

Министерство Высшего и Среднего специального образования  
Республики Узбекистан

Ташкентский автомобильно-дорожный институт

Кафедра «Дорожно-строительные машины»

На правах рукописи

Р Е Ф Е Р А Т

на тему:

«Устойчивость кранов»

Выполнила студентка  
гр. 244 – 03 ЕУТТ (к.у.)

Айдарова Ф.

Руководитель,  
Ст. преп.

Ханкелов Т.К.

Ташкент – 2007

# УСТОЙЧИВОСТЬ КРАНОВ

План.

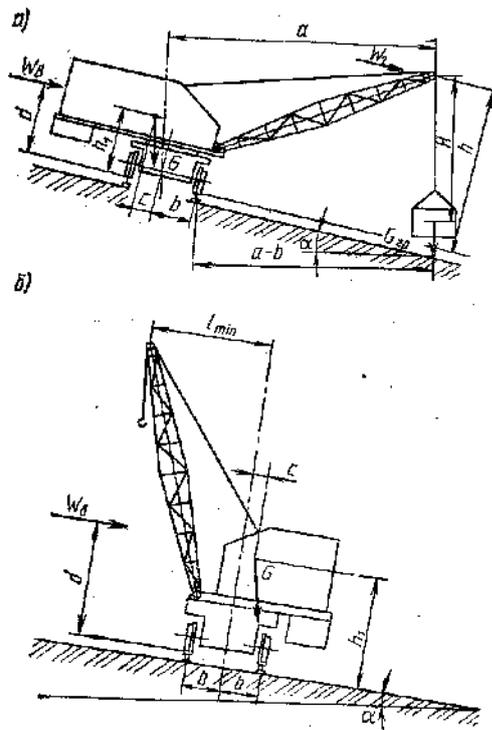
1. Проверка грузовой устойчивости.
2. Проверка собственной устойчивости.

Безопасность работы всех передвижных и поворотных кранов должна обеспечиваться достаточной устойчивостью против опрокидывания крана. Коэффициент запаса устойчивости и методика его определения регламентированы правилами Госгортехнадзора [20], а для башенных кранов — ГОСТ 13994—81.

Условия равновесия кранов определяются соотношением значений удерживающего и опрокидывающего моментов, действующих относительно оси (ребра) опрокидывания крана. Проверку кранов на устойчивость, производят как для рабочего положения крана с грузом (грузовая устойчивость), так и для крана без груза (собственная устойчивость) в условиях, когда сочетание действующих на кран нагрузок наиболее неблагоприятно с точки зрения возможности опрокидывания крана. Башенные строительные краны, кроме того, должны быть проверены на устойчивость при внезапном снятии нагрузки с крюка и в процессе монтажа и демонтажа (см. ГОСТ 13994—81).

Устойчивость крана характеризуется следующими величинами: коэффициентом грузовой устойчивости — отношением момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом всех дополнительных нагрузок {ветровой нагрузки, инерционных сил, возникающих при пуске или торможении механизмов подъема груза, поворота и передвижения крана), а также возникающей составляющей силы тяжести при наибольшем допустимом при работе крана уклоне к моменту, создаваемому силой тяжести груза относительно того же ребра опрокидывания; коэффициентом собственной устойчивости крана — отношением момента, создаваемого силой тяжести всех частей крана с учетом уклона пути в сторону опрокидывания относительно ребра опрокидывания, к моменту, создаваемому ветровой нагрузкой нерабочего состояния машины относительно того же ребра опрокидывания.

Согласно правилам Госгортехнадзора значения коэффициентов грузовой и собственной устойчивости должны быть не менее 1,15. Определение числовых значений этих коэффициентов производится без учета действия рельсовых захватов, повышающих устойчивость крана. Устойчивость крана необходимо обеспечить при стреле, расположенной как вдоль, так и поперек подкранового пути. Так как в большинстве случаев у передвижных кранов колея меньше базы, то обычно более опасным, а следовательно, и расчетным случаем является положение стрелы поперек пути. Кроме того, грузовую устойчивость крана, согласно правилам Госгортехнадзора, проверяют при направлении стрелы под углом  $45^\circ$  к на-



**Рис.1. Схема определения грузовой (а) и собственной (б) устойчивости крана**

правлению движения с учетом дополнительных касательных сил инерции. Поворотные велосипедные и консольные краны проверяют на устойчивость при положении стрелы вдоль пути. Определение грузовой и собственной устойчивости должно производиться для угла наклона крана не менее  $3^{\circ}$  — для стреловых кранов (за исключением железнодорожных) и  $\Gamma$  — для порталных кранов. У железнодорожных кранов, предназначенных для работы без дополнительных опор, должно учитываться превышение одного рельса над другим на криволинейных участках пути.

