

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

140

Кафедра охраны труда

Г. И. ШАТУНОВА, В. М. ШИШКАНОВ

**РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ
ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ**

**Методические указания
к выполнению дипломных проектов**

**по разделу
«ОХРАНА ТРУДА»**

Москва — 1985

Кафедра охраны труда
Г.И.ШАТУНОВА, В.М.ШИШКАНОВ

Утверждено
редакционно-издательским
советом института

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ
ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Методические указания
к выполнению дипломных проектов

по разделу
"Охрана труда"
для студентов строительных специальностей

Москва - 1985

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Гигантские масштабы капитального строительства развития индустрии в нашей стране невозможны без мощных предприятий краностроения и требует непрерывного количественного и качественного роста парка грузоподъемных машин.

Строительные и монтажные организации, промышленные и подсобные предприятия, склады и различные перевалочные базы оснащены новейшей подъемной техникой. Число кранов в нашей стране превышает 150 тыс. и продолжает непрерывно и быстро увеличиваться. Опытный инженерно-технический персонал успешно решает задачи по обеспечению надежности и технической безопасности работы грузоподъемных машин.

При выборе и разработке схемы механизации грузо-разгрузочных, транспортных, монтажных и любых других работ необходимо обеспечить наиболее безопасное и рациональное использование машин, механизмов и оборудования. Особое внимание при этом необходимо уделять определению габаритов рабочего места машины. Рабочим местом машины называется пространство, в пределах которого находятся и перемещаются: машина, обслуживающие ее и работающие с ней рабочие, оборудование, приспособления, инструменты и необходимые материалы. Исходя из этого определения рабочего места обычно и устанавливают его габариты с учетом требований техники безопасности и охраны труда.

Например, рабочее место башенного крана по длине равно длине рельсового пути (от упора до упора) плюс две длины максимального вылета стрелы, а по ширине — сумме максимальных вылетов стрелы, отложенных в одну и другую стороны, считая от оси.

Рабочее место экскаватора на каждой очередной стоянке в забое равно (для драглайна) кругу, описанному наибольшим радиусом копания при наименьшем угле наклона стрелы, увеличенным на 5 м.

Граница рабочего места экскаватора с прямой лопатой представляет в плане линию, описанную в верхней части забоя наибольшим радиусом копания (для данного типоразмера машины), увеличенным на расстояние до пересечения поверхности с направлением угла естественного откоса разрабатываемого грунта. В нижней части забоя радиус этой границы равен (согласно требованию СНиПа) радиусу действия экскаватора, увеличенному на 5 м. Под радиусом действия экскаватора в данном случае необходимо считать наибольший радиус копания, так как после набора грунта машина поворачивается, сохраняя положение ковша для выгрузки грунта в самосвал. Границы рабочего места бульдозера соответствуют участку, отведенному для его работы и маневрирования.

Рабочим местом автопогрузчика считают площадку, где производят погрузку или выгрузку. Границу рабочего места компрессора определяют радиусом, равным длине шланга, идущего к пневматическому инструменту. Этот радиус отмеряют от самого компрессора или при работе пневматическим инструментом на другой отметке — от вертикального металлического воздуховода, к которому присоединены шланги инструментов.

В рабочее место копра или другого оборудования для забивки свай включают: площадку, границы которой отстоят от габарита установки для бойки свай на расстоянии 5 м во все стороны; площадку для складирования свай, пути их подтаскивания и подъема копром (пути подвоза свай на площадку каким-либо видом транспорта в площадь рабочего места не входят).

Рабочее место монтажной мачты определяется площадкой, ограниченной якорями вант. Если около якоря, установленного на продолжительный срок эксплуатации крана, организуется движение транспорта, якорь необходимо защищать от повреждения или сдвига, в результате которого может быть авария. Самым простым средством защиты являются надолбы в виде забитых в грунт деревянных свай или врытых бракованных сборных железобетонных деталей.

Габариты рабочих мест других машин могут быть определены аналогично приведенным выше примером. В краткой инструкции для машиниста любой машины границы ее рабочего места должны быть конкретизированы.

При установке машины в помещении ее рабочее место в большинстве случаев будет равно площади помещения, например при механизации операций штукатурных или малярных работ.

