

**РАСЧЕТ КРЮКОВОЙ ПОДВЕСКИ ГМП**

Студент гр. 11311117 Мандик Н.С

Научный руководитель – к.т.н., доцент Василенок В.Д.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

**Грузоподъёмные машины**

Большое разнообразие процессов к операции по перевалке грузов и обслуживанию сельскохозяйственного производства позволяет использовать большинство грузоподъёмных машин общего назначения. Вместе с тем особенности условий работы и физикомеханических свойств грузов требуют применения грузоподъёмных машин специального назначения.

Грузоподъёмные машины делятся на стационарные, передвижные, прицепные и самоходные.

**Стационарные краны**

Стационарные поворотные краны используют для обслуживания органической площади.

Кран-укосина (рис. 1, а) применяют для подъёма и опускания груза на строительстве и погрузочных работах. Краны-укосины строят грузоподъёмностью 0,5 и 1,0 т с вылетом 2,25 м и углом поворота 230°.

Настенный струнный кран (рис. 1, б) оснащен тележкой для перемещения груза по стреле. Он предназначен для обслуживания рабочего места: станка, станка и т.п. Грузоподъёмность и вылет ограничиваются предельным моментом нагрузки на стену здания  $[M] \leq 100 \text{ кН} \cdot \text{м}$ .

Кран с неподвижной колонной (рис. 1, в) как и кран с поворотной колонной и переменным вылетом (рис. 1, г), используют в ремонтных мастерских, при демонтаже тракторов и сельскохозяйственных машин, и испытания двигателей. Грузоподъёмность крана с поворотной колонной до 10 т при вылете до 7 м. Благодаря перемещению тележки по ферме крана и повороту можно обслуживать определённую площадь.

Удобен для обслуживания рабочего места поворотный кран с ломающейся в горизонтальной плоскости стрелой (рис. 1, д).

**Мостовые и козловые краны и краны-штабелеры**

Эти краны относятся к стационарным установкам, которые перемещаются по рельсовому пути и обслуживают ограниченные площади: их применяют в цехах мастерских и заводов, складах разгрузочных площадках силоси- и навозохранилищах.

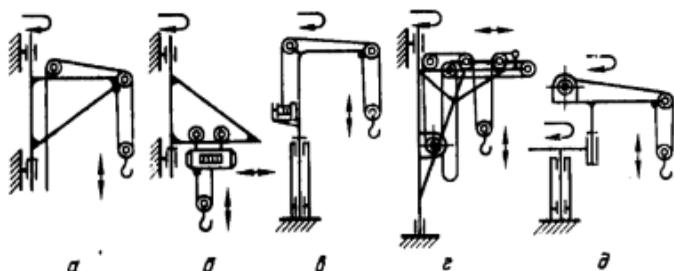


Рис. 1. Поворотные краны:

а – кран-укосина; б – настенный струнный с электроталью; в – с подвижной колонной; г – с поворотной колонной и переменным вылетом; д – со стрелой, ломающейся в горизонтальной плоскости.

Козловые краны чаще используют на открытых местах. В процессе работы они опираются на наземный рельсовый путь или на гладкое и твердое покрытие пола: асфальт, бетон, деревянный торцовый настил. Они находят широкое применение на прирельсовых складах производственных объединений Госкомсельхозтехники. Расстояние между опорами зависит от условий эксплуатации и определяет конструкцию балки виде шпренгельной и решетчатой фермы.

На рисунке 2, а показан кран с виброгрейфером для выгрузки силоса и навоза, и погрузки их в транспортные средства, а на рисунке 2, б – с клещевым захватом для тарных грузов.

Краны мостового типа подразделяют на два вида: кран-балки (рис. 2, в и г) и мостовые краны, последние в сельском хозяйстве почти не применяют. Кран-балка с электротельфером легче и дешевле мостового крана. Ею можно управлять с пола.

