14,6	3	96,04	12
17,15	4	102,9	13
25,67	5	115,64	14
31,16	6	139,16	15
39,69	7	159,74	16

47,04	8	188,16	17
61,74	9	205,8	18

Сплошные ограждения, толщину стенок которых находят по описанному выше методу, могут быть заменены сетчатыми или решетчатыми после соответствующего расчета конструкции ограждения в зависимости от характера нагрузки (растяжение, изгиб, срез).

Пример. На токарном станке обрабатывается чугунный вал, наружным диаметром $2 \cdot R_o = 400$ мм. Скорость вращения вала составляет $n_{об} = 300$ мин⁻¹. При обработке от вала отлетает кусочки стружки массой $m_k = 10$ г. Определить толщину стенки ограждения из листовой стали, предполагая, что вал разрушиться не может.

Решение. Расчет толщины стенки ограждения из листовой стали определим, используя ударную (центробежную) силу $P_{отл}$ отлетающих кусочков стружки, по формуле (5.16), Н

$$P_{отл} = 0,01 \frac{6,28^2}{0,2} = 1,97,$$

где скорость движения V_k отлетающих частиц стружки определена по соотношению, м/с

$$V_k = w_k \cdot R_o = \frac{\pi \cdot n_{об}}{30} \cdot R_o = \frac{3,14 \cdot 300}{30} \cdot 0,2 = 6,28.$$

Здесь w_k – угловая скорость обрабатываемого вала, рад/с.

Как видно из сравнения полученного значения ударной силы отлетающих кусочков стружки с данными табл. 5.4, толщина стенки ограждения из листовой стали может быть принята не более 1 мм.

Расчет на прочность сосудов, работающих под давлением

При расчете на прочность отдельных элементов теплосилового и другого оборудования (барабаны котлов, трубопроводы, коллекторы, воздухохоборники компрессоров и др. элементы), работающих под давлением, наиболее часто определяется толщина их стенки при конструктивном расчете или допускаемое давление в этих элементах при поверочном расчете.

Методика конструктивного и поверочного расчетов в основном одинакова, разница лишь в целях расчета и искомым величинах.

В основу расчета на прочность деталей положен принцип оценки прочности по несущей способности (предельной нагрузке). Этот прогрессивный метод расчета, позволяющий наилучшим образом использовать свойства металла, требует строго соблюдения правил Госгортехнадзора РФ к материалам, из которых они изготовлены.

Основными расчетными формулами при конструкторском расчете при расчете толщины δ стенки труб поверхностей нагрева и трубопроводов являются:

– для бесшовных труб по формуле, мм

$$\delta = \frac{P \cdot D_B}{2 \cdot \sigma \pm P} + C, \quad (5.17)$$

– для труб с продольным сварным швом по формуле, мм

$$\delta = \frac{P \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma \pm P} + C, \quad (5.18)$$

где P – расчетное давление, МПа;

D, D_B – наружный и внутренний диаметры сосуда, мм;

σ – допустимое напряжение, кг/мм²;

ϕ – коэффициент прочности в продольном направлении. Этот коэффициент характеризует ослабление сосуда отверстиями. При отсутствии отверстий $\phi = 1$. При расчетах толщины стенки цилиндрической части, например барабанов котла типа КЕ можно принимать, что $\phi = 0,46$. Ослабление сосуда может быть создано не только отверстиями, но и сварными швами. Для стыковых сварных швов в зависимости от конструкции шва и способа сварки принимают $\phi = 0,9 \dots 1,0$;

C – прибавка к расчетной толщине стенки, учитывающая технологические и другие допуски, мм. При расчетах она обычно принимается в пределах от 0 до 1 мм.

В знаменателе формул (5.17) и (5.18) присутствует расчетное давление $\pm P$. При расчетах плюс принимается, если в сосуде разрежение, и минус, если в сосуде избыточное давление.

Пример. Рассчитать толщину стенки барабана котла ДКВР-10-13, если барабан выполнен из стали 25К, имеющей допустимое напряжение $\sigma = 133 \text{ кг/мм}^2$ при температуре пара в барабане котла около 200°C , расчетное давление пара в барабане котла 1,4 МПа, внутренний диаметр барабана – 1004 мм.

Решение. Расчет толщины стенки барабана котла, который ослаблен отверстиями для экранных труб и труб конвективных пучков, проведем по формуле (5.17), мм

$$\delta = \frac{1,4 \cdot 1004}{2 \cdot 0,46 \cdot 133 - 1,4} + 1 = 12,7.$$

В действительности толщина стенки барабана котла ДКВР-10-13 составляет 14 мм. Сравнение с рассчитанной выше величиной показывает, что расчеты выполнены правильно.

Предохранительные устройства от механических перегрузок

Устройства, обеспечивающие безопасную эксплуатацию машин и оборудования посредством ограничения скорости, давления, температуры, электрического напряжения,

механической нагрузки и других факторов, которые способствуют возникновению опасных ситуаций, называют предохранительными. Они должны срабатывать автоматически с минимальным инерционным запаздыванием при выходе контролируемого параметра за допустимые пределы.

В качестве таких предохранительных устройств могут быть предохранительные муфты с разрушающимся элементом, пружинно-кулачковые, фрикционные и зубчато-фрикционные муфты, центробежные, пневматические и электронные регуляторы и т.п.

Рассмотрим принцип действия на примере предохранительного устройства от механических перегрузок, представляющего собой предохранительную муфту с разрушающимся элементом, как показано на рис. 5.7.

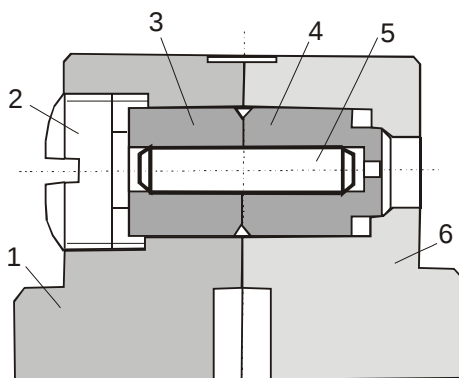


Рис. 5.7. Предохранительная муфта с разрушающимся элементом (штифтом):
1, 6 – полумуфты; 2 – резьбовая пробка; 3, 4 – стальные закаленные втулки; 5 – штифт

цилиндрические штифты, имеющие гладкую поверхность или снабженные специальной выточкой.

Шкив, звездочку или шестерню, расположенные на ведущем валу, соединяют с приводным (ведомым) валом

срезными штифтами, рассчитанными на определенную нагрузку. Если последняя превысит допустимое значение, то штифт разрушается, и ведущий вал начинает вращаться вхолостую. После устранения причины появления таких нагрузок срезанный штифт заменяют новым.