Эстакады, лестницы, настилы подмостей и рабочие площадки у строительных механизмов должны быть ограждены и содержаться в чистоте. В зимнее время их следует очищать от снега и льда и посыпать песком, шлаком или золой.

Создание безопасных условий труда в строительстве тесно связано с технологией производства, т.е. с техникой правильного ведения работ: опасность часто возникает там, где нарушается нормальный производственный процесс и применяются неправильные приемы работ. Проектная документация по организации строительства и производству работ должна содержать следующие конкретные решения: по созданию условий по безопасному и безвредному выполнению работ как на строительной площадке в целом, так и на отдельных рабочих местах; по санитарно-гигиеническому обслуживанию работающих на строительной площадке; по безопасному производству работ в зимних условиях; по достаточному освещению строительной площадки, проходов, проездов и рабочих мест. Без указанной проектной документации производство строительно-монтажных работ не допускается.

При устройстве и эксплуатации железнодорожных путей надлежит руководствоваться специальными правилами и по технике безопасности, изданными Министерством путей сообщения и Министерством транспортного строительства. При эксплуатации автомобильного транспорта действуют "Правила техники безопасности для автомобильного транспорта" и "Правила движения по улицам и дорогам СССР".

Рабочие, обслуживающие транспорт и грузоподъемные машины, должны проходить специальное обучение по технике безопасности. По окончании обучения им выдается удостоверение на право управления машинами.

На подъездных и внутрипостроечных железнодорожных путях состояние пути, стрелочных переводов и поворотных кругов следует проверять не менее двух раз в неделю с занесением результатов проверки в путевой журнал.

Вагоны и вагонетки должны быть оборудованы автоматическими или ручными тормозами согласно нормам. Состояние тормозов надо проверять ежедневно. Вагонетки с опрокидным кузовом должны иметь приспособления, предупреждающие возможность самоопрокидывания.

Каждый автомобиль перед выпуском на работу необходимо подвергать техническому освидетельствованию. У автосамосвалов, помимо общего технического состояния, проверяется также исправность механизмов подъема кузова.

Грузовые автомашины, предназначенные для перевозки людей, должны быть оборудованы скамейками и иметь предупредительные надписи: "В кузове не стоять", "На бортах не сидеть". Запрещается перевозить людей в кузовах автосамосвалов, на прицепах, в необорудованных кузовах автомашин, а также совместно с огнеопасными, взрывоопасными и ядовитыми грузами.

Для обеспечения безопасного производства земляных работ следует соблюдать следующие основные требования охраны труда.

Производство земляных работ в зоне расположения подземных коммуникаций (электрокабелей, газопровода и др.) допускается только с письменного разрешения организаций, ответственных за эксплуатацию этих коммуникаций. При этом до начала работ на местах расположения подземных коммуникаций должны быть установлены специальные знаки.

Установка и движение строительных машин и транспортных средств, прокладка рельсовых дорог, установка столбов для воздушных линий, а также размещение материалов в пределах призмы обрушения грунта нерас-

крепленных выемок (котлованов, траншей) не допускаются.

При разработке котлованов и траншей с креплениями стенок крепления рассчитываются на прочность, при этом учитываются величина и динамичность нагрузки (строительные машины и ав.оттранспорт).

Для спуска и подъема рабочих в котлованы и траншеи необходимо устанавливать стремянки шириной не менее 0,75 м с перилами, а для спуска и подъема рабочих в узкие траншеи - приставные лестницы.

Требуется вести систематическое наблюдение за состоянием откосов выемок или крепления вертикальных стенок котлованов и траншей, а также принимать меры при появлении признаков обрушения грунта. При неблагоприятных условиях погоды в период оттаивания грунта эти наблюдения должны быть усилены. Необходимо исключить возможность нахождения людей в зоне работы землеройной машины и транспортных средств, а также на путях их движения.

Погрузка грунта в автосамосвалы при работе экскаватора должна производиться только со стороны заднего или бокового борта автомобиля.

При разработке грунта буровзрывным способом и средствами гидромеханизации следует соблюдать специальные требования по охране труда и технике безопасности.

