

## 8 ЛЕКЦИЯ

Механизм подъёма с электроприводом. Механизмы передвижения. Опорно-поворотные устройства и механизмы вращения. Устойчивость грузоподъёмных машин.

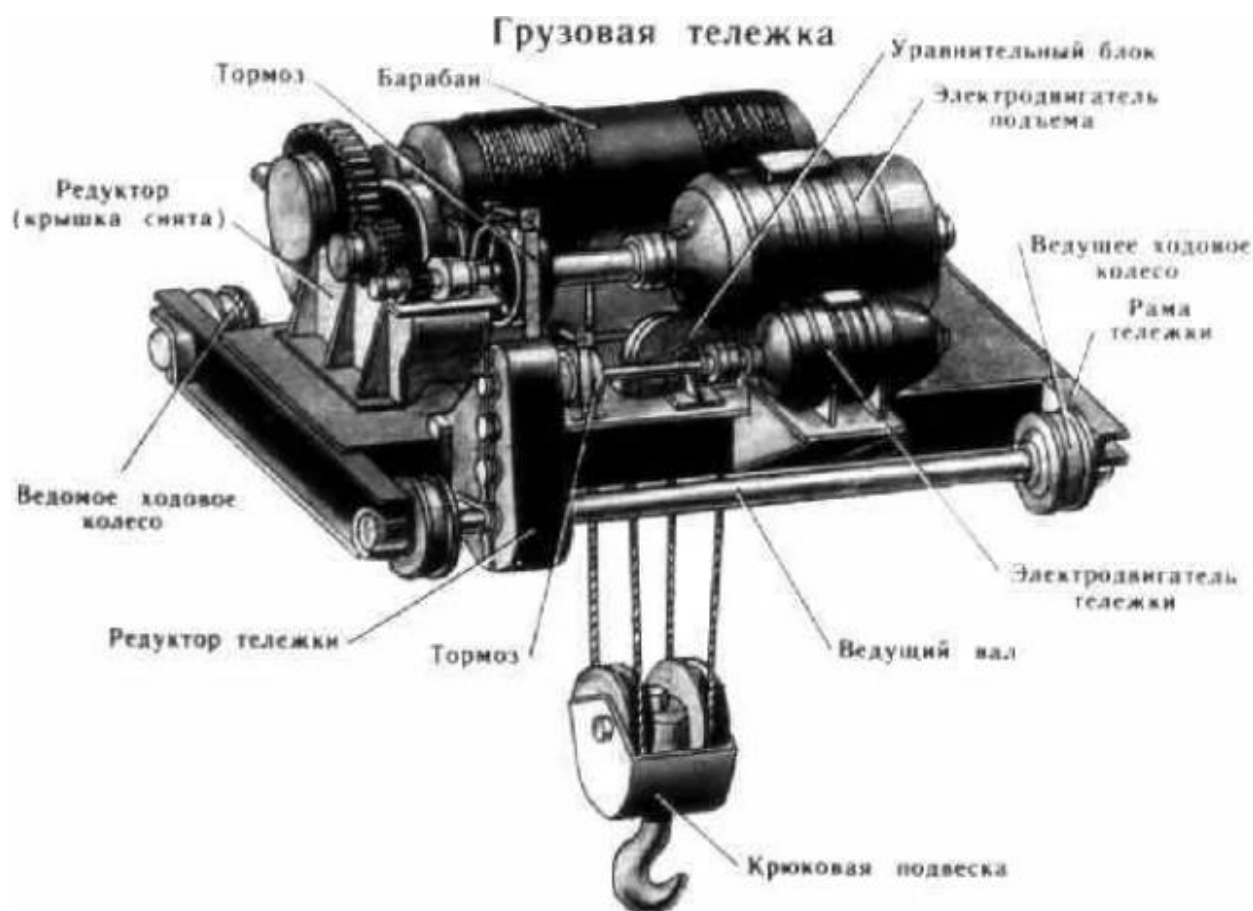


Рис. 1. Грузовая тележка мостового крана с механизмами подъёма и передвижения

### Механизм подъёма с электроприводом

Является основным механизмом грузоподъёмной машины и включает подвеску груза на гибком элементе (обычно стальной канат), направляющие блоки (могут отсутствовать), барабан для навивки каната при подъёме груза, редуктор, тормоз и электродвигатель с аппаратурой управления. Барабан с опорами, редуктор, тормоз и электродвигатель монтируют на общей раме – имеем подъёмную лебёдку. Если перемещаем опирающийся на что-то груз – имеем лебёдку тягальную.

