

Методические указания по расчету устойчивости стреловых самоходных кранов с телескопической стрелой

РД 36.22.17-08

Продолжение. Начало в журнале «Все краны» №2/28 март-апрель 2009 и №3/29 май-июнь 2009.

ОАО «ВКТИмонтажстроймеханизация», г. Москва:
канд. техн. наук. **Гудков Ю.И., Лебедев В.М., Цаллагова И.В.**
ООО НПП «ЭГО», г. Москва: канд. техн. наук. **Федоров И.Г.**, канд. техн. наук.
Каминский Л.С., Пятницкий И.А., канд. техн. наук. **Алексанкин В.А.**

4. Расчет устойчивости

Устойчивость крана обеспечивается при выполнении условия

$$k \cdot M_o^H \leq m_o \cdot M_y, \text{ где (4.1)}$$

M_o^H – опрокидывающий момент от нормативных составляющих нагрузок, кН·м, действующих на кран, относительно принятого ребра опрокидывания;

M_y – удерживающий момент крана, кН·м, относительно принятого ребра опрокидывания;

m_o – коэффициент условий работы;

k – коэффициент перегрузки, учитывающий влияние случайных составляющих нагрузок, действующих на кран.

Мерой устойчивости является коэффициент устойчивости крана, вычисляемый по формуле

$$k_y = \frac{m_o \cdot M_y}{k \cdot M_o^H} \quad (4.2)$$

Если выполняется условие $k_y \geq 1$, то кран устойчив.

Для расчета могут задаваться следующие начальные условия:

1) задается предельная номинальная грузоподъемность крана с основной стрелой без гуська только для одного вылета (минимальная длина стрелы, минимальный вылет;

2) задается грузоподъемность в зависимости от вылета для всех типов стрел без гуська (Q1) и для вспомогательного подъема на всех гуськах всех типов (Q2), в зависимости от угла наклона стрелы к горизонту.

Последовательность расчета. Устойчивость рассчитывается по следующей схеме.

Последовательно для каждого значения угла φ , начиная с первого и т.д., устойчивость рассчитывается последовательно для каждой стрелы, начиная с первой и т.д., для каждого заданного вылета, начиная с наименьшего. При этом, расчет устойчивости ведется, начиная со стрелы без гуська, для всех видов рабочего оборудования, с возрастанием номера (длины) стрелы и с возрастанием номера (длины) гуська.

Для расчета используются заданные значения грузоподъемности. Если грузоподъемность не задана (по критериям прочности), то используется следующий алгоритм.

1. Задается максимальная грузоподъемность крана. Если один из коэффициентов устойчивости меньше 1, выполняется итерационное уменьшение грузоподъемности по схеме: первые шаги вычисляют с уменьшением грузоподъемности на 10% до тех пор, пока коэффициенты устойчивости окажутся все больше 1, предпоследнее значение гру-

зоподъемности уменьшается с шагом 1%, до получения всех коэффициентов больше 1. На этом расчет устойчивости данной точки характеристики прекращается. Для каждой следующей стрелы в качестве начального значения грузоподъемности используется значение наибольшей грузоподъемности предыдущей стрелы. Одновременно вычисляется значение допустимой грузоподъемности по условиям прочности грузовых канатов.

2. Если грузоподъемность не задается, тогда задаются разрывное усилие грузового каната в целом и запас прочности каната. Тогда для каждого типа запасовки и каждой крюковой подвески грузоподъемность определяется