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Устойчивость лебедок

Для предотвращения сдвигов и опрокидывания во время эксплуатации лебедки надежно укрепляют. Для этого в одних случаях в грунт вертикально забивают свайные якоря и к ним крепят лебедки путем упора их рам в сваи и установки на каждой раме одного или двух противовесов (рис. 1, а, б). В других случаях в грунт загибают горизонтальные якоря (поперечины), к которым лебедки крепят тросом (рис. 1, в). Тип крепления зависит от величины тягового усилия и местных условий [2].

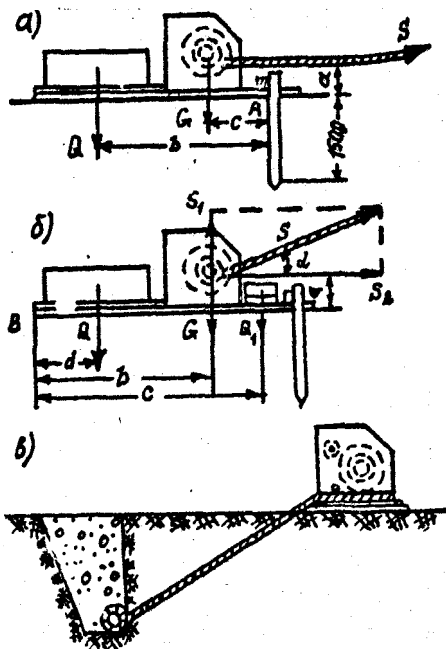


Рис. 1. Крепление лебедок: а - крепление лебедки к свайному якорю; б - крепление лебедки с двумя противовесами; в - крепление лебедки тросом

При креплении лебедки к съезной якорю проверяют раму лебедки на опрокидывание относительно точки А (рис. 1, а) с учетом веса противовеса, расположенного на раме сзади лебедки.

При горизонтальном приложении усилия S к лебедке вес противовеса Q определяют по формуле

$$Q = \frac{1,5 S a + G c}{e},$$

где G - масса лебедки, кг;

a, e, c - параметры, приведенные на схеме (см. рис. 1, а).

При приложении усилия S под углом к горизонту (см. рис. 1, б), кроме загрузки задней части лебедки, может оказаться необходимым загрузка и ее передней части, что определяется расчетом на опрокидывание относительно точки В по формуле

$$1,5 S_1 b = S_2 a + Q_1 c + G c + Q d.$$

Выражая S_1 и S_2 через S , получим

$$Q_1 = \frac{1,5 b \sin \alpha - a S \cos \beta - G c - Q d}{c}.$$

Если при расчетах по этой формуле величина Q_1 окажется положительной, необходима загрузка передней части лебедки.

Устойчивость самоходных кранов

Для безопасной работы, передвижные стреловые краны должны обладать надлежащей устойчивостью, исключая возможность их опрокидывания. Правилами устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов предусматривается проверка монтажных кранов на устойчивость [2].

При расчетах кранов различают устойчивость грузовой, т.е. устойчивость крана от действия полезной нагрузки при возможном опрокидывании его вперед в сто-

рону стрелы и груза, и собственную, т.е. устойчивость крана при отсутствии полезных нагрузок и возможном опрокидывании его назад в сторону противовеса. Расчетная схема устойчивости самоходных кранов приведена на рис. 2.

Грузовая устойчивость самоходного крана должна соответствовать условию

$$K_1 M_r \leq M_n.$$

где K_1 - коэффициент грузовой устойчивости, приймаемый для горизонтального пути без учета дополнительных нагрузок равен 1,4, а при наличии дополнительных нагрузок (ветер, инерционные силы) и влияния наибольшего допускаемого уклона пути - 1,15;

M_r - момент, создаваемый рабочим грузом относительно ребра опрокидывания, Т · м;

M_n - момент всех прочих (основных и дополнительных) нагрузок, действующих на кран относительно того же ребра с учетом наибольшего допускаемого уклона пути, Т · м.

