

Подбор технических
характеристик кранов
для монтажных работ и
грузоподъемных
механизмов

Уразбахтина Эльвира

4 МТ01

- **Кран грузоподъемный** - грузоподъемная машина, оснащенная стационарно установленными грузоподъемными механизмами.
- **Момент грузовой** - произведение величин грузоподъемности и соответствующего вылета от ребра опрокидывания.
- **Момент грузовой опрокидывающий** - произведение величин грузоподъемности и соответствующего вылета от ребра опрокидывания.
- **Общая масса** - полная масса крана в заправленном состоянии с балластом и противовесом.
- **Вылет стрел** - расстояние по горизонтали от оси вращения поворотной части до вертикальной оси грузозахватного органа при установке крана на горизонтальной площадке.
- **Вылет рабочий** - вылет, определенный с грузом на крюке.

Устойчивость крана - способность крана противодействовать опрокидывающим моментам.

Причинами, влияющими на потерю устойчивости кранов, следствием которой является опрокидывание крана, являются:

- неподготовленность площадки, на которой работает кран;
- установка крана на площадке, имеющий уклон, превышающий допустимый, указанный в паспорте крана;
- неисправность кранового пути;
- перегрузка крана, возникающая при подъеме груза неизвестной массы или массы, превышающей допустимую грузоподъемность крана;
- подъем груза при скорости ветра более 10-15 м/с и др.

Предельный угол наклона крана - сумма угла наклона площадки и угла осадки крана.

Предельный угол наклона грузоподъемного крана ($a_{\text{общ}}$), при котором обеспечивается его устойчивость, составляет не более 3° . Величина $a_{\text{общ}}$ зависит от массы крана, размеров рабочего оборудования и модуля деформации грунта, на котором установлен кран. Поэтому

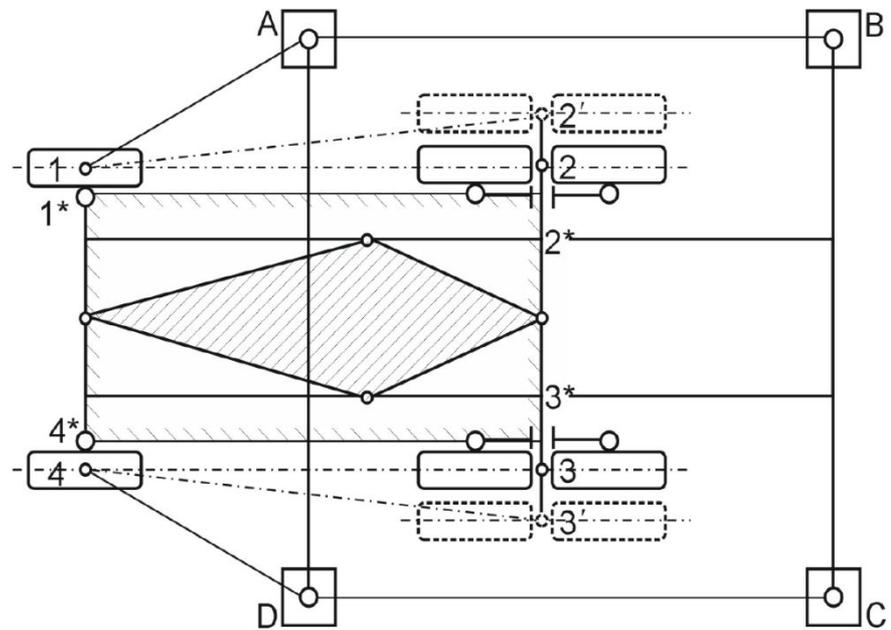
$$a_{\text{общ}} = a_1 + a_2 \leq 3^\circ$$

где a_1 -угол наклона площадки, а a_2 -угол осадки крана

Расчет устойчивости крана производится с учетом того, что во время работы на свободно стоящий грузоподъемный кран воздействуют:

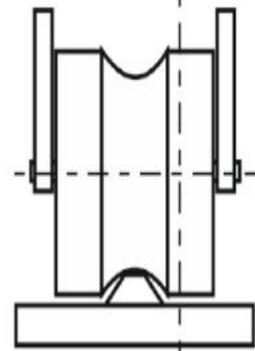
- масса крана;
- масса поднимаемого груза;
- инерционные силы, возникающие в периоды пуска и торможения механизмов;
- сила ветра, его скорость и направление;
- центробежная сила, возникающая при вращении поворотной части крана.

■ **Опорный контур** - контур, образуемый горизонтальными проекциями прямых линий, соединяющих вертикальные оси опорных элементов крана.