При проверке грузовой устойчивости рассматривают положение, когда груз находится на максимальном вылете. При этом уклон и ветровую нагрузку  $W_B$  принимают такими, чтобы они способствовали опрокидыванию крана (рис. 181, а). Для определения уклона на рабочей площадке и проверки точности установки крана на выносных опорах стреловые, самоходные и прицепные краны (за исключением работающих на рельсовых путях) снабжаются указателями — креномерами.

Коэффициент грузовой устойчивости

$$K_1 = \frac{M_G - \sum M_{ин} - M_B}{M_{гр}} \geq 1,15,$$

где  $M_{гр} = G_{гр}a$  — момент, создаваемый весом номинального груза относительно ребра опрокидывания  $M_G = G_C$ ; — момент, создаваемый силой

тяжести частей крана и противовеса относительно того же ребра опрокидывания с учетом возможного угла наклона  $\alpha$  пути;  $M_B = W_B d$  — момент, создаваемый ветровой нагрузкой рабочего состояния, действующей на наветренную площадь крана и груза перпендикулярно ребру опрокидывания и параллельно плоскости, на которой установлен кран;  $\Sigma M_{ин}$  — суммарный момент сил инерции элементов крана и груза, возникающих в процессе пуска и торможения механизмов крана, и центробежной силы при вращении крана.

При определении суммарного момента сил инерции следует учитывать возможность совмещения операций подъема или опускания груза с поворотом крана. Если кран перемещается с грузом на крюке и если при этом возможно совмещение операций подъема груза, поворота и передвижения крана, то производят проверку грузовой устойчивости крана в направлении его движения. При этом учитывают опрокидывающий момент сил инерции, возникающих в периоды разгона и торможения механизма передвижения крана.

Во время поворота крана возникает горизонтально направленная и лежащая в плоскости стрелы центробежная сила  $F = Q \omega^2 \rho$  (рис. 182), создающая опрокидывающий момент  $M_{Ц} = FH$  ( $Q$  — масса груза, кг;  $\omega$  — угловая скорость стрелы, рад/с; остальные обозначения понятны из рисунка). Под действием центробежной силы груз отклоняется на угол  $\beta$  и радиус вращения груза превышает вылет  $L$  стрелы на размер  $x = H \operatorname{tg} \beta$ , где  $\operatorname{tg} \beta = F / (Qg)$ ;  $g$  — ускорение свободного падения. Принимая  $\pi^2 \approx g, м/с^2$ ;  $\rho = L + HP / (Qg) \omega = \pi n / 30$ , где  $n$  — частота вращения стрелы, об/мин, получаем для силы  $P$  выражение (в ньютонах)

$$F = \frac{10Qn^2L}{900 - n^2H}$$

Опрокидывающий момент от этой силы

Сила инерции поступательно движущегося (при разгоне поднимающегося, при торможении опускающегося), груза  $F_{ин.гр} = Qv/t$  совпадает по направлению с силой тяжести груза и при расчете устойчивости считается приложенной к оси головных блоков стрелы (здесь  $v$  — установившееся значение скорости;  $t$  — время разгона или торможения груза).

Опрокидывающий момент от этой силы  $M_{ин.гр} = Qv(a-b)/t$  где  $a$  — расстояние от плоскости, проходящей через ось вращения крана параллельно ребру опрокидывания, до центра тяжести подвешенного груза у крана, расположенного на горизонтальной плоскости;  $b$  — половина колеи рельсового пути (см. рис.1). Если стрела перпендикулярна ребру опрокидывания, то  $a = L$