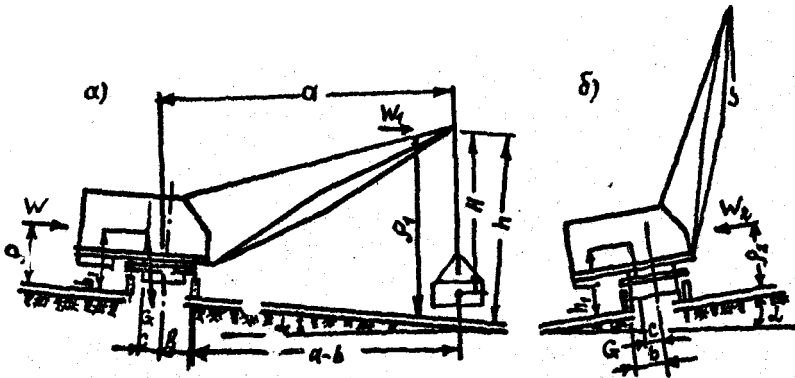


Рис. 2. Расчетная схема устойчивости самоходного крана: а - с грузом; б - без груза

Величину грузового момента M_r определяют по формуле

$$M_r = Q(a - b),$$

где Q - вес наибольшего рабочего груза, кг;
 a - расстояние от оси вращения крана до центра тяжести наибольшего рабочего груза, подвешенного к крюку, при установке крана на горизонтальной плоскости, м;

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

Величину удерживающего момента M_n , возникающего в кране от действия основных и дополнительных нагрузок, находят из выражения

$$M_n = M'_B - M_y - M_{ц.с} - M_n - M_B,$$

где M'_B - восстанавливающий момент от действия собственного веса крана;

$$M'_B = G(b + c) \cos \alpha$$

G - вес крана, кг;

c - расстояние от оси вращения 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_y - момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути;

$$M_y = G h_1 \sin \alpha;$$

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

$M_{ц.с}$ - момент от действия центробежных сил;

$$M_{ц.с} = \frac{Q n^2 a h}{900 - n^2 H}$$

n - число оборотов крана вокруг вертикальной оси, мин;

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 20-30 см);

$M_{и}$ - момент от силы инерции при торможении опускающегося груза;

$$M_{и} = \frac{Q v}{g t} (a - b),$$

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

g - ускорение силы тяжести, равное 9,81 м/с²;

t - время неустановившегося режима работы механизма подъема (время торможения груза), с;

$M_{в}$ - ветровой момент;

$$M_{в} = M_{в.к} + M_{в.г} = W_p + W_{пг}$$

$M_{в.к}$ - момент от действия ветра на кран;

$M_{в.г}$ - момент от действия ветра на подвешенный груз;

W - сила давления ветра, действующего параллельно плоскости, на которую установлен кран, на наветренную площадь крана, кГ;

W_1 - сила давления ветра, действующего параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь груза, кГ;

$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3$ - расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м.

Величину коэффициента грузовой устойчивости крана, не предназначенного для перемещения с грузом, определяют по формуле

$$k_1 = \frac{M_n}{M_r} \geq \frac{G[(b+c)\cos\alpha - h_1 \sin\alpha] - \frac{Qn^2 ak}{900 - n^2 H} - \frac{Qv}{gt}(a-c) - W_p - W_{pr}}{Q(a-c)} \geq 1,15.$$

Если кран предназначен для перемещения с грузом, то при проверке грузовой устойчивости должны учитываться члены $\frac{Gv_1 h_1}{gt}$ и $\frac{Qv_1 h_1}{gt}$, которые последовательно вычитаются из формулы величины удерживающего момента.

Давление ветра на кран W определяют по формуле

$$W = k q F,$$

где k - коэффициент аэродинамического сопротивления; для сплошных балок и ферм прямоугольного сечения $k = 1,49$; для прямоугольных кабин машин, противовесов, оттяжек кранов и т.п. $k = 1,2$, для конструкций из труб диаметром 140-170 мм $k = 0,5$;

q - расчетный набор ветра, кг/м^2 , определяемый по ГОСТ 1451-65;

F - наветренная поверхность крана и груза, м^2 .

При расчете крана на грузовую устойчивость давление ветра для большинства районов страны принимают: для самоходных стреловых кранов 25 кг/м^2 , для высоких башенных монтажных кранов 15 кг/м^2 .