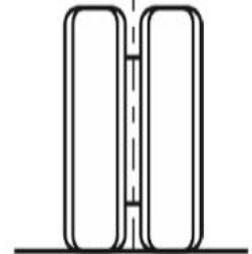
■ **Ребро опрокидывания** - прямая линия, проведенная между центрами контакта опорных поверхностей опорного контура, относительно которой происходит опрокидывание крана.

Ребро опрокидывания



Гусеничный ход

Ребро опрокидывания



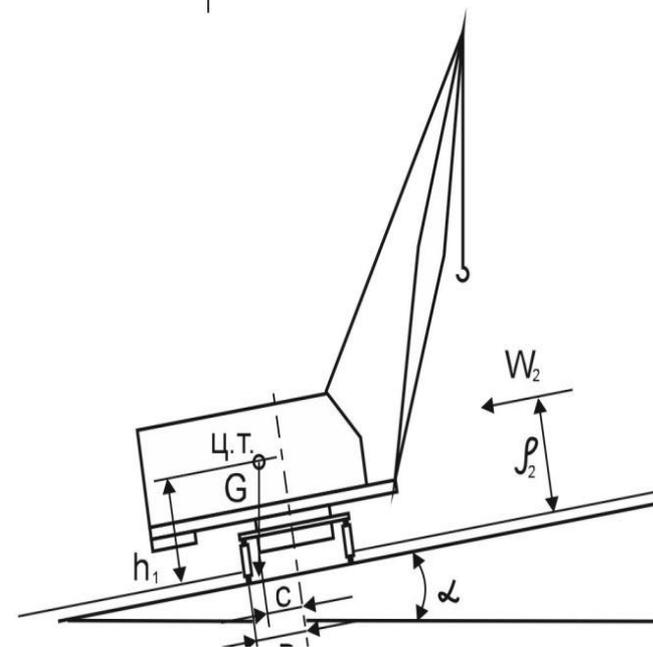
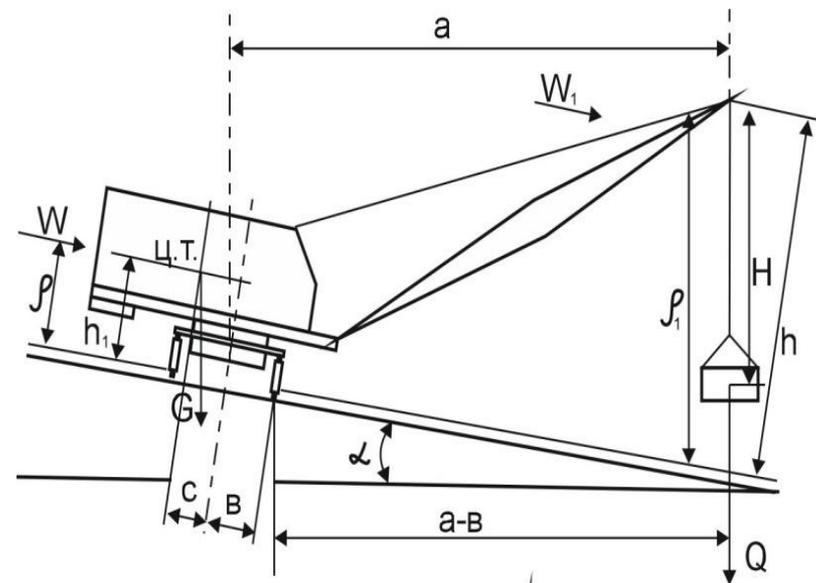
Пневмоколесный ход

Обязательным условием, обеспечивающим грузоподъемную устойчивость грузоподъемного крана, является

$$M_p > M_g,$$

где M_p – момент всех основных и дополнительных нагрузок, действующих на кран относительно ребра опрокидывания с учетом наибольшего допустимого уклона пути, Н·м;

M_g – момент, создаваемый рабочим грузом относительно ребра опрокидывания, Н·м.



Коэффициент грузовой устойчивости (K_1) – это отношение момента, создаваемого массой всех частей крана с учетом ветровых и инерционных нагрузок и уклона площадки, к моменту, создаваемому рабочим грузом относительно ребра опрокидывания в процессе работы и на уклоне пути, коэффициент грузовой устойчивости определяется из двух положений стрелы крана: перпендикулярно ребру опрокидывания и под углом 45° к нему. В этом случае минимальная величина $K_1 = 1.15$.

Без учета дополнительных нагрузок и уклона пути $K_1 = 1.4$. Степень устойчивости крана в нерабочем состоянии определяется коэффициентом собственной устойчивости.

Коэффициент собственной устойчивости (K_2) – это отношение момента, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом уклона рабочей площадки в сторону опрокидывания, к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой относительно того же ребра опрокидывания. Минимальная величина $K_2 = 1.15$.

Расчет устойчивости стрелового самоходного грузоподъемного крана

Задача . Проверить грузовую и собственную устойчивости стрелового крана.