Диаметр штифта $d_{\text{шт}}$, мм, предохранительной муфты, который обычно изготавливают из стали 45 или 65Г, можно рассчитать по формуле, мм

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_p}{\pi \cdot R \cdot \tau_{\text{ср}}}}, \quad (5.19)$$

где M_p – расчетный момент, Н·м;

R – расстояние между осевыми линиями передающих валов и штифта, м;

$\tau_{\text{ср}}$ – предел прочности на срез, МПа (для стали 45 и 65Г в зависимости от вида термообработки, при статической нагрузке значения лежат в пределах $\tau_{\text{ср}} = 145 \dots 185$ МПа; при пульсирующей нагрузке $\tau_{\text{ср}} = 105 \dots 125$ МПа; при симметричной знакопеременной нагрузке $\tau_{\text{ср}} = 80 \dots 95$ МПа). При расчетах рекомендуется принимать меньшие значения указанных величин предела прочности на срез.

Следует заметить, что обычно при расчете диаметра штифта расчетный момент M_p принимают на 10...20% выше предельного допустимого момента $M_{\text{пр}}$, т.е. $M_p = (1,1 \dots 1,2) M_{\text{пр}}$.

Если штифтов несколько и они расположены по окружности, то расчетный момент, разрушающий штифт, может быть найден из условия среза по формуле, Н

$$M_p = \frac{\pi d_{\text{шт}}^2 \cdot n \cdot R \cdot \tau_{\text{ср}}}{4K_{\text{нр}}}, \quad (5.20)$$

где n – число штифтов;

$K_{\text{нр}}$ – коэффициент неравномерности распределения нагрузки между штифтами. При $n = 2 \dots 3$ $K_{\text{нр}} = 1,2 \dots 1,3$.

Пример. Рассчитать диаметр штифта, который установлен в предохранительной муфте в качестве разрушаемого элемента, как показано на рис. 5.7. Число штифтов – 2. Расчетный момент на валу двигателя равен 400 Н·м. Расстояние между осями валов и осями штифтов 100 мм. Штифты изготовлены из стали 45.

Решение. За расчетный момент M_p принимаем момент выше предельного допустимого $M_{\text{пр}}$, Н·м

$$M_p = 1,2 \cdot 400 = 480.$$

Нагрузку выбираем симметричную знакопеременную, поэтому для стали предел прочности на срез примем $\tau_{\text{ср}} = 80$ МПа.

Используя формулу (5.20), можно определить минимальный диаметр разрушаемого штифта, мм

$$d_{\text{шт}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_p}{\pi \cdot R \cdot \tau_{\text{ср}} \cdot n \cdot K_{\text{нр}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 480}{3,14 \cdot 0,1 \cdot 80 \cdot 2 \cdot 1,2}} = 5,64,$$

где коэффициент неравномерности распределения нагрузки между штифтами $K_{\text{нр}}$ при числе штифтов $n = 2$ принят равным 1,2.

Следовательно, на предохранительной муфте могут быть использованы два штифта из стали 45 каждый диаметром 5,64 мм.

Безопасность условий эксплуатации компрессорных установок

В строительстве, энергетике, предприятиях стройиндустрии и различных технологических процессах часто необходимо использовать сжатый газ или воздух, которые компримируют в компрессорных установках. Наиболее часто в строительстве используют одноступенчатые поршневые компрессоры для получения сжатого воздуха избыточным давлением 0,2...0,4 МПа. Воздух используют для механизации трудоемких процессов, рыхления грунтов и вскрытия дорожных покрытий, транспортировки материалов и т.п. Обычно для этих целей применяются

передвижные компрессорные установки, однако при большом и постоянном потреблении сжатого газа строят стационарные компрессорные станции. Эксплуатация поршневых компрессоров должна строго соответствовать ПБ 03-576-03 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» [28]. При эксплуатации компрессорных установок, предназначенных для компримирования взрывоопасных и токсичных газов, необходимо руководствоваться соответствующими Правилами, утвержденными Госгортехнадзором РФ.

Компрессорные установки, работающие на взрывоопасных и токсичных газах, должны иметь предохранительные устройства и сдвоенную запорную арматуру с воздушником между ними, а также устройство для аварийного сброса давления газа в атмосферу или в факельную систему.

Компрессорные установки должны быть спроектированы так, чтобы уровень звука на рабочих местах при длительной непрерывной работе компрессоров не превышал 85 дБ и допустимая максимальная амплитуда вибрации трубопроводов составляла не более 0,2 мм при частоте до 40 Гц.

Система смазок компрессорной установки должна обеспечивать бесперебойную подачу масла для смазки цилиндров, подвижных механизмов и сальников газовых компрессоров. Согласно Правилам устройства и безопасной эксплуатации воздушных компрессоров и воздухопроводов разница между температурой вспышки масла и температурой сжатого воздуха должна быть не менее 75 °С.

Все движущиеся и вращающиеся части компрессора и его оборудования (маховики, валы, муфты, передачи и др.) должны быть надежно ограждены.

При сжатии газа в компрессоре температура его повышается и на выходе из компрессора может превысить допустимую $t_{\text{доп}}$, °С

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{всп}} + 75, \quad (5.35)$$

где $t_{\text{всп}}$ – температурой вспышки компрессорного масла, °С. Данную температуру можно принять, зная марку масла, по табл. 5.6.

Таблица 5.6

Температура вспышки масел, используемых в компрессорах [29]

Марка компрессорного масла	Температура вспышки $t_{\text{всп}}$, °С
Кп-8	200
К-8з	190
К-12	216
К-12В	220
К-19	245
КС-19	270
МК-22п	240
К-28	275

Конечную температуру сжатого газа T_2 можно определить исходя из условия, что сжатие осуществляется в политропном процессе, К

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (5.36)$$

где T_1 – температура газа на входе в компрессор, К;

P_1 – давление газа на входе в компрессор, Па;

P_2 – давление газа на выходе из компрессора, Па;

m – показатель политропы процесса сжатия газа, при расчетах можно принять $m = 1,3$.

При работе компрессора всегда должно выполняться условие, при котором воспламенения смазки в компрессоре не произойдет

$$t_2 \leq t_{\text{доп}} = t_{\text{всп}}. \quad (5.37)$$

Пример. Определить максимальное давление сжатого воздуха, создаваемое одноступенчатым поршневым компрессором с воздушным охлаждением, если в нем для смазки используется масло марки Кп-8. Начальное давление и температуру атмосферного воздуха принять: $P_1 = 0,1$ МПа, $t_1 = 25$ °С .