При определении коэффициента собственной устойчивости, а также при расчете противотонных и тормозных устройств расчетный напор ветра q принимают по данным табл. 1 [1].

Для кранов высотой (или усугубляемых на высоте) над поверхностью земли от 20 до 100 м расчетный напор определяют интерполяцией, причем общую высоту крана разбивают на зоны по 20 м, расчетный напор в

Т а б л и ц а 1

Нормативные данные

Место установки крана	Расчетный напор ветра (кг/м ²) на высоте от поверхности земли, м	
	от 0 до 20	100 и более
Берег моря, район Ново- российска, Северный Казах- стан, низовье большой реки	100	180
Все остальные районы СССР	70	150

пределах каждой зоны принимают постоянным и определяют по высоте средней точки зоны [2].

Наветренная поверхность крана определяется площадью, ограниченной контуром крана, и степенью заполнения этой площади элементами решетки

$$F = \alpha F'$$

где F' - площадь, ограниченная контуром крана, м²;
 α - коэффициент заполнения; для сплошных конструкций $\alpha = 1$, для решетчатых конструкций $\alpha = 0,3-0,4$.

Наветренную площадь груза определяют по действительной площади наибольших грузов, поднимаемых краном.

Устойчивость передвижных стреловых кранов без груза определяется уравнением собственной устойчивости

$$K_2 M_0 \leq M_y$$

где K_2 - коэффициент собственной устойчивости;
 M_0 - момент, создаваемый ветровой нагрузкой, кг·м;
 M_y - момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути, кг·м.

Коэффициент собственной устойчивости, т.е. коэффициент устойчивости без рабочего груза в сторону, противоположную стреле, определяют по формуле

$$K_2 = \frac{G[(B-c)\cos d - h_1 \sin d]}{W_2 \rho_2} \geq 1,15,$$

где W_2 - сила давления ветра, действующего параллельно плоскости, на которой установлен кран, на подветренную площадь крана при его нерабочем состоянии, кг;

ρ_2 - расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м.

Устойчивость башенных кранов

Устойчивость башенных кранов проверяют по приведенным выше формулам. Расчетная схема устойчивости башенных кранов приведена на рис. 3.

Числовые значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости определяют при направлении стрелы, перпендикулярном линии опрокидывания, без учета действия рельсовых захватов [2]. Коэффициент собственной устойчивости крана определяют при наименьшем вылете стрелы.

При ураганном ветре кран расчаливают или крепят грузовым полиспастом к якорю (рис. 4).

При расчаливании крана уравнение устойчивости имеет вид:

$$K_2 M_0 \leq M_y + S_r,$$

где K_2 - коэффициент собственной устойчивости, принимаемый равным 1,15;

M_0 - момент, создаваемый ветровой нагрузкой, кг·м;

M_y - момент, создаваемый весом всех частей крана относительно ребра опрокидывания А, с учетом уклона пути в сторону опрокидывания, кг·м;

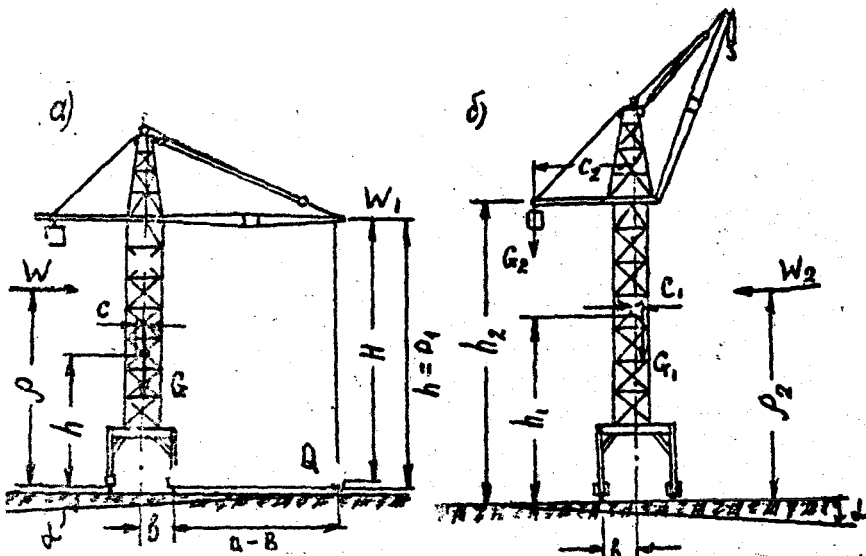


Рис. 3. Расчетная схема устойчивости башенного крана: а - с грузом; б - без груза