В подвеску груза входят грузозахватный орган и полиспаст. Для стреловых кранов и тельферов полиспаст обычно одинарный, для грузовых тележек мостовых кранов – сдвоенный. Весьма распространённым элементом подвески является крюковая обойма (обоймица), связывающая крюк с подвижным блоком (меняет своё положение при движении каната) или блоками. Кратность полиспаста  $i_{\text{пол}}$  и его вид зависит от грузоподъёмности  $Q$ , кг. Для крановых тележек рекомендуют сдвоенный полиспаст с кратностью  $i_{\text{пол}} = 2$  при  $Q \leq 6 \cdot 10^3$  кг,  $i_{\text{пол}} = 3$  при  $Q = (10 \dots 15) \cdot 10^3$  кг. Для одинарных полиспастов грузоподъёмность ниже ориентировочно вдвое.

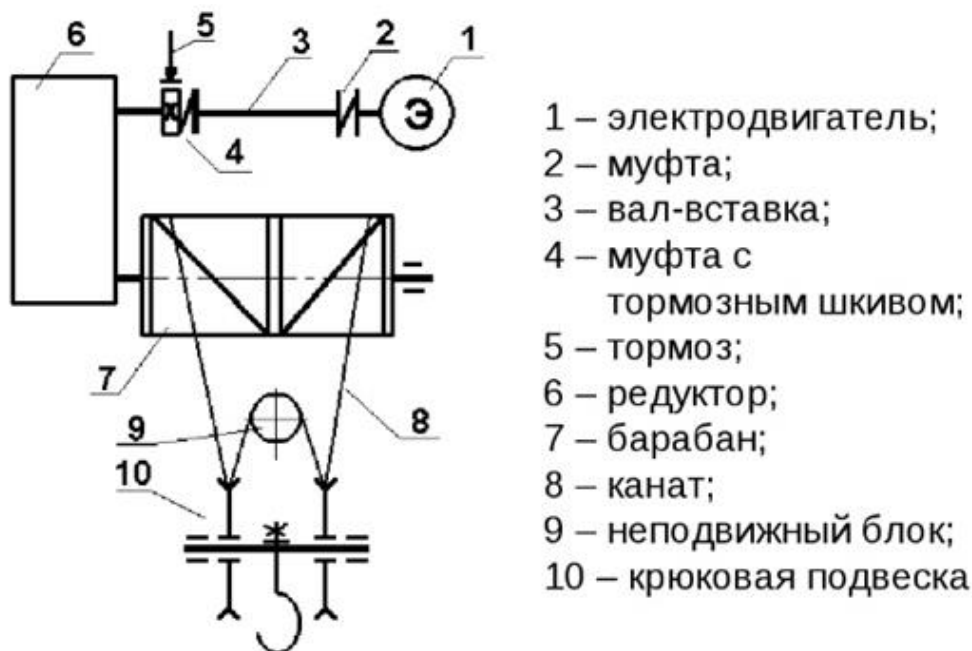


Рис. 2. Схема механизма подъёма

Проектировочный статический расчёт механизма подъёма и его разработку ведут в последовательности.

- принимают подвеску груза и разрабатывают схему механизма подъёма.
- выбирают крюк по приводу, грузоподъёмности, режиму работы, виду подвески.
- находят рабочее усилие в канате, Н:

$$S_{\text{кан}} = \frac{Qg}{i_{\text{пол}} a \eta_{\text{бл}}^m}$$

где  $Q$  – грузоподъёмность, кг;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $9,81 \text{ м/с}^2$ ;

$i_{\text{пол}}$  – кратность полиспаста;

$a$  – учитывает тип полиспаста: при одинарном – 1, при сдвоенном – 2;

$\eta_{\text{бл}}$  – КПД блока: на подшипниках качения – 0,98, скольжения – 0,96;

$m$  – число блоков, огибаемых одной несущей ветвью.

- выбирают канат в соответствии с «Правила безопасности...» по разрушающей нагрузке из расчёта на растяжение:

$$F_{\text{разр}}^{\text{ГОСТ}} = F_0 \geq Z_p \cdot F_{\text{наиб}}$$

где  $F_{\text{разр}}^{\text{ГОСТ}}$  – разрывное (разрушающее) усилие каната по ГОСТ (или по сертификату – свидетельству об испытании), Н;

$Z_p$  – коэффициент запаса прочности (он же минимальный коэффициент использования каната), зависит от назначения каната, типа привода и режима работы – 3...9 и более;

$F_{\text{наиб}}$  – наибольшее натяжение ветви каната по схеме запасовки, Н.