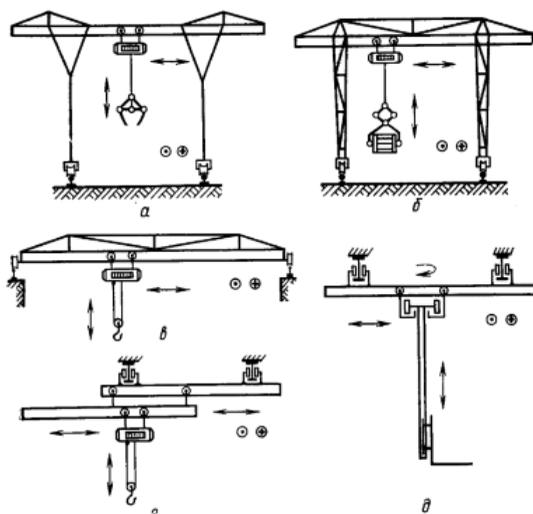


Рис. 2. Краны и кран-штабелер:

а – козловой с виброгрефером; б – козловой с клещевым захватом; в - мостовой; г – подвесная кран-балка с выдвигной консолью; д – кран-штабелер.

По способу опоры на крановые пути кран-балки бывают: опорные (рис. 2, в) и подвесные (рис. 2, г). Подкрановые пути подвесной кран-балки можно крепить к перекрытию здания и оборудовать их выдвигными консолями, что позволит перегружать груз в транспортные средства или передавать его в другое помещение.

Кран-балки. Применяемые в сельском хозяйстве, обладают грузоподъемностью до 3т и пролетами от 5 до 14 м.

Гидрофицированный привод механизмов поступательного (гидроцилиндры) и вращательного (гидромоторы) движений находят все большее применение и вы крана благодаря плановому регулированию габаритов и стоимости.

Кран-штабелер (рис.2, д) предназначен для механизации погрузочно-разгрузочных и транспортных работ на складах мастерских и производственных объединений Госкомсельхозтехники. Его можно использовать вне мощений при перегрузке штучных грузов, контейнеров, грузов на поддонах и при обслуживании стеллажей узлов и деталей.

Кран-штабелер отличается от кран-балки наличием дополнительного механизма поворота груза в горизонтальной плоскости и вилчатым захватом.

Грузоподъемность кран-штабелера 0,15...1,0 т, скорость перемещения 0,35...0,6 м/с, скорость подъема 0,15м/с.

### Передвижные краны

К этой группе относятся краны на тележках, переносные и прицепные. Применяемые для механизации при монтажно-демонтажных и погрузочно-разгрузочных работах. Кран с ручным приводом и с лебедочным механизмом подъема показан на рисунке 3, а и с ручным гидроприводом – на рисунке 3, б. Их достоинством является простота устройства и обслуживания при использовании. Их можно подкатывать под разбираемую или разгружаемый транспорт.

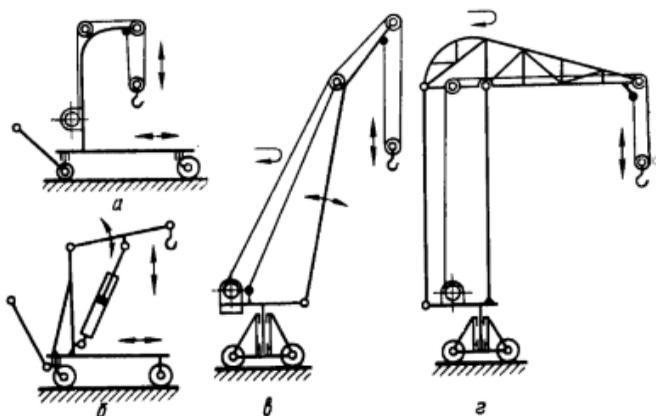


Рис. 3. Краны на тележках:

а – ручной; б – с гидроприводом; в – типа «Пионер»; г – башенный трубчатый.

Более универсальны и эффективны электрофицированные краны типа «Пионер» (рис. 3, в) и башенно-трубчатых (рис. 3, г) с поворотной стрелой, предназначенные для тех же работ на открытом воздухе. Грузоподъемность этих кранов соответственно 0,25 и 0,5 , скорость подъема 0,25м/с и 0,5 м/с, частота поворота стрелы 0,6об/мин. Шарнирное крепление стрелы (рис. 3, г) освобождает колонну от поперечного изгиба при подъеме груза.