Решение. По табл. 5.6 находим, что температура вспышки для масла Кп-8 равна 200 °С. Эта температура и будет определять максимальное давление сжатия воздуха P_{MAX} .

Используя формулу (5.36), определим максимальное давление сжатого воздуха, при котором произойдет вспышка масла, МПа

$$P_{\text{MAX}} = P_1 \left(\frac{T_{\text{всп}}}{T_1} \right)^{\frac{m}{m-1}} = 0,1 \cdot \left(\frac{200 + 273}{25 + 273} \right)^{\frac{1,3}{1,3-1}} = 0,74.$$

**Расчет выделений вредных веществ в технологических процессах
и аварийных ситуациях**

В строительстве, энергетике, лесоперерабатывающей отрасли, на предприятиях стройиндустрии в различных технологических процессах часто образуются различные вредные вещества (пылевидные, жидкие, пары, газы).

Промышленные производства и технологическое оборудование, являющиеся источниками загрязнения атмосферы, подразделяют на 4 группы:

- имеющие условно чистые выбросы, в которых концентрация вредных веществ не превышает санитарно-гигиенических норм;
- имеющие дурно пахнущие выбросы;
- содержащие нетоксичные вещества;
- имеющие выбросы, содержащие канцерогенные, токсичные или ядовитые вещества.

Выбросы вредных газообразных веществ от предприятий обычно осуществляются через различные устройства (дымовые и выхлопные трубы, продувочные свечи, вентиляционные шахты и т.п.). Такие устройства называются источниками выброса, а сами выбросы называют организованными. Выбросы с открытых складов, при добыче сырья и т.п. называют неорганизованными.

Большое значение для оценки последствий попадания в атмосферу загрязняющих веществ имеет высота устья источника выброса (H). В зависимости от высоты устья над уровнем земной поверхности источники относят к одному из следующих четырех классов:

- высокие, $H = 50$ м;
- средней высоты, $H = 10\text{--}50$ м;
- низкие, $H = 2\text{--}10$ м;
- наземные источники, $H = 2$ м.

Для оценки количества выделений вредных веществ в атмосферный воздух в технологических процессах и оборудовании используется расчетный метод. Этим методом с определенной степенью точности можно определить характер и количество выделяющихся в атмосферный воздух вредных веществ. По полученным результатам расчета выбросов

составляют сводную таблицу вредных выделений, по которым определяют возможные концентрации в приземном слое атмосферы на производственной площадке и на окружающих ее территориях.

При превышении предельно допустимых концентраций вредных веществ должны быть разработаны мероприятия по их снижению.

Расчет выделений вредных веществ при эксплуатации автомобилей

Нормативные параметры микроклимата на рабочих местах в помещениях (гаражах и т.п.), где хранится или эксплуатируется подвижной состав, обеспечиваются за счет инженерных систем отопления и вентиляции. Значения требуемых параметров приведены в СНиП 2.04.05-86* [31].

Одним из основных вредных выделений в гараже при работе двигателей внутреннего сгорания (ДВС) автомобилей является окись углерода, концентрация которого не должна превышать допустимых норм (табл. 5.13).

Количество окиси углерода, выделяющейся при прогреве двигателя («газовании») или движении автомобиля, определяется по формуле, кг/ч

$$G = 15 \cdot g \cdot \frac{P}{100}, \quad (5.53)$$

где 15 – количество выхлопных газов, получающихся при сгорании в ДВС 1 кг жидкого топлива, кг/ч;

P – процентное содержание окиси углерода в выхлопных газах в зависимости от режима работы принимается: при запуске и прогреве ДВС и выезде автомобиля со стоянки принимается равным 4%, при движении.

Таблица 5.13

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ

в атмосферном воздухе населенных мест [2]

Загрязняющее вещество	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³	
	максимально-разовая ПДК _{МР.і}	среднесуточная ПДК _{СС.і}
Неорганическая пыль, сажа	0,15	0,05
Диоксид серы	0,5	0,05
Оксид углерода	5,0	3,0
Диоксид азота	0,085	0,04
Бенз(а)пирен	-	0,1 мкг/100 м ³
Оксид азота	0,6	0,06

Расход топлива и технические характеристики некоторых типов автомобилей приведены в табл. 5.14.

Зная количество автомобилей n , поставленных на прогрев, несложно просчитать общее количество выхлопных газов $G_{\text{Об}}$ от автомобилей, кг/ч, и количество образовавшейся окиси углерода M_{CO} , г/ч, по формулам:

$$G_{\text{Об}} = G \cdot n; \quad (5.54)$$

$$M_{\text{CO}} = 40 \cdot G_{\text{Об}}. \quad (5.55)$$

Таблица 5.14

Технические характеристики автомобилей

Марка автомобиля	Грузо-подъемность, т	Тип топлива	Расход топлива на 100 км пробега, л
ВАЗ-2104	—	Бензин	8,5
ВАЗ-2106	—	Бензин	9

ВАЗ-21093	–	Бензин	7,5
ВАЗ-21213	–	Бензин	11,5
Москвич-2141	–	Бензин	9,4
ГАЗ-24	–	Бензин	13
ГАЗ-3102	–	Бензин	13
ГАЗ-3110	–	Бензин	11,4
УАЗ-31512	0,4	Бензин	16
ГАЗ-33027	0,8	Бензин	17
ГАЗ-3309	4,5	Дизельное	17
ГАЗ-3308	4,5	Бензин	24,5
ЗИЛ-433102	6	Дизельное	27
ЗИЛ-5301 АО	3,78	Дизельное	15
ЗИЛ-5301 ЕО	3,75	Дизельное	15
КамАЗ-55111	15,37	Дизельное	34
КамАЗ-65115	15	Дизельное	32,2
МАЗ-53366	8,3	Дизельное	25,5
МАЗ-6303	12,3	Дизельное	26

Объем наружного воздуха, который необходимо подавать в помещение, где происходит хранение и прогрев ДВС подвижного состава, можно определить по формуле, м³/ч

$$L = 1000 \frac{M_{CO}}{ПДК_{CO}}, \quad (5.56)$$

где $ПДК_{CO}$ – предельно допустимая концентрация окиси углерода в воздухе рабочей зоны, мг/м³, определяемая по табл. 5.13.

Расчетную температуру воздуха в помещениях хранения подвижного состава в холодный период времени следует принимать равной 5 °С.