- определяют диаметр подвижного и неподвижного блоков (по центру стального каната):

$$D_{\text{бл}} \geq e \cdot d_{\text{кан}}$$

где  $e$  – зависит от вида ГПМ и режима работы, 12,5...28 и более. Диаметр уравнительного блока меньше на 20...30%.

– разрабатывают (или выбирают) конструкцию крюковой обоймы.

– определяют основные размеры барабана и связанные с ним параметры.

Намечают способ соединения барабана с тихоходным валом редуктора. Находят частоту вращения вала барабана, об/мин:

$$n_{\text{бар}} = \frac{v_{\text{гр}} i_{\text{пол}}}{\pi D_{\text{бар}}}$$

где  $v_{\text{гр}}$  – скорость подъёма груза, м/мин;

$D_{\text{бар}}$  – диаметр барабана по центру каната, м.

– определяют расчётную статическую мощность на валу двигателя при подъёме, Вт:

$$P_{\text{ст}} = \frac{Qg v_{\text{гр}}}{60 \eta_{\text{мех}}}$$

где  $\eta_{\text{мех}}$  – общий КПД механизма:

$$\eta_{\text{мех}} = \eta_{\text{пол}} \eta_{\text{ред}} \eta_{\text{бар}} \approx \eta_{\text{бл}}^z \eta_{\text{ред}} \eta_{\text{бар}}$$

$\eta_{\text{ред}}$  – КПД редуктора, ориентировочно 0,9;

$\eta_{\text{бар}}$  – КПД барабана, примерно 0,95.

– принимают электродвигатель с учётом режима работы. Определяют передаточное отношение привода:

$$i = \frac{\eta_{\text{дв}}}{\eta_{\text{бар}}}$$

– выбирают редуктор и уточняют скорость груза. При необходимости вносят коррективы в сделанные расчёты.

– проверяют двигатель по периоду пуска:  $t_{\text{п}} \leq [t_{\text{п}}]$ , с;  $a_{\text{п}} \leq [a_{\text{п}}]$ , м/с<sup>2</sup>.

– определяют статический момент на валу двигателя при подъёме, Нм:

$$T_{\text{ст}}^{\text{подъёма}} = \frac{Qg}{i_{\text{пол}}} \cdot \frac{D_{\text{бар}}}{2} \cdot \frac{1}{i_{\text{ред}}} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{мех}}}$$

– определяют расчётный тормозной момент при опускании груза, Нм (потери в кинематической цепи способствуют остановке груза и имеем в формуле  $\eta_{\text{мех}}^2$ ):

$$T_{\text{торм}} = K_{\text{T}} T_{\text{ст}}^{\text{подъёма}} \eta_{\text{мех}}^2$$

где  $K_{\text{T}}$  – коэффициент запаса торможения. Для режимов М1...М4; М5; М6, М7; М8, М9 соответственно 1,5; 1,75; 2; 2,5 (по ранее действующим положениям режимы Л, С, Т, ВТ).

– выбирают тормоз с ближайшим большим, чем расчётное, значением тормозного момента. Регулировку тормозного момента выполняют с помощью изменения начальной деформации основной пружины.

– производят выбор быстроходной муфты (шкив тормоза может быть полумуфтой только на быстроходном валу редуктора – составляет с ним единое целое).

– выполняют проверку периода торможения:  $t_{\text{T}} \leq [t_{\text{T}}]$ , с;  $a_{\text{T}} \leq [a_{\text{T}}]$ , м/с<sup>2</sup>.

– разрабатывают эскизную компоновку механизма подъёма.

## Механизмы передвижения

Различают:

- а) с приводными колёсами;
- б) с канатной тягой.