В процессе пуска или торможения механизма передвижения крана,

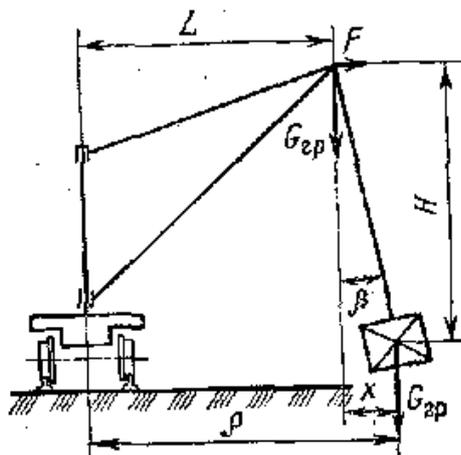


Рис. 2. Схема к определению центробежной силы

имеющего номинальную скорость  $v_1$  силы инерции, возникающие от массы груза  $Q$  и массы крана  $Q_{кр}$  соответственно равны  $Qv_1/t_1$  и  $Q_{кр}v_1/t_1$ . Они действуют горизонтально и направлены вдоль пути перемещения крана. Опрокидывающие моменты от этих сил (см. рис. 1, а)

$$\frac{Qv_1}{t_1} h; \frac{Q_{кр}v_1}{t_1} h_1.$$

В этих формулах  $t_1$  — длительность неустановившихся процессов движения крана.

Следует иметь в виду, что для опрокидывания крана кратковременно действующими силами инерции, возникающими при разгоне и торможении, при раскачивании груза и т. п., необходимо повернуть кран относительно ребра опрокидывания на некоторый угол, т. е. затратить определенную работу. При весьма кратком действии инерционных сил кран не опрокинется, даже если при этом запас устойчивости окажется недостаточным. Таким образом, на устойчивость крана при действии кратковременных сил инерции оказывает основное влияние не значение опрокидывающего момента от инерционных сил, а развиваемая за время действия этих сил работа опрокидывания.

Влияние крана и сил инерции на устойчивость крана увеличивается с увеличением высоты центров тяжести крана и противовеса и с уменьшением размера колеи. Поэтому если, например, баки для горючего расположены так, что их заполнение уменьшает устойчивость крана, то при расчете их принимают полностью наполненными. В обратном случае их считают пустыми. При определении высоты центра тяжести массу нижних ветвей гусеничных лент и других элементов, не влияющих на устойчивость, при расчете не учитывают.

Для увеличения устойчивости и уменьшения необходимой массы противовеса краны с переменным вылетом стрелы иногда снабжают подвижным стреловым противовесом, автоматически изменяющим свое

положение при изменении вылета стрелы. Такое конструктивное решение уменьшает нагрузку на механизм изменения вылета и способствует уравниванию поворотной части крана.

По правилам Госгортехнадзора необходимо также определять значения коэффициента грузовой устойчивости без учета дополнительных нагрузок и уклона пути, т. е. отношение момента  $M'_G$ , создаваемого массой элементов крана и противовеса относительно ребра опрокидывания, определенного без учета уклона пути, к моменту  $M_{гр}$ :

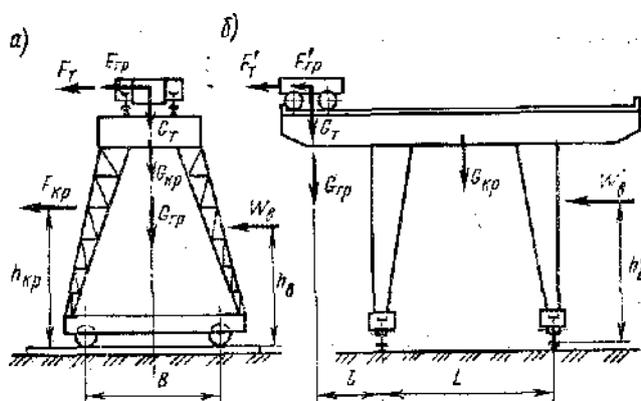
$$K_1 = \frac{M'_G}{M_{гр}}$$

При проверке собственной устойчивости (см. рис.1,б) кран рассматривают при минимальном вылете стрелы и снятом грузе, с креном в сторону противовеса, при ветровой нагрузке  $W_B$  нерабочего состояния, действующей в сторону опрокидывания. Определение коэффициента собственной устойчивости производят по формуле

$$K_2 = \frac{M'_G}{M'_B}$$

где  $M'_B = W_B d$ —момент ветровой нагрузки нерабочего состояния, действующей на наветренную площадь перпендикулярно ребру опускать стрелу без груза в горизонтальное положение, необходимо проверить их устойчивость в этом состоянии.