При движении автомобиля, зная расход топлива в л на каждые 100 км, можно рассчитать удельный расход топлива, кг/ч

$$G_{\text{об}} = W_{\text{ср}} \cdot \frac{V_{100} \cdot 10^{-3}}{100} \cdot \rho; \quad (5.57)$$

где $W_{\text{ср}}$ – средняя скорость движения автомобиля, км/ч;

V_{100} – расход топлива на каждые 100 км пути, л;

ρ – плотность топлива, кг/м³. Для конкретного вида эта величина должно браться из справочных материалов, т.к. плотность топлива при 20 °С может изменяться в пределах от 720 кг/м³ для бензинов до 830 кг/м³ для дизельного топлива.

3.1. Опасные зоны машин и механизмов и их расчет

При работе различных строительно-дорожных машин и механизмов, производстве монтажных работ возникают постоянные или переменные опасные зоны. Опасной называют зону, в которой постоянно действуют или периодически возникают факторы, создающие угрозу для жизни и здоровья человека. Эти зоны существуют вблизи движущихся или вращающихся деталей, вокруг открытых токоведущих частей и т.п. Постоянные опасные зоны находятся у подвижных частей оборудования при наличии определенной закономерности их перемещения во время работы (пространство около приводного ремня, находящиеся под напряжением электроустановки и т.п.). Переменные опасные зоны существуют около источников опасности, которые во времени изменяют свое направление в соответствии с создавшимися условиями и режимами выполнения операций трудового процесса, а также свойствами материалов (движущаяся машина, работающий кран и т.п.).

Границы постоянных опасных зон можно легко определить, так как они не меняются в процессе выполнения работ. Границы переменных зон изменяются во времени и пространстве. Поэтому для создания безопасных условий труда задача инженера – найти эти зоны, в пределах которых возможно воздействие на человека опасных производственных факторов эксплуатируемых машин и оборудования.

Опасная зона при работе на высоте

Работой на высоте считается работа, при выполнении которой работник находится на расстоянии менее 2 м от неогражденных перепадов по высоте 1,3 м и более [14].

При невозможности устройства ограждения работы должны выполняться с применением предохранительного пояса и страховочного каната.

Опасная зона при строительстве объекта

При перемещении грузов подъемными кранами, при работах, вблизи строящегося здания, границы опасных зон принимают от крайней точки горизонтальной проекции наружного наибольшего размера перемещаемого (падающего) предмета или стены здания с прибавлением вылета стрелы крана, наибольшего габаритного размера перемещаемого груза и минимального расстояния отлета груза при его падении, согласно табл. 3.1.

Таблица 3.1

Расстояние отлета грузов и предметов в зависимости от высоты падения [14, 15]

Высота возможного	Минимальное расстояние отлета груза или предмета, м
----------------------	--

падения груза или предмета, м	перемещаемого краном груза в случае его падения	предметов в случае их падения со здания
До 10	4	3,5
До 20	7	5
До 70	10	7
До 120	15	10
До 200	20	15

Примечание. При промежуточном значении высоты возможного падения расстояние отлета определяют интерполяцией.

При работах, выполняемых на высоте, опасной считается зона, расположенная под рабочей площадкой (рис. 3.1).

Границы зоны определяют по проекции, увеличенной на безопасное расстояние, м

$$L_{\text{оп}} = 0,3 \cdot H, \quad (3.1)$$

где H – высота, на которой производятся работы, м.

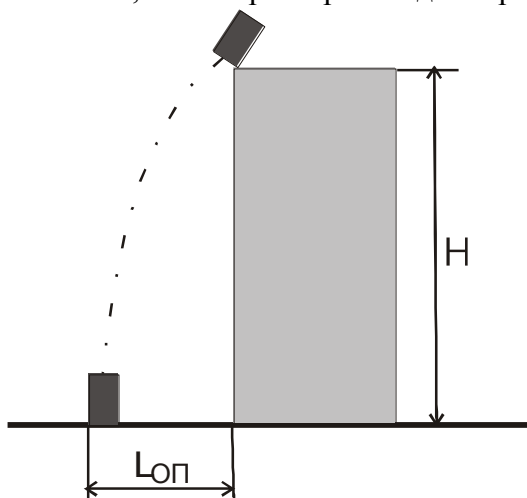


Рис. 3.1. Граница опасной зоны при падении предметов с высоты

При работе грузоподъемных машин и механизмов (электротельфер, кран-балка и т.п.) опасным считается расстояние, на которое может отлететь груз при обрыве одной из строп, как показано на рис. 3.2.

Границу опасной зоны можно определить по формуле, м

$$L_{\text{оп.г}} = \sqrt{h_{\text{г}}[l_{\text{с}}(1 - \cos\alpha) + S]}, \quad (3.2)$$

где $h_{\text{г}}$ – высота подъема груза, м;

$l_{\text{с}}$ – длина ветви стропа, м;

α – угол между стропами и вертикалью, град;

S – расстояние (максимальное) от центра тяжести груза до его края, м.

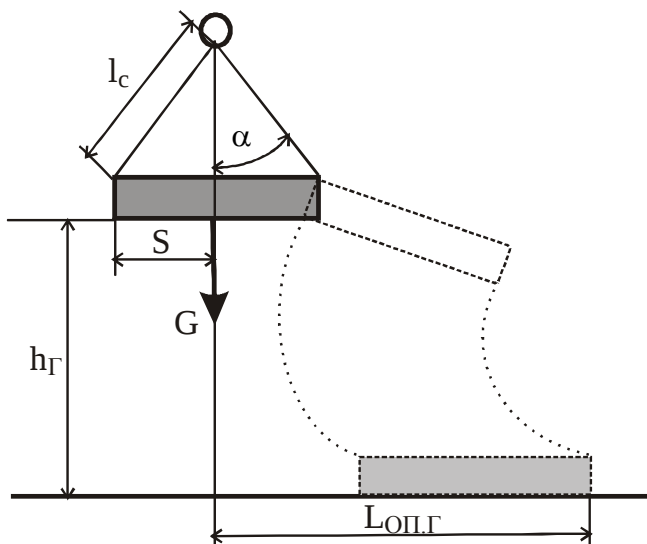


Рис. 3.2. Схема определения границ опасной зоны при обрыве стропа грузоподъемной машины

При работе крана должна быть учтена длина вылета стрелы l_k . С учетом последнего границу опасной зоны около крана с учетом обрыва стропа и отлета груза (формула (3.2)) можно рассчитать по формуле, м

$$L_{\text{оп,к}} = L_{\text{оп,г}} + l_k. \quad (3.3)$$

Опасная зона при работе строительных машин и вблизи движущихся частей машин и оборудования

При работе строительных машин и оборудования опасной считается зона в пределах 5 м от движущихся частей, если другие повышенные требования отсутствуют в паспорте или инструкции завода-изготовителя машин и оборудования.