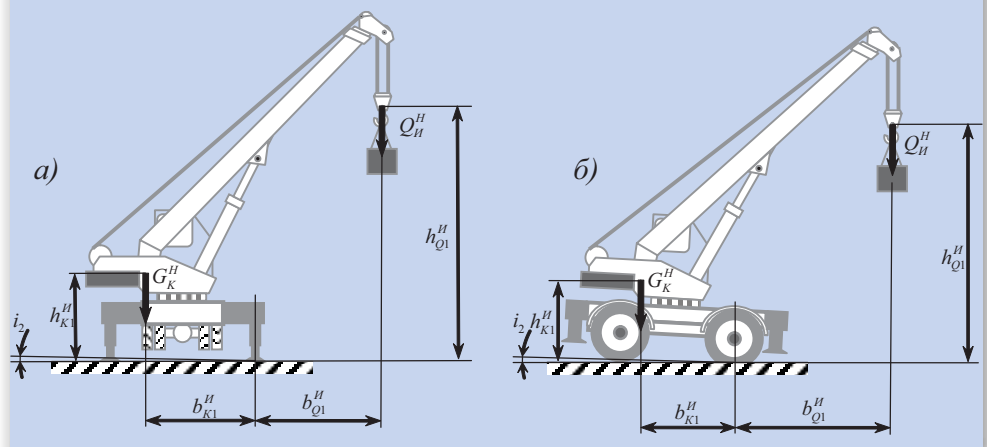
$$Q = \frac{F_o \cdot N}{Z_p} - G_{кр}, \text{ где (4.3)}$$

F_o – разрывное усилие каната в целом, Н;

Z_p – минимальный коэффициент использования каната (коэффициент запаса прочности);

N – запасовка;

РИСУНОК 4.1. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК



$G_{кр}$ – вес крюковой обоймы.
Если груз при заданном вылете находится внутри опорного контура – расчет данной точки не выполняется. Груз находится внутри опорного контура, если выполняется условие

$$(L_Q - l) \leq 0 \quad (4.4)$$

Если в результате расчета устанавливается, что вес поднимаемого груза должен быть по критериям устойчивости меньше 0, тогда дальнейший расчет для данной точки не производится.

4.1. Расчет устойчивости при испытательных нагрузках (сочетание нагрузок №1)

Расчет производится в соответствии с расчетными схемами (Рисунок 4.1).

Коэффициент перегрузки для испытанных нагрузок принимается $k=1$.

Удерживающий момент крана относительно ребра опрокидывания

$$M_Y = G_K^H \cdot b_{K1}^H \quad (4.5)$$

4.1.1. Статические испытания

Нормативный опрокидывающий момент от испытательной нагрузки

$$M_Q^H = Q_C^H \cdot b_{Q1}^H \quad (4.6)$$

Нормативный опрокидывающий момент при статических испытаниях

$$M_O^H = M_Q^H \quad (4.7)$$

Коэффициент устойчивости при статических испытаниях

$$K_C = \frac{m_0 \cdot M_Y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.8)$$

4.1.2. Динамические испытания

Нормативный опрокидывающий момент от испытательной нагрузки

$$M_Q^H = Q_D^H \cdot b_{Q1}^H \quad (4.9)$$

Потенциальная энергия системы «кран-груз»

$$A_O = G_K^H \cdot h_{K1}^H + Q_D^H \cdot h_{Q1}^H \quad (4.10)$$

Кинетическая энергия крана

$$E_K = \frac{1}{2} \cdot (J_{СШ} + J_{ГШ}) \cdot \omega_C^2 \quad (4.11)$$

Кинетическая энергия груза для главного подъема

$$E_{Г1} = \frac{1}{2} \cdot ((V_{СВ} + V_{ЛQ})^2 + V_{СГ}^2) \cdot \frac{(Q_D^H + G_{КР1})}{g} \quad (4.12)$$

для вспомогательного подъема

$$E_{Г2} = \frac{1}{2} \cdot ((V_{ГВ} + V_{ЛQ})^2 + V_{ГГ}^2) \cdot \frac{(Q_D^H + G_{КР2})}{g} \quad (4.13)$$

Момент от нормативных динамических нагрузок при динамический испытаниях крана

$$M_{ИД}^H = \sqrt{2 \cdot A_O \cdot (E_K + E_{Г1})} \quad (4.14)$$

Момент от нормативной составляющей динамической нагрузки при повороте.

Если $\frac{\omega_{П}}{60} < 0.07$, тогда $M_{П}^H = 0$, в других случаях рассчитывается

$$M_{П}^H = \frac{1}{g} \cdot \left[Q_D^H \cdot h_{Q1}^H \cdot L_Q - (G_K^H \cdot h_{K1}^H - G_O \cdot Z_O) \cdot \frac{G_K^H \cdot (b_{K1}^H - l) - G_O \cdot X_{ОП}}{G_K^H - G_O} \right] \cdot \left(\frac{\omega_{П}}{60} \right)^2 \quad (4.15)$$

Опрокидывающий момент для динамических испытаний крана

$$M_O^H = M_Q^H + M_{П}^H + M_{ИД}^H \quad (4.16)$$

Коэффициент перегрузки принимается $k=1$.