## Самоходные краны

Самоходные краны разделяют на навесные, автономные и прицепные.

Навесное крановое устройство монтируют на автомобилях, тракторах и прицепах для самопогрузки и обслуживания других транспортных средств. На рисунке 4, а и б показано крановое оборудование, позволяющее снизить себестоимость перевозок на 20%.

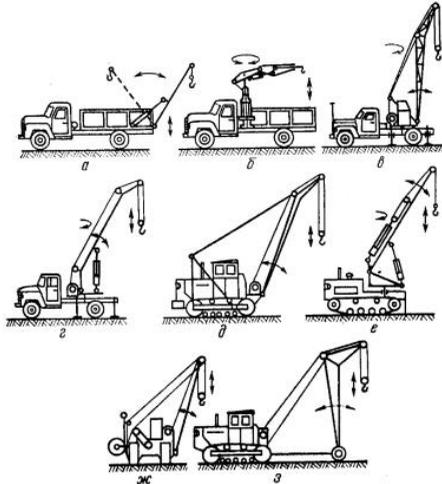


Рис. 4. Самоходные и передвижные краны:

а – автомобиль с порталом; б – автомобиль с краном; в – автокран; г – автокран с гидроприводом; д – тракторный кран с фронтальной стрелой; е – тракторный кран с гидроприводом; ж – тракторный кран с боковой стрелой; з – прицепной кран.

Цикл легкого крана составляет от 1 до 2 мин, благодаря чему можно загрузить автомобиль за 7...10 мин. Однако установка легкового крана немного снижает полезную грузоподъемность.

### Автомобильные краны.

К ним относятся все виды автомобильных (рис. 4, в и г) и тракторных (рис. 4, д и е и ж) кранов.

Их монтируют на автомобильном или специальном шасси. Высокая производительность, универсальность и большая мобильность позволяют широко применять их в сельском хозяйстве для погрузочно-разгрузочных работ. Особо эффективно их

применение при контейнерных перевозках всех видов корнеклубнеплодов. При работе без выносных опор грузоподъемность следует снижать в 2 и более раза.

Гидрофицированный привод в кранах (рис. 4, г и е) находят все большее применение благодаря существенным преимуществам. Груз поднимается ветвью ускоряющего полиспафта с вмонтированным в него гидроцилиндром. Стрелу поднимают при помощи гидроцилиндра.

Торможение и безопасное опускание груза осуществляются регулированием выпуска жидкости из гидроцилиндров.

**Тракторные краны** встречаются с навесным и прицепным грузоподъемным оборудованием.

Навесные телескопические стрелы грузоподъемностью 0,1...0,5 т монтируют на навесной системе трактора типа ДТ-20.

Подъем груза осуществляется гидросистемой, а перемещение передвижением трактора.

Для подъема более тяжелых грузов в 1,2...3 т стрелы кранов навешивают на гусеничные тракторы по схемам: фронтальная (рис 4, д), поворотная (рис. 4, е), боковая (рис. 4, ж) Грузоподъемность ограничивается прочностью упругих подвесок рамы и пределом нагрузки на почву 75...100Кпа.

Боковое расположение стрелы позволяет крану передвигаться вдоль фронта работ, например, при укладке труб в траншеи.

Для перевозки крупногабаритных и длинномерных грузов применяют прицепные краны (рис. 4, з). Груз поднимают тракторной лебедкой. Грузоподъемность крана от 2 до 10 т. Колея колес крана 2,8 м. Вылет стрелы от 2 до 6,5м.

Крюковое оборудование, навешиваемое на сельскохозяйственные погрузчики ПГ-0,2, ПУ-0,5, СНУ-0,8, ПЭ-0,8Б, Э-153, ПЭА-1,0, превращает их в тракторные краны на колесном ходу, которые можно использовать для погрузочно-разгрузочных работ.