Опасная зона при установке подъемника вблизи откоса

При использовании в работе подъемников, устанавливаемых на краю откоса или канавы, необходимо учитывать опасную зону в соответствии с табл. 3.2.

Таблица 3.2

Опасная зона при установке подъемника вблизи откоса или канавы

Глубина канавы, м	Расстояние от начала откоса или канавы до края опоры подъемника при ненасыпном грунте, м				
	песчано м и гравийном	супесчаном	суглинистом	глинистом	лессовом сухом
1	1,50	1,25	1,00	1,00	1,00
2	3,00	2,40	2,00	1,50	2,00

3	4,00	3,60	3,25	1,75	2,50
4	5,00	4,40	4,00	3,00	3,00
5	6,00	5,30	4,75	3,50	3,50

Опасная зона вокруг мачт и вышек

При работе на вышках и мачтах, их эксплуатации и ремонте опасной считается зона вокруг них с размерами, определяемыми расстоянием от центра опоры (мачты, башни) плюс $\frac{1}{3}$ ее высоты.

Опасная зона при проведении сварочных работ

При проведении сварочных работ (для исключения попадания раскаленных частиц металла на пожароопасные материалы) опасной считается зона в соответствии с высотой точки сварки предметов в радиусе, указанном в табл. 3.3.

Таблица 3.3

**Границы опасной зоны поражения
разлетающимися при электрической сварке (резке) искрами
в зависимости от высоты производства сварочных работ**

Высота производства сварочных работ, м	0	2	3	4	6	8	10	Свыше 10
Минимальный радиус опасной зоны, м	5	8	9	10	11	12	13	14

**Опасная зона при работе вблизи токоведущих частей,
находящихся под напряжением**

При проезде, установке и работе грузоподъемных машин, механизмов и транспортных средств вблизи токоведущих частей, находящихся под напряжением, опасная зона определяется в соответствии с требованиями табл. 3.4.

Таблица 3.4

**Допустимые расстояния до токоведущих частей,
находящихся под напряжением [12]**

Напряжение, кВ		Расстояние от людей и применяемых ими инструментов и приспособлений от временных ограждений, м	Расстояние от механизмов и грузоподъемных машин в рабочем и транспортном положениях, от стропов, грузозахватных приспособлений и грузов, м
До 1	На воздушных линиях	0,6	1,0
	В остальных электроустановках	Не нормируется (без прикосновения)	1,0
От 1 до 35		0,6	1,0
Свыше 36 до 110		1,0	1,5
Свыше 110 до 150		1,5	2,0
Свыше 150 до 220		2,0	2,5

При работе подъемников вблизи линий электропередач опасную зону определяют в соответствии с требованиями табл. 3.5.

Таблица 3.5

**Минимальное расстояние до линии электропередачи
при работе подъемников [16]**

Напряжение воздушной линии электропередачи, кВ	Наименьшее расстояние, м
До 1	1,5
От 1 до 20	2,0
От 35 до 100	4,0
От 150 до 220	5,0

При обоснованной невозможности снятия напряжения с воздушной линии электропередачи и работе строительных машин в охранной зоне этой линии электропередачи опасной зоной считается расстояние от ближайшего провода под напряжением в сторону машины, приведенное в табл. 3.6.

Таблица 3.6

**Опасное расстояние до линии электропередачи
при работе строительных машин [12]**

Напряжение воздушной линии электропередачи, кВ	Расстояние, м	
	минимальн ое	минимально измеряемое техническими средствами
До 20	2,0	2,0
Свыше 20 до 35	2,0	2,0
Свыше 35 до 110	3,0	4,0
Свыше 110 до 220	4,0	5,0

Пример. Определить границы опасной зоны работающего самоходного крана КС-5363, обеспечивающего подъем железобетонных панелей перекрытия размерами в плане 1,2х6 м на высоту 10 м. Длина строп 4,3 м.

Решение. Выпишем технические характеристики крана КС-5363 из справочной литературы [13]:

– расстояние от оси вращения платформы крана до оси вращения стрелы $l_o = 1,18$ м;

– вылет стрелы крана $l_c = 15$ м.

Определим границу отлета панели при обрыве двух строп с одной стороны в соответствии с рис. 3.1, м

$$L_{\text{оп,Г}} = \sqrt{10[5(1 - \cos 45^\circ) + 3,0]} = 5,7,$$

где $\alpha = 45^\circ$, угол между вертикалью и стропом, рассчитанный по характеристикам стропы и панели.

Таким образом, радиус опасной зоны работы крана относительно оси вращения его платформы будет, м

$$R_{\text{оп}} = l_o + l_c + L_{\text{оп,Г}} = 1,18 + 15 + 5,7 = 21,9.$$

3.2. Обеспечение устойчивости грузоподъемного крана

Одним из основных показателей безопасной работы крана является его устойчивость. Этот параметр характеризуется коэффициентом устойчивости – отношением момента удерживающего к моменту опрокидывающему. Удерживающий момент создается собственной массой крана, а опрокидывающий – массой поднимаемого груза. Отсюда различают коэффициенты грузовой и собственной устойчивости крана. Очень часто при работе на кран действуют дополнительные нагрузки в виде давления ветра, уклона площадки и т.п. Поэтому расчеты грузовой устойчивости крана приходится проводить с учетом этих дополнительных нагрузок.

При проектировании, устройстве, изготовлении и эксплуатации кранов следует руководствоваться Правилами

Расчет грузовой устойчивости самоходных и башенных кранов

Безопасная эксплуатация грузоподъемных механизмов при выполнении монтажных работ обеспечивается правильным выбором параметров кранов и их устойчивостью.

Расчет грузовой устойчивости крана, когда возможно его опрокидывание вперед в сторону стрелы и груза, ведется в соответствии со схемами, показанными на рис. 3.3 и 3.4.