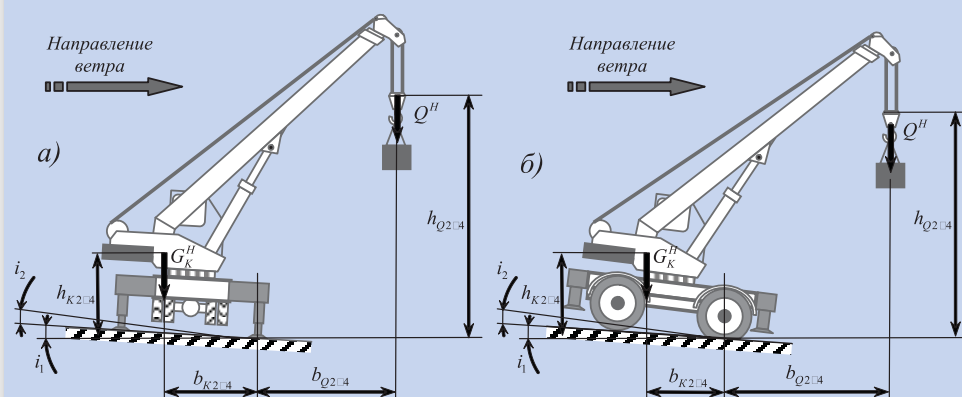
Коэффициент устойчивости при динамических испытаниях

$$K_D = \frac{m_0 \cdot M_Y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.17)$$

4.2. Расчет грузовой устойчивости

Расчет производится в соответствии с расчетными схемами (Рисунок 4.2). Рисунок 4.2(а) – для расчета сочетания нагрузок №2 и №3. Рисунок 4.2(б) – для расчета сочетания нагрузок №4.

РИСУНОК 4.2. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ГРУЗОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ



Удерживающий момент крана относительно ребра опрокидывания

$$M_Y = G_K^H \cdot b_{K2-4} \quad (4.18)$$

Момент от нормативной составляющей веса груза

$$M_Q^H = Q^H \cdot b_{Q2-4} \quad (4.19)$$

Момент от нормативной составляющей ветровых нагрузок на кран

$$M_{WK}^H = M_{WO}^H + M_{WP}^H + M_{WC}^H + M_{WT}^H \quad (4.20)$$

Расчетная площадь груза

$$S_{WQ} = 0.002 \cdot (Q^H)^3 - 0.040 \cdot (Q^H)^2 + 0.493 \cdot Q^H - 0.096 \quad (4.21)$$

Момент от нормативной составляющей ветровых нагрузок на груз

$$M_{WQ}^H = q_o \cdot 1.2 \cdot S_{WQ} \cdot h_{Q2-4} \quad (4.22)$$

Момент от среднего квадратического отклонения случайной составляющей веса груза

$$M_Q^C = k_3 \cdot M_Q^H \quad (4.23)$$

где k_3 – коэффициент, принимаемый по Таблице 4.1 в зависимости от грузоподъемности и группы классификации (режима) кранов в целом по МС ИСО 4301/1 и по ГОСТ 25546-82.

ТАБЛИЦА 4.1.

Грузоподъемность, т	При группе классификации (режима) по ИСО 4301/1 (по ГОСТ 25546-82)			
	A1, A2 (1К, 2К)	A3, A4 (3К, 4К)	A5, A6 (5К, 6К)	A7, A8 (7К, 8К)
до 1,5	0,05	0,06	0,08	0,10
св. 1,5 до 10 вкл.	0,04	0,05	0,06	0,07
св. 10 до 25 вкл.	0,03	0,04	0,05	0,06
св. 25 до 100 вкл.	0,02	0,03	0,04	0,05
св. 100	0,01	0,02	0,03	0,04

Примечание: При работе с грейфером коэффициент k_3 должен быть увеличен в 2 раза, а при работе с магнитом – в 3 раза.