Грузовая устойчивость стрелового крана обеспечивается при условии:

$$K_1 = \frac{G * [(b + c) * \cos \alpha - h_1 * \sin \alpha] - \frac{Q * n^2 * a * h}{900 - n^2 * H} - W_p - W_{1p1}}{Q * (a - b)} > \frac{M_{\Pi}}{M_{\Gamma}}$$

где M_{Π} – удерживающий момент, $H \cdot м$;

M_{Γ} – опрокидывающий момент, $H \cdot м$.

1. Определяется опрокидывающий (грузовой) момент:

$$M_{\Gamma} = Q * (a - b), Н \cdot м$$

где Q – вес наибольшего рабочего груза, H ;

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 до ребра опрокидывания, $м$.

$$M_{\Gamma} = 165550 * (7 - 2.3) = 778085 Н \cdot м$$

2. Определяется удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок по формуле:

$$M_{\Pi} = M_{\text{в}}^* - M_y - M_{\text{ц,с}} - M_{\text{и}} - M_{\text{в}}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

где $M_{\text{в}}^*$ – восстанавливающий момент от действия собственного веса крана:

$$M_{\text{в}}^* = G * (b + c) * \cos a, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

Момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути (M_y), определяется по формуле

$$M_y = G * h_1 * \sin a, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

Момент от действия центробежных сил ($M_{\text{ц,с}}$):

$$M_{\text{ц,с}} = \frac{(Q * n^2 * a * h)}{900 - n^2 * H}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

Момент от силы инерции при торможении опускающегося груза ($M_{\text{и}}$):

$$M_{\text{и}} = \frac{Q * V * (a - b)}{g * t}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

Ветровой момент ($M_{\text{в}}$):

$$M_{\text{в}} = M_{\text{в.к}} + M_{\text{в.г}} = W_p + W_{1p1}, \text{ Н} \cdot \text{ м}$$

где $M_{\text{в.г}}$ – момент от действия ветровой нагрузки на подвешенный груз, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

$M_{\text{в.к}}$ – момент от действия ветровой нагрузки на кран, $\text{Н} \cdot \text{м}$;

W – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, Н ;

$W1$ – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь груза, Н ;

$\rho = h_1$ и $\rho = h$ – расстояния от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м .

$$W = g_H^c * F, \text{ н}$$

где F – наветренная поверхность крана, м²;

g_H^c – статическая составляющая ветровой нагрузки, Па (Н/м²):

$$g_H^c = g_0 * K_g * C_a * n_{\text{пер}}, \text{ Н/м}^2$$

где g_0 – скоростной напор (динамическое давление), принимаемый в зависимости от района строительства (см. табл. 1), Н/м²;

K_g – коэффициент, учитывающий изменение скоростного напора по высоте, принимаемый с учетом типа местности (см. табл. 2);

C_a – аэродинамический коэффициент сопротивления (для сплошных балок и ферм прямоугольного сечения $C_a = 1,49$; для прямоугольных кабин машинистов, противовесов, оттяжек кранов и т. п. $C_a = 1,2$, для конструкций из труб диаметром 170 мм $C_a = 0,7$ и диаметром 140–170 мм $C_a = 0,5$); $n_{\text{пер}}$ – коэффициент перегрузки ($n_{\text{пер}} = 1,1$ для нерабочего состояния крана; $n_{\text{пер}} = 1,0$ для рабочего состояния).

Район строительства	I	II	III	IV	V	VI	VII
Скоростной напор g_0 , Па (Н/м ²)	270	350	450	550	700	850	1000

Район строительства	Значение K_g при высоте над поверхностью земли						
	10	20	40	60	100	200	350
Открытая местность	1	1,25	1,55	1,75	2,1	2,6	3,1
Местность покрытая препятствиями высотой более 10 м	0,65	0,9	1,2	1,45	1,8	2,45	3,1

Наветренная поверхность крана (F) определяется по формуле

$$F = F_1 * a_{зап}^1 + F_2 * a_{зап}^2, \text{ м}^2$$

где F_1 – наветренная площадь контура, ограниченная кабиной крана, противовесом (сплошным габаритом крана), м^2 ;

F_2 – наветренная площадь контура стрелы крана, м^2 ;

$a_{зап}^1 = 1$ – коэффициент заполнения для сплошных конструкций

$a_{зап}^2 = 0.3 - 0.4$ – для решетчатых конструкций крана (стрелы).

