

1 ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ «РАСЧЕТ ГРУЗОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ САМОХОДНОГО СТРЕЛОВОГО КРАНА»

1.1. Порядок расчета кранов на грузовую устойчивость

При расчетах кранов различают устойчивость грузовую, т.е. устойчивость крана при действии полезных нагрузок при возможном его опрокидывании вперед в сторону стрелы и груза, и собственную устойчивость при отсутствии полезных нагрузок и возможном его опрокидывании в сторону противовеса.

Грузовая устойчивость самоходного крана обеспечивается при условии

$$K_1 \geq \frac{M_n}{M_z} \quad (1)$$

где K_1 - коэффициент грузовой устойчивости, принимаемый для горизонтального пути без учета дополнительных нагрузок равным 1,4; при наличии дополнительных нагрузок (ветра, инерционных сил) и влияния наибольшего допускаемого уклона пути – 1,15;

M_r – момент, создаваемый рабочим грузом относительно ребра опрокидывания, Н· м; M_n – момент всех прочих (основных и дополнительных) нагрузок действующих на кран относительно того же ребра с учетом наибольшего допускаемого уклона пути, Н· м.

Грузовой момент определяется по формуле

$$M_z = Q(a - b), \quad (2)$$

где Q – вес наибольшего рабочего груза, Н;

a – расстояние от плоскости проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания, до центра тяжести подвешенного наибольшего рабочего груза при установке крана на горизонтальной плоскости (при расположении стрелы перпендикулярно ребру опрокидывания ($a = l$);

b – Расстояние от оси вращения до ребра опрокидывания;

Удерживающий момент, возникающий от действия основных и дополнительных нагрузок:

$$M_n = M_g^1 - M_y - M_{u.c.} - M_u - M_e \quad (3)$$

где M_g^1 - восстанавливающий момент от действия собственного веса крана:

$$M_g^1 = G(b + c) \cos \alpha \quad (4)$$

где G – вес крана, Н;

c – Расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания до центра тяжести крана, м;

α – Угол наклона крана, град. (для передвижных стреловых кранов, $\alpha=3^\circ$ при работе без выносных пор 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).

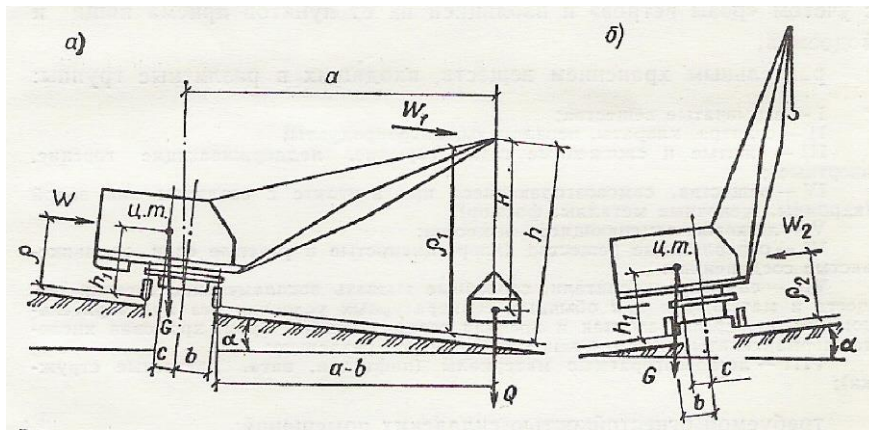


Рисунок 1 - Расчетная схема грузовой (а) и собственной (б) устойчивости самоходного крана.

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

$$M_y = G h_1 \sin \alpha \quad (5)$$

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

Момент от действия центробежных сил:

$$M_{u.c.} = Q n^2 a h / (900 - n^2 H) \quad (6)$$

где n - число оборотов крана в 1 мин, мин^{-1} ;

h - Расстояние от головки стрелы до плоскости, проходящей через точки опорного контура, м;

H - Расстояние от головки стрелы до центра тяжести подвешенного груза (при проверке на устойчивость груз поднимают над уровнем земли на 20-30 см), м;

Момент от силы инерции при торможении опускающегося груза:

$$M_u = Q v (a - b) / g t \quad (7)$$

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

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

t - Время неустановившегося режима работы механизма подъема во время пуска, торможения, с;

Ветровой момент:

$$M_e = M_{e.k.} + M_{e.z.} = W \rho + W_1 \rho \quad (8)$$

где $M_{e.k.}$ - момент от действия ветровой нагрузки на подвешенный груз;

W - Давление ветра, действующее перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь крана, Па;

W_1 - давление ветра, действующего перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно плоскости, на которой установлен кран, на наветренную площадь груза, Па;

$\rho=h_1$ и $\rho_1=h$ – расстояния от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки.

Давление ветра на кран

$$W = q_n^c F \quad (9)$$

где F - наветренная поверхность крана, м²;

q_n^c - статическая составляющая ветровой нагрузки, н/м²;

$$q_n^c = q_0 K_c \quad (10)$$

где q_0 – скоростной напор, принимаемый в зависимости от района размещения крана.

Таблица 1 - скоростной напор в районе строительства (размещения крана)

Район строительства	I	II	III	IV	V	VI	VII
Скоростной напор q , Па	270	350	450	550	700	850	1000

При расчете грузовой устойчивости кранов давление ветра для большинства районов принимают величиной 250 Па.