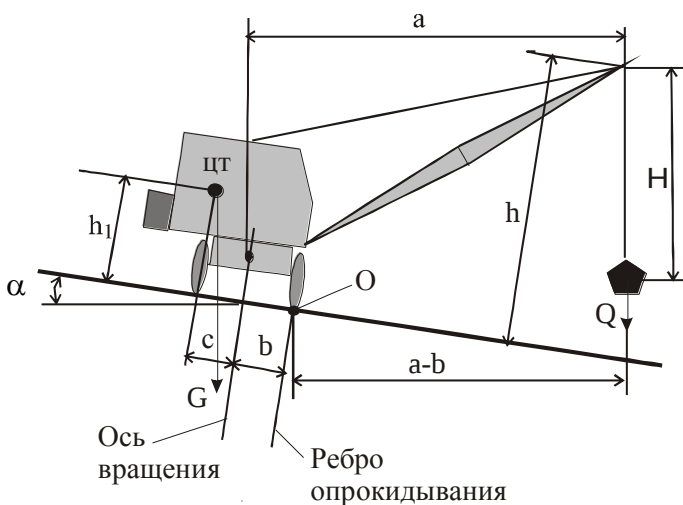


Рис. 3.3. Расчетная схема грузовой устойчивости крана с грузом

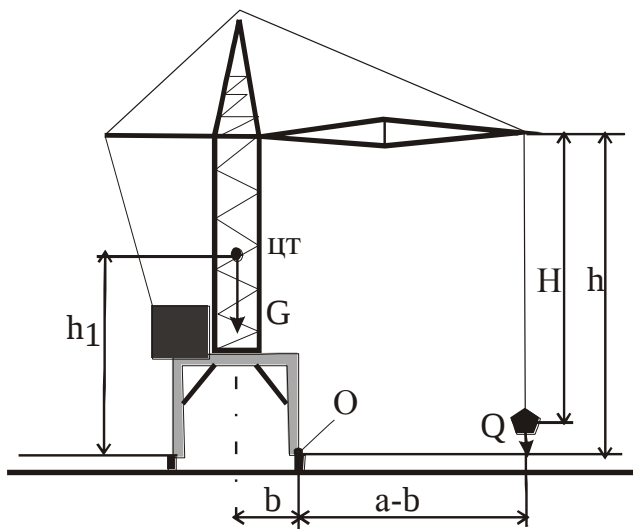


Рис. 3.4. Расчетная схема грузовой устойчивости башенного крана

Грузовая устойчивость самоходного крана обеспечивается, если выполняется условие

$$K_{\Gamma} \cdot M_{\Gamma} \leq M_{\Pi}, \quad (3.4)$$

где K_{Γ} – коэффициент грузовой устойчивости, принимаемый для горизонтального пути без учета дополнительных нагрузок равным 1,4; при наличии дополнительных нагрузок (ветра, инерционных сил) и влияния наибольшего допустимого уклона пути – 1,15;

M_{Γ} – грузовой момент, создаваемый рабочим грузом относительно ребра опрокидывания (точка «О»), Н·м;

M_{Π} – момент всех прочих (основных и дополнительных) нагрузок, действующих на кран относительно того же ребра опрокидывания, с учетом наибольшего допустимого уклона пути, Н·м.

Возникающий грузовой момент может быть рассчитан по формуле, Н·м

$$M_{\Gamma} = 9,81 \cdot Q \cdot (a - b), \quad (3.5)$$

где Q – масса наибольшего рабочего груза (грузоподъемность), кг;

a – расстояние от оси вращения платформы крана до центра тяжести наибольшего рабочего груза, подвешенного к крюку, при установке крана на горизонтальной плоскости, м;

b – расстояние от оси вращения платформы крана до ребра опрокидывания крана, м.

Удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок, может быть рассчитан по соотношению, Н·м

$$M_{\Pi} = M_{\text{CM}} - M_{\text{ук}} - M_{\text{цс}} - M_{\text{ит}} - M_{\text{вет}}, \quad (3.6)$$

где M_{CM} – восстанавливающий момент от действия собственной массы крана, Н·м

$$M_{\text{CM}} = 9,81 \cdot G_{\text{к}} \cdot (b + c) \cos \alpha, \quad (3.7)$$

где $G_{\text{к}}$ – масса крана, кг;

c – расстояние от оси вращения платформы крана до его центра тяжести, м;

α – угол наклона пути крана, град (для передвижных стреловых кранов, а также кранов-экскаваторов $\alpha = 3^\circ$ – при работе без выносных опор и $\alpha = 1,5^\circ$ – при работе с выносными опорами; для башенных кранов $\alpha = 2^\circ$ – при работе на временных путях и $\alpha = 0^\circ$ – при работе на постоянных путях);

$M_{ук}$ – момент, возникающий от действия собственной массы крана при уклоне пути, Н·м

$$M_{ук} = 9,81 \cdot G_k \cdot h_1 \cdot \sin \alpha, \quad (3.8)$$

где h_1 – расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

$M_{цс}$ – момент от действия центробежных сил, Н·м

$$M_{цс} = 9,81 \cdot Q \cdot \frac{n^2 \cdot a \cdot h}{900 - n^2 \cdot H}, \quad (3.9)$$

где n – частота вращения крана вокруг вертикальной оси, мин⁻¹;

h – расстояние от оголовка стрелы до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

H – расстояние от оголовка стрелы до центра тяжести подвешенного груза (при проверке на устойчивость груз приподнимают над землей на 0,2...0,3 м), м;

$M_{ит}$ – момент от силы инерции при торможении опускающегося груза, Н·м

$$M_{ит} = Q \cdot \frac{v(a-b)}{\tau_T}, \quad (3.10)$$

где v – скорость подъема груза (при наличии свободного опускания груза расчетную скорость принимают равной 1,5 м/с), м/с;

τ_T – время неустановившегося режима работы механизма подъема (время торможения груза), с;

$M_{вет}$ – ветровой момент, Н·м

$$M_{вет} = M_{БК} + M_{БГ} = W_K \cdot h_1 + W_\Gamma \cdot h, \quad (3.11)$$

где $M_{БК}$ – момент от действия ветровой нагрузки на подвешенный груз, Н·м;

W_K – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь крана, Н;

W_Γ – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь груза, Н. Нормативные значения ветрового давления в зависимости от ветрового района (по карте ветрового районирования согласно приложению 5 СНиП 2.1.07-85) приведены в табл. 3.7. Например, северные районы Томской области по ветровой нагрузке относятся ко 2 району, южные районы Томской области, включая город Томск, и районы Новосибирской области – к 3 району.

В формуле (3.11) предполагается, что ветровая нагрузка W_K приложена к центру тяжести крана, а W_Γ – к центру тяжести груза.