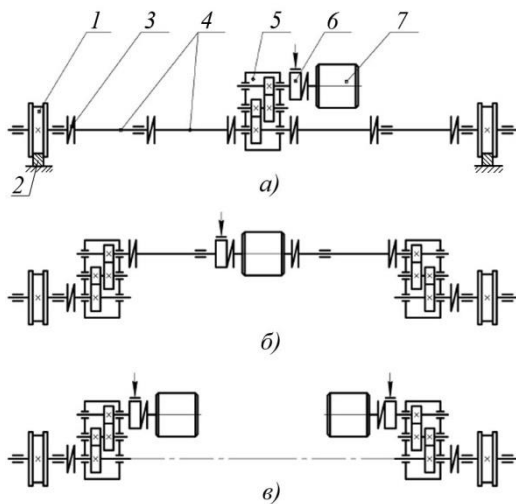
Передвижение тележек и кранов осуществляется по рельсам с выпуклой или плоской поверхностью, в том числе крановым, железнодорожным и профильному прокату.

Ходовые колёса выполняют с ободом цилиндрическим или коническим, с ребордами с одной или двух сторон, обод может быть плоским или выпуклым.

Общее число колёс назначают в зависимости от схемы устройства и нагрузки, диаметр колёс принимают с учётом действующего на него усилия, скорости передвижения и режима работы.

Колёса часто устанавливают в *отъёмных буксах* – корпус со смазочными и защитными устройствами, с размещаемыми в нём подшипниками, подшипники передают нагрузку от рамы на ось или вал колеса, последнее опирается на рельс.

В механизме с приводными колёсами число последних определяется по условию сцепления с рельсом.



Для тележки применяют схему, приведённую на рис. 1.

При центральном приводе крана (а, б) движение на колёса 1 передаётся от электродвигателя 7 через муфту с тормозным шкивом 6 на быстроходном валу редуктора 5, его зубчатые передачи и трансмиссионные валы 4 (равной длины и жёсткости во избежание забегания одной из сторон) с муфтами 3. При индивидуальном приводе (в) необходима предохранительная система, исключающая забегание одной из сторон.

Общее сопротивление передвижению тележки или крана при установившемся движении складывается из суммы сопротивлений: качения  $F_k$ , уклона пути  $F_y$  и ветровой нагрузки  $F_b$ , Н:

$$F = F_k \pm F_y \pm F_b$$

Основным является сопротивление от трения  $F_k$  в ходовых частях. На прямолинейном участке при установившемся движении из теории качения колеса имеем:

$$F_k = (Q_{гр} + Q_{тел})g \frac{f_{ц}d_{ц} + 2\mu}{D_k} K_p, \text{ Н}$$

где  $Q_{гр}$  – масса груза, кг

$Q_{тел}$  – масса тележки, кг;

$D_k$  и  $d_{ц}$  – диаметр колеса и его опорной цапфы, мм.

Для тележек  $D_k = 200 \dots 400$  мм при  $D_k/d_{ц} = 4 \dots 6$ ;

$f_{ц}$  – коэффициент трения подшипников, приведённый к опорной цапфе колеса. Для подшипников качения порядка 0,02, скольжения 0,1  
 $\mu$  – плечо трения качения, мм. Ориентировочно  $\mu = 10^{-3} \cdot D_{к}$  ;  
 $K_{р}$  – учитывают трение реборд о рельс и торцов цапф в буксах, 1,1...2,5.

Расчётная статическая мощность на валу двигателя, Вт:

$$P_{ст} = \frac{F \cdot V_{тел}}{\eta_{ред}}$$

где  $V_{тел}$  – скорость тележек, 0,5...3 м/с;

$\eta_{ред}$  – КПД редуктора, порядка 0,9. (в механизмах с приводными колёсами нашли применение вертикальные редукторы – горизонтальные валы один над другим).

Сила сцепления колёс с рельсами, Н:

$$F_{сц} = \varphi Q_{пр кол} g$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления приводных колёс с рельсами, 0,12...0,2;

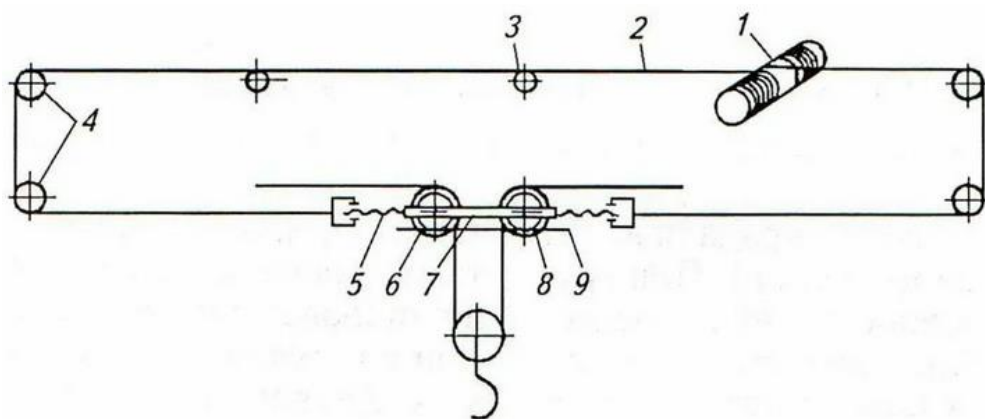
$Q_{пр кол}$  – масса, приходящаяся на приводные колёса, кг.