Высота расположения опорного шарнира гуська над опорным контуром крана

$$H_{ГШ} = H_o + Z5_{II} + X5_C \cdot \cos \alpha + (Z1_C + L_{CI}) \cdot \sin \alpha \quad (4.24)$$

Момент от среднего квадратического отклонения случайной составляющей ветровой нагрузки на кран

$$M_{WK}^C = 1.25 \cdot m_n \cdot M_{WK}^H \quad (4.25)$$

где m_n – коэффициент пульсации ветра, принимаемый по Таблице 4.2 в зависимости от высоты $H_{ГШ}$; при отсутствии гуська $m_n = 0,12$

Момент от среднего квадратического отклонения случайной составляющей ветровой нагрузки на груз

$$M_{WQ}^C = 0.1 \cdot M_{WQ}^H \quad (4.26)$$

Момент инерции крана относительно ребра опрокидывания

$$J_K = J_{OXЧ} + J_{ПЧ1-4} + J_{С1-4} + J_{Ц1-4} \quad (4.27)$$

Момент инерции системы «кран-груз» относительно ребра опрокидывания

$$J_{KQ} = J_K + \frac{Q^H}{g} \cdot (b_{Q2-4}^2 + h_{Q2-4}^2) \quad (4.28)$$

Потенциальная энергия системы «кран-груз»

$$A_{KQ} = G_K \cdot h_{K2-4} + Q^H \cdot h_{Q2-4} \quad (4.29)$$

Момент от среднего квадратического отклонения динамических нагрузок, возникающих при работе механизмов подъема

ТАБЛИЦА 4.2. КОЭФФИЦИЕНТ ПУЛЬСАЦИИ ВЕТРА

$H_{ГШ}$, м	От 0 до 20 вкл.	Св. 20 до 30 вкл.	Св. 30 до 40 вкл.	Св. 40 до 50 вкл.	Св. 50 до 60 вкл.	Св. 60 до 70 вкл.	Св. 70 до 80 вкл.	Св. 80 до 90 вкл.	Св. 90 до 100 вкл.
m_n	0,120	0,110	0,105	0,100	0,095	0,090	0,085	0,080	0,075

$$M_{Д1}^C = k_4 \cdot M_Q^H, \text{ где} \quad (4.30)$$

$$k_4 = \frac{0.5}{g} \cdot \sqrt{\frac{A_{KQ}}{J_{KQ}}} \cdot k_g \cdot k_y \cdot V_{LQ} \quad (4.31)$$

k_g – коэффициент включений, принимаемый равным индексу группы классификации (режима) механизма подъема по ИСО 4301/1 (ГОСТ 25835-83), для группы М3 (1М) $k_g = 1$ для группы М4 (2М) $k_g = 2$

k_y – коэффициент управления, принимаемый по Таблице 4.3.

ТАБЛИЦА 4.3. КОЭФФИЦИЕНТ УПРАВЛЕНИЯ

Характеристики управления механизмом приторможения	Значения коэффициента k_y при числе пусковых ступеней управления			
	1	2	3	4
Нормально-замкнутый тормоз	1,00	0,90	0,80	0,75
Электродинамическое торможение, вихревой генератор		0,70	0,65	0,60

Примечание: При специальных способах регулирования, таких как системы: генератор-двигатель, тиристорный преобразователь-двигатель частотного регулирования, гидропривод и т.п. $k_y = 0,45$

В расчете коэффициент k_4 должен приниматься не менее 0,02. Момент от среднего квадратического отклонения динамических нагрузок, возникающих при работе механизмов подъема и опускания стрелы (гуська)

$$M_{Д2}^C = \epsilon_C \cdot \left(J_{СШ} + J_{ГШ} + \frac{Q^H}{g} \cdot (L_Q - X5_{II})^2 \cdot \frac{V_{K1B}}{V_{CB}} \right) \quad (4.32)$$

$$M_{Д2}^C = \epsilon_C \cdot \left(J_{СШ} + J_{ГШ} + \frac{Q^H}{g} \cdot (L_Q - X5_{II})^2 \cdot \frac{V_{K2B}}{V_{GB}} \right) \quad (4.33)$$

Эквивалентное угловое ускорение стрелы

$$\epsilon_C = 0.25 \cdot \sqrt{\frac{A_{KQ}}{J_{KQ}}} \cdot k_g \cdot \omega_C \cdot k_y \quad (4.34)$$

В случаях, когда угловая скорость подъема (опускания) стрелы

$\omega_C < 0.01$ рад/с, разрешается не рассчитывать $M_{Д2}^C$.