При испытаниях самоходных стреловых, башенных и порталных кранов их устойчивость проверяют при подъеме груза массой, равной 1,4 расчетной грузоподъемности, в положении, соответствующем наименьшей устойчивости крана, а также при выполнении грузовых операций с грузом, соответствующим 1,25 расчетной грузоподъемности и параллельно плоскости, на которой установлен кран.



**Рис. 3. Схема к определению грузовой устойчивости козловых кранов вдоль (а) и поперек (б) подкранового пути**

Для кранов, у которых изменение вылета стрелы осуществляется с помощью лебедки с машинным приводом, значение коэффициента собственной устойчивости определяют при стреле в нижнем рабочем положении. Однако в этом случае необходимо проверить на устойчивость кран без груза при наименьшем вылете стрелы и действии ветра рабочего состояния. При проверке собственной устойчивости крана влияние дополнительных опор и стабилизаторов не учитывается.

Для кранов, у которых по условиям эксплуатации требуется подъемности. Такие испытания производят для каждой грузовой характеристики при вылете стрелы, соответствующем наименьшей устойчивости крана.

Проверка устойчивости козловых, полукозловых кранов и перегрузочных мостов правилами Госгортехнадзора не регламентирована, однако и эти краны должны обладать достаточным запасом устойчивости, так как они обычно имеют большую подветренную площадь и высокорасположенные центр тяжести и точку приложения равнодействующей ветровой нагрузки. Поэтому динамические нагрузки при неустановившихся процессах работы механизма передвижения кранов в сочетании с ветровыми нагрузками могут создавать значительные опрокидывающие моменты. Устойчивость кранов данного типа в рабочем состоянии характеризуется коэффициентом устойчивости, определяемым как отношение момента относительно ребра опрокидывания, создаваемого силой тяжести крана и груза, к моменту от действия инерционных сил и ветровой нагрузки на металлическую конструкцию крана и на груз. Проверку устойчивости следует проводить на опрокидывание крана вдоль и поперек подкранового пути.

Коэффициент запаса грузовой устойчивости в направлении вдоль подкранового пути (рис. 3, а) равен

$$K = \frac{(G_{кр} + G_{зр} + G_T)B / 2}{F_{кр} h_{кр} + (F_T + F_{зр})h_T + W_B h_B} \geq 1,15$$

где  $G_{гр}$ ,  $G_{кр}$ ,  $G_T$  — соответственно силы тяжести номинального груза, крана и крановой тележки;  $F_{зр}$ ,  $F_{кр}$ ,  $F_T$  — соответственно силы инерции груза, крана и тележки при экстренном торможении крана;  $W_B$  — суммарная ветровая нагрузка;  $B$  — база крана;  $h_{кр}$ ,  $h_T$ ,  $h_B$  — соответственно плечи действия сил инерции крана, тележки с грузом и ветровой нагрузки относительно плоскости, проходящей через поверхность катания рельсов.

Проверку грузовой устойчивости против опрокидывания крана *поперек подкранового пути* производят для кранов, имеющих консоли пролетного строения (рис. 3,б). Коэффициент запаса устойчивости в этом случае

$$K_2 = \frac{G_{кр} L / 2 - (F'_T + F'_{зр})h_T - W'_B h'_B}{(G_T + G_{зр})l}$$

где  $F'_{зр}$  и  $F'_T$  — соответственно силы инерции тележки и груза при экстренном торможении тележки;  $W'_B$  — ветровая нагрузка на кран,

действующая в направлении, перпендикулярном оси рельсов;  $L$ — пролет крана;  $h'_B$  и  $l$  — плечи действия ветровой нагрузки, сил тяжести груза и тележки относительно ребра опрокидывания.

Устойчивость козловых кранов в нерабочем состоянии характеризуется коэффициентом собственной устойчивости, определяемым как отношение момента, создаваемого относительно ребра опрокидывания силой тяжести всех частей крана, к моменту относительно того же ребра, создаваемого ветровой нагрузкой нерабочего состояния (см. ГОСТ 1451—77). Коэффициент собственной устойчивости не должен быть меньше 1,15.

Приведенные выше расчеты устойчивости сделаны в предположении, что кран является жестким телом и при опрокидывании поворачивается вокруг неподвижного ребра. В действительности как металлоконструкция крана, так и пути, по которым он перемещается, деформируются, что усложняет механику явлений, происходящих при опрокидывании крана. Полное решение этой задачи с учетом всех факторов, влияющих на опрокидывание крана, еще не получено. Для некоторых частных случаев решение этой задачи приводится в литературе [15].