Величины ветровых нагрузок W_K и W_Γ могут быть определены по формулам, Н

$$W_K = q \cdot F_K, \quad W_\Gamma = q \cdot F_\Gamma, \quad (3.12)$$

где q – скоростной напор, принимаемый в зависимости от района работы крана (табл. 3.7), Па;

F_K – наветренная поверхность крана, м^2 , которая определяется площадью F_{KK} , ограниченной контуром крана, и степенью заполнения этой площади элементами решетки α_K , м^2 ;

$$F_K = \alpha_K \cdot F_{KK}, \quad (3.13)$$

α_K – коэффициент заполнения контура крана (для сплошных конструкций $\alpha_K=1$, для решетчатых конструкций $\alpha_K = 0,3 \dots 0,4$);

F_Γ – наветренная площадь груза, м^2 . Определяется по действительной площади наибольших грузов, поднимаемых краном.

Таблица 3.7

Динамическое давление на кран в зависимости от района установки

Характеристика	Ветровой район							
	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
Максимальное динамическое давление ветра, Па	170	230	300	380	480	600	730	850

Таблица 3.8

Технические характеристики самоходных кранов

Тип крана	Максимальная грузоподъемность Q , т	Максимальная длина стрелы, м	Максимальная высота подъема крюка h , м	Размеры опорного выдвижного контура, м		Скорость вращения поворотной части n , мин ⁻¹	Скорость подъема-опускания груза v , м/мин	Масса крана G_k , т
				по оси крана	поперек крана $2b$			
АБКС-5	5	12	10	3,75	4,9	1,0	8	15,3
АБКС-6	6,3	12	10		7,14	1,0	10	17,56
КС-3562Б	10	18	9	3,85	4,3	0,1-0,6	0,4-10	14,3
КС-3571-1	10	16	8	3,35	4,3	2	8	14,96
КС-35719-3	15	14	14	4,2	5,2	2	10	17,8
КС-45721	22,5	21,7	21,8	4,3	5,6	1,2	0,3-13,2	22,1
КС-55713-1	25	21,7	21,9	4,2	5,6	1,4	6-8	20,7
КС-55716	25	21,5	22,3	4,1	5,8	2	9,5	22,5

Таблица 3.9

Технические характеристики башенных кранов

Тип крана	Максимальная грузоподъемность Q , т	Максимальный вылет стрелы, м	Максимальная высота подъема крюка h , м	Размеры опорного контура, м		Скорость вращения поворотной части крана n , мин ⁻¹	Скорость подъема-опускания груза v , м/мин	Скорость движения крана, м/мин	Масса крана G_k , т	Масса противовеса, т
				вдоль базы	база (колея) $2b$					
КБ-100.3А	8	25	33	4,5	4,5	0,7	15–45	28	94,9	35,6
КБМ-301	8	25	32	4,5	4,5	0,75	20	30	88	32
КБ-308А.0	8	25	32	4,5	4,5	0,86	16–48	29	92,2	35,2
КБ-403А	8	20	41	6	6	0,65	27–40	18	80	30
КБ-404.2	5	37	32	6	6	0,45	20	18	88,6	48,4

КБ-405.1А	7,5	25	46	6	6,0	0,72	31	27	113,1	50,05
КБ-408	10	25	60	6	6	0,65	30	18	95,2	30,4
КБ-503Б.0	10	35	53	7,5	7,5	0,64	25–150	19	152	55
КБ-504.0	10	40	60	7,5	7,5	0,6	60–160	19,2	163	55

Если кран предназначен для перемещения с грузом, то при проверке его грузовой устойчивости в правую часть формулы (3.6) следует добавить величины, Н·м

$$-\frac{G_K \cdot h_1}{\tau_1} - \frac{Q \cdot h}{\tau_1}, \quad (3.14)$$

где τ_1 – время прохождения пути крана с грузом.

При расчете крана на устойчивость его технические и геометрические характеристики могут быть взяты из справочной литературы. Некоторые из параметров ряда самоходных кранов приведены в табл. 3.8.

Расчет грузовой устойчивости башенного крана проводится аналогично. Расчетная схема устойчивости такого крана показана на рис. 3.4.

Отдельные технические характеристики башенных кранов приведены в табл. 3.9.

Расчет собственной устойчивости самоходных и башенных кранов

Расчетная схема при определении собственной устойчивости крана показана на рис. 3.5.

Коэффициент собственной устойчивости крана при отсутствии полезных нагрузок и возможном опрокидывании его назад в сторону противовеса (рис. 3.5), можно определить по соотношению

$$K_C = 9,81 \cdot G_K \frac{(b - c) \cos \alpha - h_1 \cdot \sin \alpha}{W_2 \cdot s_2} \geq 1,15, \quad (3.15)$$

где W_2 – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на подветренную площадь крана при нерабочем состоянии, Па;

s_2 — расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м.

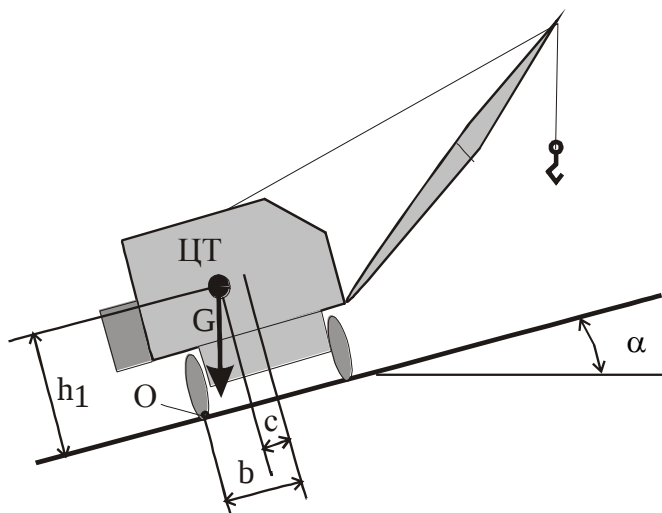


Рис. 3.5. Расчетная схема собственной устойчивости самоходного крана

Расчет устойчивости козлового крана

Проверку устойчивости козловых кранов проводят на опрокидывание при действии ураганного ветра вдоль пути, когда кран находится в нерабочем положении. Расчетная схема козлового крана показана на рис. 3.6.