Момент от среднего квадратического отклонения динамических нагрузок, возникающих при работе механизмов поворота

$$M_{Д3}^C = k_5 \cdot Q^H \cdot h_{Q2-4} \quad (4.35)$$

где k_5 – коэффициент, принимаемый по Таблице 4.4.

ТАБЛИЦА 4.4

k_5 при группе классификации (режима) механизмов в целом по МС ИСО 4301/1 (по ГОСТ 25835-83)		
М3 – М4 (1М – 2М)	М5 – М6 (3М – 4М)	М7 – М8 (5М – 6М)
0,003	0,006	0,01

Момент от среднего квадратического отклонения динамических нагрузок, возникающих при передвижении крана с грузом по площадке случайного профиля (стрела установлена вдоль пути),

$$M_{Д4}^C = \sigma_{УС} \cdot \sqrt{A_{KQ} \cdot J_{KQ}} \quad (4.36)$$

где $\sigma_{УС}$ – среднее квадратическое отклонение скорости угловых колебаний крана в плоскости установки стрелы, рад/с.

Для кранов автомобильных, пневмоколесных, на специальных

шасси автомобильного типа и короткобазовых, приводимых к четырехточечному опиранию, σ_{VC} рад/с, вычисляется по формуле

$$\sigma_{VC} = \sigma_d \sqrt{\frac{c_1^2 \cdot a^2 + c_2^2 \cdot b_1^2 \cdot \xi^* \cdot v}{k_{d1} \cdot a^2 + k_{d2} \cdot b_1^2} \cdot C_d}, \quad (4.37)$$

где c_1 и c_2 – коэффициенты жесткости передних и задних опор, определяемые с учетом числа колес на опорах; a и b_1 – расстояния передней и задней осей от оси вращения крана; k_{d1} и k_{d2} – коэффициенты демпфирования передних и задних опор, определяемые с учетом числа колес на опорах; v – скорость передвижения крана, м/с;

$$\xi^* = \frac{0.20 - \sigma_d}{0.38} \quad (4.38)$$

σ_d – среднее квадратическое отклонение высот микропрофиля площадки, принимаемое равным 0,16 м; если в ИЭ не указаны другие его допустимые значения;

$$C_d = c_1 \cdot a^2 + c_2 \cdot b_1^2 - A_{KQ} \quad (4.39)$$

Разрешается коэффициент жесткости отдельного колеса определять по формуле

$$C_k = 3.5 \cdot P_w \sqrt{D_w \cdot B_w} \quad (4.40)$$

где P_w – давление в колесе; D_w и B_w – наружный диаметр и ширина профиля шины; Коэффициент демпфирования отдельного колеса определяется по формуле

$$k_k = 0.11 \sqrt{C_k \cdot \frac{P_{CT}}{g}} \quad (4.41)$$

P_{CT} – допустимая статическая нагрузка на шину.

4.2.1. Сочетание нагрузок №2

Опрокидывающий момент $M_O^H = M_Q^H + M_{WK}^H + M_{WQ}^H$ (4.42)

Коэффициент изменчивости

$$k_2 = \frac{\sqrt{(M_Q^C)^2 + (M_{WK}^C)^2 + (M_{WQ}^C)^2 + (M_{D1}^C)^2 + (M_{D2}^C)^2 + (M_{D3}^C)^2}}{M_O^H} \quad (4.43)$$

Коэффициент надежности k_1 выбирается для рабочего состояния в соответствии с классом ответственности (Таблица 3.2).

$$\text{Коэффициент перегрузки } k = 1 + k_1 \cdot k_2 \quad (4.44)$$

Коэффициент устойчивости

$$K_2 = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.45)$$

4.2.2. Сочетание нагрузок №3

Момент от нормативной составляющей динамической нагрузки при повороте.