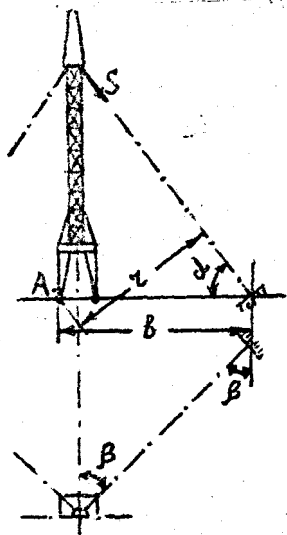


Рис. 4. Расчетная схема усилий в растяжках крана

S - усилие в расчалках, кг;

r - плечо силы, м.

Расчетное давление ветра при урагане принимают по ГОСТ 1451-65.

По известным параметрам можно найти усилие в расчалках по формуле

$$S = \frac{K_2 M_0 - M_y}{r} = \frac{K_2 M_0 - M_y}{B \sin \beta}$$

Усилие в одной расчалке

$$S_1 = \frac{S}{2 \sin \beta}$$

Пример 1.

Проверить грузовую устойчивость с учетом дополнительных нагрузок и уклона пути башенного крана (см. рис. 3) при подъеме груза весом 1 000 кг в соответствии с данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Данные для примера расчета

G, кг	c, м	v, м/с	t, с	W, кг	p, м	W ₁ , кг
20 000	0,25	0,5	5	100	10	50

Продолжение

n, об/мин	h _в , м	H, м	α, град	ε, м	a, м	h ₁ , м	p ₁ , м
0,2	20	20	2	1,75	20	10	20

Подставляя числовые значения в формулу устойчивости, получим

$$= \frac{2000 (1,75 + 0,25) \cos 2^\circ - 10 \sin 2^\circ - \frac{1000 \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 20}{900 - 0,2^2 \cdot 20}}{20 \cdot 100 \cdot 0,5 - 1,75} - \frac{100 \cdot 10 - 50 \cdot 20}{1000 (20 - 1,75)} \quad 1,7 > 1,15$$

Устойчивость жестких стреловых кранов

Устойчивость жестких стреловых кранов обеспечивается путем загрузки балластом рамы крана или креплением его к фундаментам. Расчетная схема устойчивости такого крана приведена на рис. 5. Устойчивость рассчитывают для случая наиболее опасного положения стрелы в плоскости одного из подкосов [2].

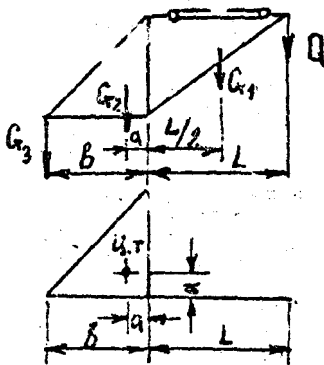


Рис. 5. Расчетная схема устойчивости жесткого стрелового крана

Уравнение грузовой устойчивости крана имеет вид:

$$G_3 b = G_2 a - G_1 \frac{L}{2} - M_B \geq K Q L,$$

где G_3 - вес противовеса или опорная реакция, кг;

a, b - плечи сил, м;

G_2 - полный вес рамы крана, кг;

G_1 - вес стрелы и стрелового полиспаста, кг;

L - наибольший вылет стрелы, м;

M_B - момент от действия ветра на поверхность крана и груза, кг · м;

K - коэффициент собственной устойчивости,

принимаемый для кранов грузоподъемностью до 30 т не менее 1,5; для кранов грузоподъемностью свыше 30 т не менее 1,4;

Q - предельный груз, поднимаемый краном при наибольшем вылете стрелы, с учетом веса грузового полиспаста, кг.