Расчет крюковой подвески ГПМ

**Пример 1.** Определить размер прутка круглого с квадратного сечения для изготовления крюка на тяговую силу трактора  $Q_{\Sigma}=14$  кН (рис. 5).

Предварительный расчет проведем по формуле внецентренного растяжения. (для круглого сечения):

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_p + \sigma_{и} = \frac{Q_{\Sigma}}{F} + \frac{M_{и}}{W} = \frac{4Q_{\Sigma}}{\pi d^2} \left(1 + 8 \frac{r}{d}\right) \leq [\sigma].$$

Рекомендуется:  $[\sigma] = 150 \dots 100 \text{ Н/мм}^2$  и  $r:d < 5$ .

Принимаем:  $[\sigma] = 100 \text{ Н/мм}^2$  и  $r:d = 1,0$ , что вполне обеспечивает укладку в зеве крюка канатов или ушка прицепа. Тогда

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\Sigma}}{\pi d^2} \left(1 + 8 \frac{r}{d}\right)} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 100} (1 + 8 \cdot 1)}$$

$$= 40,1 \text{ мм.}$$

Принимаем:  $d = 40 \text{ мм}$ , ГОСТ 2590-57; сталь Ст. 3, ГОСТ 380-60.

При квадратном сечении формула примет вид:

$$a = \sqrt{\frac{Q_{\Sigma}}{[\sigma]} \left(1 + 6 \frac{r}{a}\right)} = \sqrt{\frac{14 \cdot 10^3}{100} (1 + 6 \cdot 1)}$$

$$= 31,3 \text{ мм.}$$

Принимаем:  $a = 26 \text{ мм}$ , ГОСТ 2591-57; сталь Ст. 3, ГОСТ 380-60.

Проверяем наибольшее напряжение в точке А по теории кривого бруса по формуле (18):

$$\sigma_A = \frac{Q_{\Sigma}}{F} - \frac{M}{S} \cdot \frac{0,5d_k - z_0}{0,5d_k},$$

где  $F = 0,785d^2$ ;

$$M = Q_{\Sigma}r;$$

$$S = Fz_0;$$

$$z_0 = r - r_0;$$

$$d_k = d = r.$$

После подстановки и преобразований

при  $r_0 = \frac{d^2}{4(2r\sqrt{4r^2 - d^2})} = 0,933d$  получим

$$\sigma_A = \frac{4Q_{\Sigma}}{\pi d^2} \left[ 1 + \frac{2(0,933d-d)}{d-0,933d} \right] =$$

$$\frac{4 \cdot 14 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 40^2} \left[ 1 + \frac{2(0,933 \cdot 40 - 40)}{40 - 0,933 \cdot 40} \right] = 155 \text{ Н/мм}^2$$

Рекомендуется запас прочности  $n = \frac{\sigma_T}{\sigma} = 2 \dots 2,5$ ; для стали Ст. 3  $\sigma_T = 220 \text{ Н/мм}^2$ , поэтому принятый  $d = 40 \text{ мм}$  не удовлетворяет условиям прочности  $n = \frac{\sigma_T}{\sigma_A} = \frac{220}{155} = 1,42$  и только при  $d = 50 \text{ мм}$  получим

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma_A} = \frac{220}{100} = 2,2.$$

Дальнейшее упрочнение крюка, повышение запаса прочности возможно путем проковки круглого сечения в овальное.

**Пример 2.** Подобрать канат для тягового полспаста (рис. 118) при  $Q_{\Sigma} = 50 \text{ кН}$ . Условия выбора каната  $S_p = S$ , где  $S_p = \frac{Q_{\Sigma}}{k r_1}$  и  $S_p = \frac{P_{роз}}{n}$  — наибольшее рабочее и допускаемое натяжение каната.