$$M_{II}^H = \frac{1}{g} \cdot \left[Q^H \cdot h_{Q2-4} \cdot L_Q - (G_K^H \cdot h_{K2-4} - G_O \cdot Z_O) \cdot \frac{G_K^H \cdot (b_{K2-4} - l) - G_O \cdot X_{OP}}{G_K^H - G_O} \right] \cdot \left(\frac{\omega_{II}}{60} \right)^2 \quad (4.46)$$

Опрокидывающий момент

$$M_O^H = M_Q^H + M_{WK}^H + M_{WQ}^H + M_{II}^H \quad (4.47)$$

$$\text{Коэффициент изменчивости } k_2 = \frac{M_Q^C}{M_O^H} \quad (4.48)$$

Коэффициент надежности k_1 выбирается для рабочего состояния в соответствии с классом ответственности (Таблица 3.2).

$$\text{Коэффициент перегрузки } k = 1 + k_1 \cdot k_2 \quad (4.49)$$

$$\text{Коэффициент устойчивости } K_3 = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.50)$$

Если $\frac{\omega_{II}}{60} < 0.07$, расчет для сочетания параметров №3 не производится.

4.2.3. Сочетание нагрузок №4

Опрокидывающий момент

$$M_O^H = M_Q^H + M_{WK}^H + M_{WQ}^H \quad (4.51)$$

Коэффициент изменчивости

$$k_2 = \frac{\sqrt{(M_Q^C)^2 + (M_{WK}^C)^2 + (M_{WQ}^C)^2 + (M_{D4}^C)^2}}{M_O^H} \quad (4.52)$$

Коэффициент надежности k_1 выбирается для рабочего состояния в соответствии с классом ответственности (Таблица 3.2).

$$\text{Коэффициент перегрузки } k = 1 + k_1 \cdot k_2 \quad (4.53)$$

$$\text{Коэффициент устойчивости } K_4 = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.54)$$

4.3. Расчет собственной устойчивости

Расчет производится в соответствии с расчетными схемами (Рисунок 4.3).

Рисунок 4.3(а) – для расчета сочетания нагрузок №5.

Рисунок 4.3(б) – для расчета сочетания нагрузок №6.

Удерживающий момент крана относительно ребра опрокидывания

$$M_y = G_K^H \cdot b_{K5-8} \quad (4.55)$$

$$\text{Опрокидывающий момент } M_O^H = M_{WK}^H \quad (4.56)$$

Момент от среднего квадратического отклонения динамических нагрузок, возникающих при работе механизмов подъема и опускания стрелы (гуська)

$$M_{D2}^C = \varepsilon_C \cdot (J_{CII} + J_{GII}) \quad (4.57)$$

Эквивалентное угловое ускорение стрелы

$$\varepsilon_C = 0.25 \cdot \sqrt{\frac{G_K^H \cdot h_{K5-8} \cdot k_g \cdot \omega_C \cdot k_y}{J_K}} \quad (4.58)$$

k_b – коэффициент включений, принимаемый равным индексу группы классификации (режима) механизма подъема по ИСО 4301/1 (ГОСТ 25835-83), для группы М3 (1М) $k_b=1$, для группы М4 (2М) $k_b=2$;

k_y – коэффициент управления, принимаемый по Таблице 4.3.

Момент инерции крана относительно ребра опрокидывания

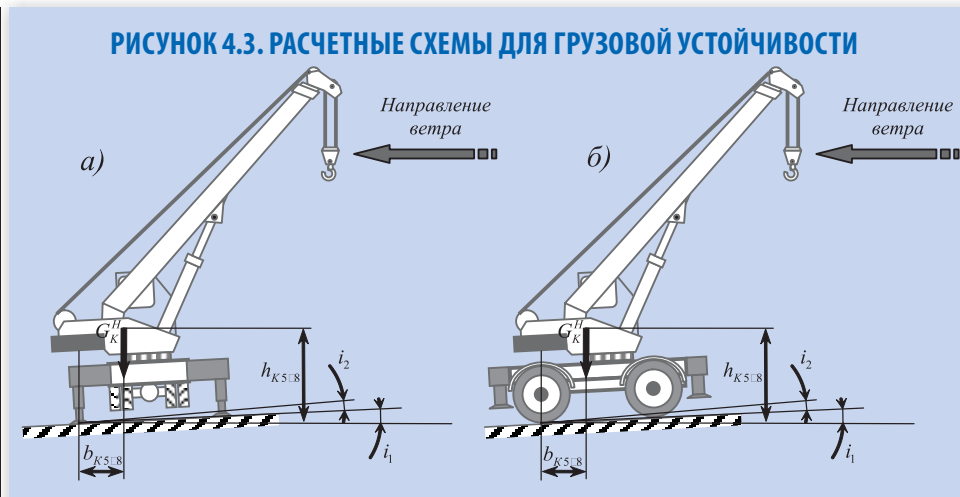
$$J_K = J_{Oxч} + J_{IIч5-8} + J_{C5-8} + J_{II5-8} \quad (4.59)$$