Для обеспечения движения должно выполняться условие:

$$F_{сц} \geq F$$

При разгоне во время трогания и при торможении во время остановки в механизме действуют силы инерции и выполняют проверку достаточности сцепления приводных колёс с рельсами для этих периодов при отсутствии груза (неблагоприятный случай).

Механизм передвижения с канатной тягой включает тележку на рельсовом



1 – барабан; 2 – тяговый канат; 3 – поддерживающие ролики; 4 – отклоняющие блоки;  
 5 – пружина; 6 – блоки механизма подъема; 7 – грузовая тележка; 8 – ходовые колеса;  
 9 – рельсовый путь

ходу с прикреплённым к ней спереди и сзади канатом, который огибает блоки и образует замкнутый контур в вертикальной плоскости.

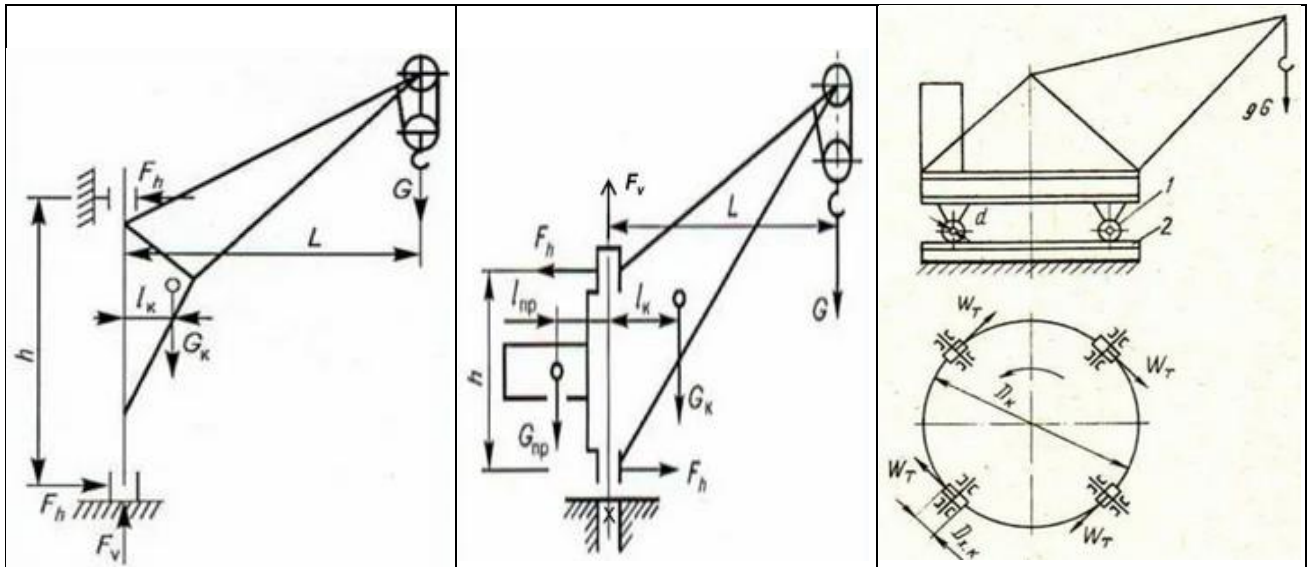
Привод осуществляется с помощью шпильки или лебёдки (последний вариант показан на рис. – контур разрывают и оба конца закрепляют на барабане и при наматывании одной ветви другая сматывается), расположенных вне тележки. Масса и габаритные размеры тележки здесь значительно меньше, чем в конструкции с приводными колёсами. В связи с отсутствием ограничений по сцеплению колёс с рельсами, возможно движение с большими ускорениями и по наклонному пути.