Определив к.п.д. полспаста при к.п.д. блока  $= 0,98$ , получим

$$\eta_n = \frac{(1 - \eta^2)\eta}{z(1 - \eta)} = \frac{(1 - 0,98^4) 0,98}{4(1 - 0,98)} = 0,95.$$

Расчетное разрывное усилие при запасе прочности  $n = 5,5$  будет

$$P_{роз} = \frac{nQ_{\Sigma}}{k\eta} = \frac{5,5 \cdot 50 \cdot 10^3}{4 \cdot 0,95} = 72 \ 368 \text{ Н}$$

Принимаем по ГОСТ 2688—69: канат стальной типа ЛК-Р 6×9+10С,  $d = 14 \text{ мм}$  при  $\sigma = 1570 \text{ Н/мм}^2$  (160 кгс/мм<sup>2</sup>), разрывное усилие  $P_{роз} = 99000 \text{ Н}$ .

**Пример 3.** Определить мощность электродвигателя и подобрать его для механизма подъема кран-балки: грузоподъемность  $G = 3000 \text{ кг}$ , скорость подъема

$v = 0,25 \text{ м/с}$ , масса грузозахватного устройства  $G_0 = 500 \text{ кг}$ . Режим работы— легкий. Схема подвеса показана на рисунке 6.

Усилие па крюке

$$Q_{\Sigma} = g(G + G_0) = 9,81 (3000 + 500) = 34\,335 \text{ Н.}$$

Окружное усилие на барабане при  $k = \frac{z_0}{z} = 2$ ;  $\eta_6 = 0,96$ ;  $\eta = 0,98$ .

$$P = Z_0 S_1 = \frac{Z_0 Q_{\Sigma}}{k(1 + \eta)\eta_6} = \frac{2 \cdot 34\,335}{2 \cdot (1 + 0,98)0,96} = 18\,063 \text{ Н.}$$

Мощность электродвигателя при скорости наматывания каната на барабан  $v_k = kv$ ,  $\eta_m = 0,9$  — к.п.д. двухступенчатого редуктора и  $\eta_{\pi}$  — к.п.д. полиспаста

$$N = \frac{P v_k}{\eta_m \eta_{\pi}} = \frac{18\,063 \cdot 2 \cdot 0,25}{0,9 \cdot 0,97} = 10\,345 \text{ Вт.}$$

По таблицам «Крановые двигатели серии МТКР с короткозамкнутым ротором» выбираем электродвигатель МТКР-211-6:  $N = 13 \text{ кВт}$  при ПВ=25%,  $M_{\max} = 216 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ,

$$M_{\max} = 216 \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad M_{\pi} = 206 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

$$G_p D^2 = 0,44 \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

$n_d = 895 \text{ об/мин}$ , к. п. д. = 0,765. Статический момент на валу двигателя по потребной мощности

$$M_d = \frac{N}{\omega} = \frac{30N}{\pi n_d} = \frac{30 \cdot 10\,345}{3,14 \cdot 895} = 110 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Тогда допускаемый коэффициент перегрузки

$$[\beta] = \frac{M_{\max}}{M_d} = \frac{216}{110} \approx 1,96.$$

Для определения действительного коэффициента перегрузки найдем максимальный пусковой момент механизма подъема по формуле

$$\begin{aligned}
 M_{п,м(max)} &= 1,33M_{п,м} \\
 &= 1,33 \left[ \frac{G + G_0}{k} \cdot \frac{D}{2} \cdot \frac{1}{i\eta_0} \left( g + \frac{v_k}{t} \right) \right. \\
 &\quad \left. + (1 + \psi) \cdot \frac{G_p D_p^2}{4} \cdot \frac{\pi n_d}{30t} \right].
 \end{aligned}$$

По разрушающей нагрузке при запасе прочности  $n = 5$

$$\begin{aligned}
 P_{раз} &= \frac{ng(G + G_0)}{z_0\eta_{п}} = \frac{5 \cdot 9,81(3000 + 500)}{4 \cdot 0,97} \\
 &= 44\,246 \text{ Н.}
 \end{aligned}$$

По таблицам ГОСТ 2688—69 выбираем канат:  $d = 9,9 \text{ мм}$ ,  $P_{раз} = 58\,418 \text{ Н}$  при  $\sigma_{п} = 19,6 \text{ МПа}$ , тогда при  $e_1 = 18$ — коэффициент, зависящий от типа устройства и режима работы, и  $e_2 = 1,0$ — коэффициент, зависящим от типа каната, определим диаметр барабана

$$D_{\delta} = e_1 e_2 d = 18 \cdot 1 \cdot 9,9 = 178 \text{ мм.}$$

Принимаем  $D_{\delta} = 175 \text{ мм}$ .