В случаях, когда угловая скорость подъема (опускания) стрелы

$$\omega_C < 0.01 \text{ рад/с, разрешается не учитывать } M_{D2}^C.$$

Момент от среднего квадратического отклонения динамических нагрузок, возникающих при передвижении крана с грузом по площадке случайного профиля (стрела установлена вдоль пути)

РИСУНОК 4.3. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ГРУЗОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ



$$k = 1 + k_1 \cdot k_2 \quad (4.67)$$

Коэффициент устойчивости

$$K_5 = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.68)$$

4.3.2. Сочетание нагрузок №6

Коэффициент изменчивости

$$k_2 = \frac{\sqrt{(M_{WK}^C)^2 + (M_{D4}^C)^2}}{M_O^H} \quad (4.69)$$

Коэффициент перегрузки

$$k = 1 + k_1 \cdot k_2 \quad (4.70)$$

$$M_{D4}^C = \sigma_{VC} \cdot \sqrt{G_K^H \cdot h_{K5-8} \cdot J_K}, \text{ где} \quad (4.60)$$

σ_{VC} – среднее квадратическое отклонение скорости угловых колебаний крана в плоскости установки стрелы, рад/с.

Для кранов автомобильных, пневмоколесных, на специальных шасси автомобильного типа и короткобазовых, приводимых к четырехточечному опиранию, σ_{VC} , рад/с, вычисляется по формуле

$$\sigma_{VC} = \sigma_d \sqrt{\frac{c_1^2 \cdot a^2 + c_2^2 \cdot b_1^2}{k_{d1} \cdot a^2 + k_{d2} \cdot b_1^2} \cdot \frac{\xi^* \cdot v}{C_d}}, \text{ где} \quad (4.61)$$

c_1 и c_2 – коэффициенты жесткости передних и задних опор, определяемые с учетом числа колес на опорах; a и b_1 – расстояние передней и задней осей от оси вращения крана; k_{d1} и k_{d2} – коэффициенты демпфирования передних и задних опор, определяемые с учетом числа колес на опорах; v – скорость передвижения крана, м/с;

$$\xi^* = \frac{0.20 - \sigma_d}{0.38} \quad (4.62)$$

σ_d – среднее квадратическое отклонение высот микропрофиля площадки, принимаемое равным 0,16 м; если в ИЭ не указаны другие его допустимые значения;

$$C_d = c_1 \cdot a^2 + c_2 \cdot b_1^2 - A_K \quad (4.63)$$

Разрешается коэффициент жесткости отдельного колеса вычислять по формуле

$$C_K = 3.5 \cdot P_w \sqrt{D_w \cdot B_w}, \text{ где } P_w \text{ – давление в колесе;} \quad (4.64)$$

D_w и B_w – наружный диаметр и ширина профиля шины;

Коэффициент демпфирования отдельного колеса определяется по формуле

$$k_K = 0.11 \sqrt{C_K \cdot \frac{P_{CT}}{g}} \quad (4.65)$$

P_{CT} – допустимая статическая нагрузка на шину.

Коэффициент надежности k_1 для нерабочего состояния принимается равным 3.