Решив уравнение относительно G_3 , находят вес противовеса или опорную реакцию в случае установки крана на фундаменты. Опорная реакция воспринимается анкерными болтами. Если кран перемещается по ранее смонтированным конструкциям, раму крана закрепляют на них.

Устойчивость козловых кранов

Проверку устойчивости козловых кранов на опрокидывание производят в нерабочем положении при действии ураганного ветра вдоль пути [2]. Расчетное давление ветра принимают по ГОСТ 1451-65.

Уравнение устойчивости относительно точки опрокидывания O (рис. 6) имеет вид:

$$K = (W_1 h_1 + W_2 h_2 + \dots + W_n h_n) \leq (G_1 + G_2) a + 2 G_3 (b + c),$$

где K - коэффициент собственной устойчивости, принимаемый равным 1,15;

W_1, \dots, W_n - сила давления ветра на отдельные части конструкции крана, кг;

G_1 - вес портала, кг;

G_2 - вес тележки и грузового полиспаста, кг;

G_3 - вес противовеса на одной тележке, кг;

a, b, c, h_1, \dots, h_n - плечи сил относительно точки опрокидывания, м.

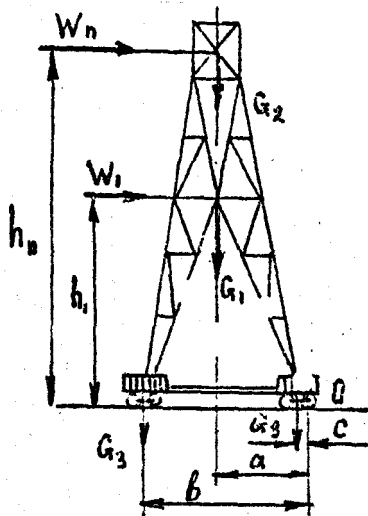


Рис. 6. Расчетная схема устойчивости козлового крана

Пример 2.

Проверить устойчивость козлового крана грузоподъемностью 20 т.

Вес ригеля крана 12 т, вес машинного помещения 5 т, вес грузового тележки 2 т, вес поднимаемого груза 20 т. Расчетная схема крана приведена на рис. 7.

Для решетчатой конструкции крана принимаем $d = 0,35$; $K = 1,5$; $q = 25 \text{ кн/м}^2$.

Площадь ригеля крана

$$F'_1 = 2(20 + 4) = 48 \text{ м}^2.$$

Сила давления ветра на ригель крана

$$W_1 = W q d F'_1 = 1,5 \cdot 25 \cdot 0,35 \cdot 48 = 6,63 \text{ Т.}$$

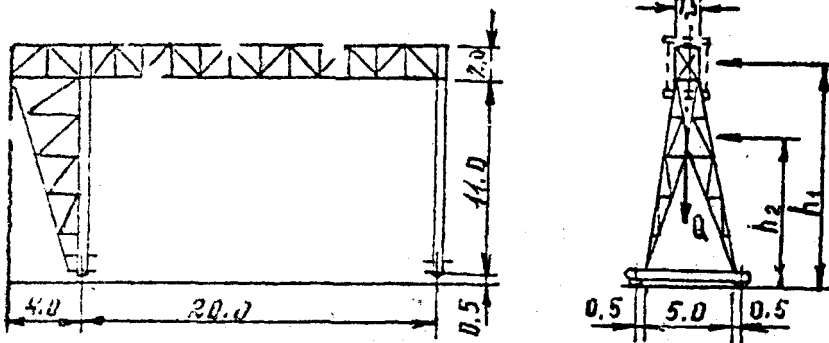


Рис. 7. Расчетная схема козлового крана к примеру 2.

Площадь жесткой ноги

$$F'_2 = 4 \cdot 11 \cdot \frac{1}{2} = 22 \text{ м}^2.$$

Сила давления ветра на жесткую ногу

$$W_2 = K_q \cdot F'_2 = 1,5 \cdot 25 \cdot 0,35 \cdot 22 = 0,29 \text{ Т.}$$

Усилие при торможении крана, передвигающегося с грузом

$$T = 0,1 Q = 0,1 \cdot 39 = 3,9 \text{ Т,}$$

где Q - вес крана с грузом; $Q = 2+20+12+5 = 39 \text{ т.}$

При действии ветровой нагрузки кран будет стремиться опрокинуться вокруг колеса.