Ветровая нагрузка, действующая на наветренную сторону груза, определяется по формуле:

$$W_1 = g^c * F^*, \text{ Н}$$

где $F_{груза}^*$ – наветренная площадь груза,

Значение $F_{груза}^*$ в зависимости от номинального веса груза

$Q, \text{ Т}$	$F_{груза}^*, \text{ м}^2$	$Q, \text{ Т}$	$F_{груза}^*, \text{ м}^2$	$Q, \text{ Т}$	$F_{груза}^*, \text{ м}^2$
0,05	0,5	1,25	3,2	12,50	12,0
0,10	0,8	1,60	3,6	16,00	14,00
0,20	1,0	2,00	4,4	20,00	16,00
0,25	1,4	2,50	5,0	25,00	18,00
0,32	1,6	3,20	5,6	32,00	20,00
0,40	1,8	4,00	6,3	40,00	22,00
0,50	2,0	5,00	7,1	50,00	25,00
0,63	2,2	6,30	8,0	63,00	28,00
0,80	2,5	8,00	9,0	80,00	32,00
1,00	2,8	10,00	10,0	100,00	36,00

2. Определяется удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок по формуле:

$$M_{\Pi} = 1143348.068 - 21878.955 - 16713.55 - 16996.18 - 19728.36 = 1068031.02 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Восстанавливающий момент от действия собственного веса крана:

$$M_B^* = 439900 * (2.3 + 0.3) * \cos 1.5 = 1143348.068 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути:

$$M_y = 439900 * 1.9 * \sin 1.5 = 21878.955 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент от действия центробежных сил ($M_{ц.с}$):

$$M_{ц.с} = \frac{(165550 * 1^2 * 7 * 12.8)}{900 - 1^2 * 12.5} = 16713.55 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент от силы инерции при торможении опускающегося груза (M_u):

$$M_{и} = \frac{165550 * 1.5 * (7 - 2.3)}{9.81 * 7}, = 16996.18 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент от действия ветровой нагрузки:

$$M_B = M_{B.к} + M_{B.г} = 5148.36 + 14580 = 19728.36 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран:

$$W = 324 * 15.89 = 5148.36 \text{ н}$$

Статическая составляющая ветровой нагрузки:

$$g_H^c = 270 * 1 * 1.2 * 1 = 324 \text{ Н/м}^2$$

Наветренная поверхность крана (F) определяется по формуле

$$F = 12.8 * 1 + 10.3 * 0.3 = 15.89 \text{ м}^2$$

Ветровая нагрузка, действующая на наветренную сторону груза, определяется по формуле:

$$W_1 = 324 * 45 = 14580 \text{ н}$$

3. Определяется коэффициент грузовой устойчивости крана, не предназначенного для перемещения с грузом, по формуле:

$$K_1 = \frac{M_n}{M_r} > 1.15$$
$$K_1 = \frac{M_n}{M_r} = \frac{1068031.02}{778085} = 1.37 > 1.15$$

4. Определяется коэффициент собственной устойчивости стрелового крана (коэффициента устойчивости без рабочего груза, в сторону, противоположную стреле) по формуле:

$$K_2 = \frac{G * (b - c) * \cos \alpha - h_1 * \sin \alpha}{W_2 * p_2} > 1.15$$

где W_2 – ветровая нагрузка, действующая параллельно плоскости, на которой установлен кран, на подветренную площадь крана при нерабочем состоянии, Н;
 p_2 – расстояние от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки, м ($p_2 = h_1$)

$$W_2 = g_H^c * F^*, \text{ Н}$$
$$g_H^c = g_0 * K_g * C_a * n_{\text{пер}}, \text{ Н/м}^2$$

$$F^* = F_1^* * a_{\text{зап}}^1 + F_2^* * a_{\text{зап}}^2, \text{ м}^2$$

где F^* – подветренная площадь контура крана, м²;

F_1^* – подветренная поверхность площади крана, ограниченная сплошным габаритом;

F_2^* – подветренная поверхность контура стрелы крана, м².

динамическое давление (g_0) и скорость ветра для перемещения составных крана на высоте 10 м над поверхностью земли, вне зависимости от района установки, но с учетом назначения крана, принимается по табл. 4

Значения V и g_0^1

Назначение кранов	Скорость ветра, V , м/с	Динамическое давление, g_0^1 , Па (Н/м ²)
Краны: строительные, монтажные, для полигонов железобетонных изделий, штучных грузов, а также стреловые самоходные общего назначения	14,0	125

$$K_2 = \frac{439900 * (2.3 - 0.3) * \cos 1.5 - 1.9 * \sin 1.5}{2090.88 * 1.9} = 15.67 > 1.15$$

$$W_2 = 165 * 12.672 = 2090.88 \text{ Н}$$

$$g_H^c = 125 * 1 * 1.1 * 1.2 = 165 \text{ Н/м}^2$$

$$F^* = 10.2 * 1 + 8.264 * 0.3 = 12.672 \text{ м}^2$$

5. Оценивается грузовая и собственная устойчивость самоходного грузоподъемного крана, делаются выводы.