4.3.1. Сочетание нагрузок №5

$$\text{Коэффициент изменчивости } k_2 = \frac{\sqrt{(M_{WK}^C)^2 + (M_{D2}^C)^2}}{M_O^H} \quad (4.66)$$

Коэффициент перегрузки

Коэффициент устойчивости

$$K_6 = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.71)$$

4.3.2. Сочетание нагрузок №6

Коэффициент изменчивости

$$k_2 = \frac{\sqrt{(M_{WK}^C)^2 + (M_{D4}^C)^2}}{M_O^H} \quad (4.72)$$

Коэффициент перегрузки

$$k = 1 + k_1 \cdot k_2 \quad (4.73)$$

Коэффициент устойчивости

$$K_7 = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.74)$$

4.4. Расчет устойчивости при внезапном снятии нагрузки (сочетание нагрузок №8)

Момент от нормативной динамической нагрузки, возникающий при внезапном снятии груза

$$M_{od}^H = \Delta Q \cdot \sqrt{G_K^H \cdot h_{K5-8} \cdot \delta}, \text{ где} \quad (4.75)$$

ΔQ – вес снимаемого груза;

δ – вертикальное перемещение крюка под действием единичного груза.

Момент от нормативной составляющей ветровых нагрузок на кран

$$M_{WK}^H = M_{WO}^H + M_{WП}^H + M_{WC}^H + M_{WT}^H \quad (4.76)$$

Удерживающий момент крана относительно ребра опрокидывания

$$M_y = G_K^H \cdot b_{K5-8} \quad (4.77)$$

Опрокидывающий момент

$$M_O^H = M_{od}^H + M_{WK}^H \quad (4.78)$$

Коэффициент перегрузки принимается $k=1$.

Коэффициент устойчивости

$$K_8 = \frac{m_0 \cdot M_y}{k \cdot M_O^H} \quad (4.79)$$

Приложение 1²

Определение коэффициента m_1 для кранов на пневматических колесах

1. Для крана без выносных опор при расположении ребер опрокидывания по контуру №2 (см. Таблица 2.2):

1. при положении стрелы вдоль оси шасси $m_1=1$
2. при положении стрелы поперек оси шасси m_1 определяется по формуле (1); если эта формула дает значение $m_1 > 1$, следует принимать $m_1=1$;

$$m_1 = \frac{G_K^*}{G_K^H} \left(1 + k_\delta \frac{n_1 \cdot l_2}{n_2 \cdot l_1} \right), \quad (1)$$

G_K^* – составляющая веса крана, нагружающая задние колеса при данном положении стрелы, т;

G_K^H – вес крана, т;

n_1 – количество шин передних колес;

n_2 – количество шин задних колес;

k_p – коэффициент, учитывающий жесткость ходовой рамы; для пневмоколесных кранов $k_p=0,9$;

для кранов на специальном шасси автомобильного типа

$k_p=0,6$; для автомобильных кранов $k_p=0,4$;

l_1, l_2 – расстояние от точек приложения составляющих веса крана, нагружающих передние и задние колеса при данном положении стрелы, до вертикальной плоскости, проходящей через ребро опрокидывания, м.



РИСУНОК 4.4. РАСЧЕТНЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ ВНЕЗАПНОГО СНЯТИЯ НАГРУЗКИ

2. Для крана с выносными опорами при расположении ребер опрокидывания по контуру №1 (см. Таблицу 2.2):

1. при положении стрелы поперек ребра опрокидывания 3-2 или 3-4 $m_1=1$;
2. при положении стрелы вдоль или поперек оси шасси:

$$m_1 = 1 - \frac{G_K^{**}}{G_K^H}, \quad (2)$$

G_K^{**} – составляющая веса крана, нагружающая опору при данном положении стрелы.

Во всех остальных случаях опирания крана, $m_1=1$. **ЭК**

² РД22-145-85. Краны стреловые самоходные. Нормы расчета устойчивости против опрокидывания.

Научно-производственное предприятие по электро- и гидрооборудованию строительно-дорожных машин и кранов

ООО НПП "ЭГО"

Системы защиты, приборы и устройства безопасности подъемных сооружений

Проектирование, монтаж, ремонт, пусконаладочные работы, обучение специалистов

- [Стреловые краны]
- [Краны мостового типа]
- [Башенные краны]
- [Краны-трубоукладчики]
- [Краны-манипуляторы]
- [Подъемники (вышки)]

ISO 9001

125430, г. Москва, Пятницкое шоссе, д. 23, корп. 2

Тел/факс +7 (495) 759 66 13, +7 (499) 265 01 38, <http://www.nppego.com>, E-mail: nppego@nppego.com