Наветренная поверхность крана F определяется площадью, ограниченной контуром крана F' и степенью заполнения этой площади элементами решетки α :

$$F = F' \alpha \quad (11)$$

где α – коэффициент заполнения (для сплошных конструкций $\alpha = 1$, для решетчатых конструкций $\alpha = 0,3 \dots 0,4$).

В конечном счете, коэффициент грузовой устойчивости определяют по формуле:

$$K_1 = \frac{M_e^1 - M_y - M_{u.c.} - M_u - M_e}{M_z} \geq 1.15 \quad (12)$$

1.2 Пример расчета крана на грузovou устойчивость. Устойчивость башенных кранов проверяют по тем же формулам, что и для самоходных кранов.

Проверить грузovou устойчивость башенного крана с учетом дополнительных нагрузок и уклона пути при подъеме груза весом $Q = 10$ кН. Исходные данные: $G=20$ кН; $c=0,25$ м; $v= 0,5$ м/с; $t= 5$ с; $W=100$ Па; $\rho =10$ м; $W_1=50$ Па; $n=0,2$ мин⁻¹; $h=20$ м; $\alpha=2^\circ$; $b=1,75$ м; $a=20$ м; $h_1= 10$ м; $\rho_1=20$ м; $H =20$ м.

Решение.

1) Определим по ф-ле (2) действующий на кран грузовой момент $M_z = Q(a - b), = 10\ 000 (20 - 1,75) = 182500$ Н·м

2) Восстанавливающий момент от действия собственного веса крана по формуле (4)

составит:

$$M_e^1 = G(b+c)\cos\alpha = 15\,000(1,75+2,5) = 29970\text{ Н}$$

3) Момент, возникающий от действия собственного веса крана при уклоне пути по ф-ле (5):

$$M_y = Gh_1 \sin\alpha = 20\,000 \cdot 10 \cdot 0,0348 = 6979\text{ Н} \cdot \text{м}$$

4) Момент от действия центробежных сил по формуле (6) составит:

$$M_{u.c.} = Qn^2 ah / (900 - n^2 H) = 10\,000 \cdot 0,2^2 \cdot 20 \cdot 20 / (900 - 0,2^2 \cdot 20) = 177,9\text{ Н} \cdot \text{м}$$

5) По ф-ле (7) момент от силы инерции при торможении опускающегося груза:

$$M_u = Qv(a-b) / gt = 10\,000 \cdot 0,5 \cdot (20-1,75) / 9,81 \cdot 5 = 1860\text{ Н} \cdot \text{м}$$

6) Ветровой момент по ф-ле (8) составит:

$$M_w = M_{w.k.} + M_{w.z.} = W\rho + W_1\rho = 100 \cdot 10 + 50 \cdot 20 = 2000\text{ Н} \cdot \text{м}$$

7) Коэффициент грузовой устойчивости по ф-ле (12) составит:

$$K_1 = \frac{M_n}{M_z} = \frac{299700 - 6979 - 177,9 - 1860 - 2000}{182500} = 1,57$$

Вывод: так как $K_1 > 1,15$ грузовая устойчивость обеспечена.

1.3 Задание на расчет

Проверить грузовую устойчивость самоходного крана с учетом дополнительных нагрузок и уклона пути при подъеме груза. Принять уклон пути, на котором установлен кран равным $\alpha=2^\circ$; $\rho=h_1$ и $\rho_1=h$ – расстояния от плоскости, проходящей через точки опорного контура, до центра приложения ветровой нагрузки (см. таблицу 2), скорость подъема груза во всех случаях $v=1,5$ м/с, время неустановившегося режима работы механизма подъема во время пуска, торможения $t=5$ с; число оборотов крана $n=0,2$ мин⁻¹. Остальные исходные данные для расчета приведены в таблице 2. Вариант задания определяется последним номером зачетной книжки студента.

Таблица 2- варианты заданий

№ варианта	Вес груза, Q , кН	Вес крана, G , кН	Расстояние от плоскости, проходящей через центр вращения крана			Давление ветра, на наветренную площадь крана, W , Па	Давление ветра, на наветренную площадь груза, W_l , Па	Расстояние от головки стрелы до центра тяжести груза, H , м	Расстояние от головки стрелы до плоскости, проходящей через точку	Расстояние от ц. т. крана до плоскости, проходящей через точку
			до центра тяжести подвешенного груза, a , м.	до ребра опоры крана, b , м	до центра тяжести крана, c , м					
1	6	12	16	1,55	0,16	85	40	16	16	8,0
2	7	14	17	1,60	0,17	90	45	17	17	8,5
3	8	16	18	1,65	0,18	95	50	18	18	9,0
4	9	18	19	1,70	0,19	100	55	19	19	9,5
5	10	20	20	1,75	0,20	105	60	20	20	10,0
6	11	20	21	1,80	0,21	110	65	21	21	10,5
7	12	20	22	1,85	0,22	115	70	22	22	11,0
8	13	20	23	1,90	0,23	120	75	23	23	11,5
9	14	20	24	1,95	0,24	125	80	24	24	12,0
10	5	10	15	1,50	0,15	80	35	15	15	7,5