Передаточное отношение механизма получим из соотношения

$$i = \frac{n_d}{n_{\delta}} = \frac{\pi D_{\delta} n_d}{k 60 v} = \frac{3,14 \cdot 0,175 \cdot 895}{2 \cdot 0,25 \cdot 60} = 16,4.$$

Принимаем время разбега  $t = 2 \text{ с}$  и, подставив в уравнение значения  $\eta_0$ ,  $i$ ,  $t$ , будем иметь

$$\begin{aligned}
 M_{п,м(max)} &= 1,33 \left[ \frac{3000 + 500}{2} \cdot \frac{0,175}{2} \right. \\
 &\quad \cdot \frac{1}{16,4 \cdot 0,873} \left( 9,81 + \frac{0,25}{2} \right) + (1 + 0,15) \\
 &\quad \left. \cdot \frac{0,44}{4} \cdot \frac{3,14 \cdot 895}{30 \cdot 2} \right] = 149,2 \text{ Н} \cdot \text{м.}
 \end{aligned}$$

Действительный максимальный коэффициент перегрузки

$$\beta_{\max} = \frac{M_{\text{п,м(max)}}}{M_{\text{д}}} = \frac{M_{\text{п,м(max)}} \pi n_{\text{д}}}{30N} = \frac{149,2 \cdot 3,14 \cdot 895}{30 \cdot 13\,000} = 1,07,$$

таким образом,  $\beta_{\max} < [\beta]$ .

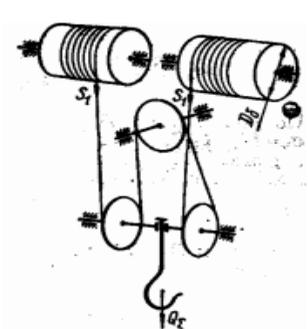


Рис. 5. К расчету крюка

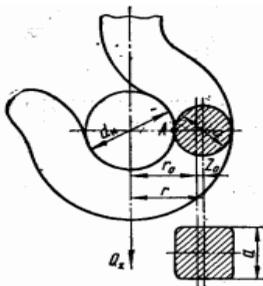


Рис. 6. К расчету мощности двигателя

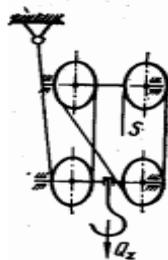


Рис. 7. К расчету каната

## Литература

1. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины. М., «Высшая школа», 1973.
2. Руденко Н.Ф. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. М., «Машиностроение», 1971 г.
3. Буряков А. Г. Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ. М., Россельхозиздат, 1976.
4. Воробьев А. А. и др. Пневмотранспортные установки (справочник). М., «Машиностроение», 1969.
5. Гячев Л. В. Движение сыпучих материалов в трубах и бункерах. М., «Машиностроение», 1968.
6. Завалишин Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве. М., «Колос», 1973.
7. Зенков Р. Л. Механика насыпных грузов. М., Машгиз, 1964.
8. Зуев Ф. Г. И др. Подъемно-транспортные машины зерноперерабатывающих предприятий. М., «Колос», 1978.
9. Красников В. В. И др. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкции. М., «Машиностроение», 1967.
10. Красников В. В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве. М., «Машиностроение», 1973
11. Кукибный А. А. Метательные машины. М., «Машиностроение», 1964.
12. Копылов Н. Г. Теория качающихся конвейеров. М., Машгиз, 1963.
13. Платонов П. Н. Куценко К. И. Подъемно-транспортные и погрузочно-разгрузочные устройства. М., «Колос», 1972.
14. Спиваковский А. О. Дьячков В. К. Транспортирующие машины. М., «Машиностроение», 1968.
15. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. М., «Машиностроение», 1969.
16. Юкиш и др. Справочник по оборудованию элеваторов и складов. М., «Колос», 1970.