Расстояние от рельса до центра тяжести ригеля:

$$h_1 = 0,5 + 11 \cdot \frac{1}{2} = 12,5 \text{ м.}$$

Расстояние от рельса до центра тяжести жесткой ноги

$$h_2 = 0,5 + \frac{2}{3} \cdot 11 = 7,8 \text{ м.}$$

Опрокидывающий момент от силы давления ветра на ригель

$$M_1 = W_1 h_1 = 0,63 \cdot 12,5 = 7,87 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Опрокидывающий момент от силы давления ветра на жесткую ногу

$$M_2 = W_2 h_2 = 0,29 \cdot 7,8 = 2,26 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Опрокидывающий момент от инерционных сил, возникающих при торможении, полагая, что силы действуют по оси ригеля

$$M_3 = T h_1 = 3,9 \cdot 12,5 = 48,75 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Суммарный опрокидывающий момент

$$M_{\text{опр}} = M_1 + M_2 + M_3 = 7,87 + 2,26 + 48,75 = 58,88 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Расчетный удерживающий момент

$$M_{\text{уд}} = Q h_3 = 39 \cdot 3 = 117 \text{ Т} \cdot \text{м},$$

где $h_3 = 0,66$ — плечо момента, равное половине расстояния между колесами.

Коэффициент грузовой устойчивости

$$k_1 = \frac{M_{\text{уд}}}{M_{\text{опр}}} = \frac{117}{58,88} \approx 2 > 1,4 \text{ (допускаемый).}$$

Произведем проверку козлового крана на собственную устойчивость в нерабочем положении при действии ураганного ветра силой 70 кг/м^2 при аэродинамическом коэффициенте обдувания $1,4 q_1 = 1,4 \cdot 70 \approx 100 \text{ кг/м}^2$.

Опрокидывающий момент от действия ветра

$$M_B = \frac{(M_1 + M_2) 100}{25} = \frac{7,87 + 2,26}{25} \cdot 100 = 40 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Удерживающий момент при собственном весе крана $Q = 19 \text{ т}$

$$M'_{\text{уд}} = Q h_3 = 19 \cdot 3 = 57 \text{ Т} \cdot \text{м}.$$

Коэффициент собственной устойчивости

$$k_2 = \frac{M'_{\text{уд}}}{M_B} = \frac{57}{40} = 1,42 > 1,15.$$

В действительности коэффициент устойчивости крана будет несколько меньше, так как при расчете надо учитывать давление ветра на гибкую ногу поднимаемый

груз, а при определении опрокидывающего момента для каждой силы брать свое плечо [2].

С п и с о к л и т е р а т у р ы

1. З о л о т н и ц к и й Н.Д., П ч е л и н ц е в В.А., Охрана труда в строительстве. - М.: Высш. шк., 1978.
 2. Инженерные решения по технике безопасности в строительстве / И.Д.Золотницкий и др. - М.: Стройиздат, 1969.
 3. К о р о т е е в Д.В., Н о в а к А.П. Предупреждение характерных аварий и несчастных случаев в строительстве. - М.: Стройиздат, 1974.
 4. Охрана труда в транспортном строительстве / Б.Л.Вучетич и др. - М.: Транспорт, 1972.
-

СОДЕРЖАНИЕ

Общие положения	3
Расчет устойчивости грузоподъемных механизмов	8
Устойчивость лебедок	8
Устойчивость самоходных кранов	9
Устойчивость башенных кранов	15
Устойчивость жестких стреловых кранов	17
Устойчивость козловых кранов	18
Список литературы	22

Галина Ивановна Шатунова,
Виктор Михайлович Шишканов

РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ
ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Методические указания
к выполнению дипломных проектов
по разделу

"Охрана труда"

Редактор Г.В.Ш а б а л и н а
Техн. редактор Н.Н.В а с и л ь е в а
Корректор М.Б.О с т а п о в и ч