Уравнение устойчивости крана относительно точки опрокидывания «О» может быть записано в соответствии с рис. 3.6 в виде

$$K_O (W_{\text{пор}} \cdot h_{\text{пор}} + W_T \cdot h_T + \dots + W_{\text{п}} \cdot h_{\text{п}}) \leq 9,81 (G_{\text{пор}} + G_T + G_{\text{п}}) a + 2 \cdot 9,81 \cdot G_{\text{пр}} (b + c), \quad (3.16)$$

где K_O — коэффициент собственной устойчивости козлового крана, принимаемый равным 1,15;

$G_{\text{ПОР}}, W_T, \dots, W_{\text{П}}$ – ветровые нагрузки на отдельные части конструкции крана (портал, тележку,..., полиспаст), Па;

$G_{\text{ПОР}}, G_T, \dots, G_{\text{П}}$ – масса отдельных частей конструкции крана (портала, тележка, ..., грузовой полиспаст), кг;

$G_{\text{ПР}}$ – масса противовеса на одной тележке, кг;

$h_{\text{ПОР}}, h_T, \dots, h_{\text{П}}$ – плечи сил опрокидывания для портала, тележки, ..., грузового полиспаста относительно точки «О», м;

a, b, c – плечи сил опрокидывания (рис.3.6) для отдельных частей конструкции крана относительно точки «О», м.

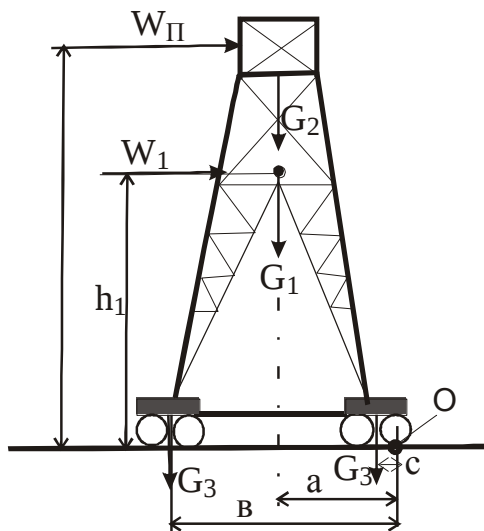


Рис. 3.6. Расчетная схема устойчивости козлового крана

Технические характеристики козловых кранов

Тип крана	Максимальная грузоподъемность, т	Пролет, м	Вылет консолей, м	Высота подъема груза, м	Колесная база крана В, м	Скорость подъема груза, м/с	Скорость движения тележки, м/с	Скорость движения крана, м/с	Масса крана, т
К-8М	8	25	6,3	9	9	0,14	0,67	1,05	41
К-12,5М	12,5	16	4,5	10	9,5	0,22	0,58	1,05	35
КС-12,5	12,5	25	6,3	9	10	0,2	0,67	0,83	36
ККП-12,5	12,5	32	10	11,8	13,4	0,26	0,97	1,22	62
ККС-20/5-32	20	33	8	10	11,2	0,17	0,67	0,83	60
КК-32	32/8	32	8	10	14	0,17	0,53	1,05	66

Отдельные технические характеристики козловых кранов приведены в табл. 3.10.

Пример. Проверить грузовую устойчивость башенного крана КБ-403А. Технические характеристики крана взять из табл. 3.9. Район установки крана – город Томск. Расчетная схема крана приведена на рис. 3.4. Максимальное расстояние от оси вращения платформы крана до центра тяжести груза составляет 10 м. Расстояние от оси вращения поворотной части крана до его центра тяжести $c = 2,5$ м. Расстояние от центра тяжести крана до плоскости, проходящей через точки опорного контура, принять для условий задачи равным 8 м.

Решение. Грузовая устойчивость башенного крана обеспечивается, если выполняется условие (3.4). Примем в соответствии с рекомендациями коэффициент грузовой устойчивости $K_{\Gamma} = 1,15$.

Возникающий грузовой момент рассчитаем по формуле (3.5), Н·м

$$M_{\Gamma} = 9,81 \cdot 8000 \cdot (10 - 3) = 549400,$$

где $Q = 8000$ кг – грузоподъемность крана (табл. 3.9); $a = 10$ м – расстояние от оси вращения крана до центра тяжести рабочего груза на крюке; $b = 3$ м – расстояние от оси вращения крана до ребра опрокидывания (табл. 3.9).

Восстанавливающий момент от действия собственной массы крана определим по формуле (3.7), Н·м

$$M_{\text{см}} = 9,81 \cdot 80000 \cdot (3 + 2,5) \cos 0 = 4316000.$$

где $G_{\text{к}} = 80000$ кг – масса крана (табл. 3.9); $\alpha = 0^\circ$ угол наклона пути крана при работе на постоянных путях.

Момент, возникающий от действия собственной массы крана (формула (3.8)), будет $M_{\text{ук}} = 0$, Н·м, т.к. $\alpha = 0^\circ$.

Расчет момента от действия центробежных сил проведем по формуле (3.9), Н·м

$$M_{\text{цс}} = 9,81 \cdot 8000 \cdot \frac{0,65^2 \cdot 10 \cdot 41}{900 - 0,65^2 \cdot 40,8} = 15400,$$

где $n = 0,65 \text{ мин}^{-1}$; $h = 41 \text{ м}$ (табл. 3.9); расстояние от оголовка стрелы до центра тяжести подвешенного груза в соответствии с вышеприведенными рекомендациями принято $H = 40,8 \text{ м}$.

Момент от силы инерции при торможении опускающегося груза рассчитаем по формуле (3.10), Н·м

$$M_{\text{ит}} = 9,81 \cdot 8000 \cdot \frac{40(10-3)}{60 \cdot 3} = 122100,$$

где $v = 40 \text{ м/мин}$ (табл. 3.9); 60 – коэффициент перевода минут в секунды; время неустановившегося режима работы механизма торможения груза принято $\tau_T = 3 \text{ с}$.

В соответствии с районом расположения крана примем ветровое давление $q = 380 \text{ Па}$ (табл. 3.7).

Из-за отсутствия данных для крана примем: наветренная площадь поверхности крана $F_{\text{кк}} = 80 \text{ м}^2$; степень заполнения этой площади элементами решетки $\alpha_k = 0,3$; наветренная площадь груза мала по сравнению с площадью поверхности крана. Тогда, используя формулы (3.14) и (3.11), найдем площадь крана F_k и ветровой момент $M_{\text{вет}}$:

$$F_k = 0,3 \cdot 80 = 24 \text{ м}^2;$$

$$M_{\text{вет}} = 380 \cdot 8 \cdot 24 = 72960 \text{ Н·м}.$$

Используя формулу (3.6), рассчитаем удерживающий момент всех прочих (основных и дополнительных) нагрузок, действующих на кран относительно того же ребра опрокидывания, Н·м

$$M_{\Pi} = 4316000 - 15400 - 122100 - 72960 = 4105540.$$

Направляем полученные результаты в формулу (3.4):

$$1,15 \cdot 549400 \leq 4105540.$$

Так как неравенство выполняется, то грузовая устойчивость башенного крана достаточна для перемещения груза массой 8 т на расстояние от оси крана до 10 м.