Механизм передвижения с канатной тягой включает тележку на рельсовом ходу с прикреплённым к ней спереди и сзади канатом, который огибает блоки и образует замкнутый контур в вертикальной плоскости. Привод осуществляется с помощью шпильки или лебёдки (последний вариант показан на рис. – контур разрывают и оба конца закрепляют на барабане и при наматывании одной ветви другая сматывается), расположенных вне тележки. Масса и габаритные размеры тележки здесь значительно меньше, чем в конструкции с приводными колёсами. В связи с отсутствием ограничений по сцеплению колёс с рельсами, возможно движение с большими ускорениями и по наклонному пути.

## Опорно-поворотные устройства и механизмы вращения

Различают опорно-поворотные устройства кранов:

- с поворотной колонной, которая вращается в верхнем и нижнем подшипниках, закреплённых на вертикальной стене;
- с неподвижной колонной, когда поворотная колонна вращается в неподвижной или на неподвижной колонне – последняя закреплена на фундаменте;
- на поворотной платформе.



Для первых двух при малой грузоподъёмности для поворота может применяться ручной привод. Механический привод в общем случае включает электродвигатель, тормоз и зубчатую (червячную) передачу с большим передаточным числом. Привод обычно снабжён фрикционной муфтой предельного момента, которая устанавливается возможно ближе к валу приводной шестерни поворотного колёса. Последнее при значительном диаметре может выполняться цевочным.

Кран с ручным приводом, вращающийся на неподвижной установленной на фундаменте колонне, включает металлическую конструкцию с упорным подшипником на торце колонны и двумя радиальными подшипниками на расстоянии  $h$  менее высоты колонны. Нагрузка на колонну складывается из вертикальной  $F_V$  (воспринимается упорным подшипником) и горизонтальных составляющих  $F_h$  (воспринимается радиальными подшипниками), Н:

$$F_V = (G + G_k + G_{пр})g$$

$$F_h = \frac{GL + G_k l_k - G_{пр} l_{пр}}{h} g$$

где  $G$  – масса груза, кг;

$G_k$  – масса металлоконструкции крана, кг;

$G_{пр}$  – масса противовеса, кг;

$l, l_k, l_{пр}$  – расстояние от оси вращения до груза и центра тяжести крана и противовеса, м.

Момент сопротивления вращению при установившемся движении, Нм:

$$M_{с\tau} = F_V \cdot f_T \cdot 0,5d_T + F_h \cdot f_B \cdot 0,5d_B + F_h \cdot f_H \cdot 0,5d_H$$

где  $f_T, f_B, f_H$  – коэффициенты трения подшипников на торце, в верхней и нижней опорах;

$d_T, d_B, d_H$  – диаметры цапф подшипников на торце, в верхней и нижней опорах, м.

Усилие поворота, прилагаемое по касательной на радиусе  $L$ , м окружности силы тяжести груза, Н:

$$F_{\text{поворота}} = \frac{M_{\text{ст}}}{l \cos \alpha} \leq 200 (400),$$

где  $\alpha$  – угол между линией тяги и горизонтальной плоскостью.

Частота вращения крана порядка 0,4...2 об/мин. При увеличенном сопротивлении повороту предусматривают механический привод.

### Устойчивость грузоподъёмных машин

Для обеспечения устойчивости перемещаемых кранов (предохранение от опрокидывания) применяют противовесы, с помощью которых увеличивают полезную грузоподъёмность и улучшают условия работы конструкции. Устойчивость должна обеспечиваться при самых невыгодных условиях нагружения восстанавливающим моментом от веса ГПМ. *Степень устойчивости оценивается коэффициентами по соотношению между восстанавливающим и опрокидывающим моментами.* С учётом неблагоприятного уклона и ветровой нагрузки различают устойчивость грузовую – проверяют на опрокидывание в сторону подвешенного груза, и собственную – на случай опрокидывания без груза в сторону противовеса. В обоих случаях коэффициенты составляют  $\geq 1,15$ . Если дополнительные составляющие не учитывают, то коэффициенты  $\geq 1,4$ .

Для поворотного крана, вращающегося относительно неподвижной колонны, устойчивость обеспечивают за счёт фундамента, а противовес снижает величину горизонтальных составляющих на неподвижную колонну – см. формулу для определения  $F_h$  – что улучшает условия работы конструкции с уменьшением усилия поворота.

### ВНИМАНИЕ

Материал лекции прорабатывается и дополняется по источникам, приведённым в «Детали машин» (программные вопросы по разделу «Подъёмно-транспортные машины») для студентов очного обучения. Не исключаются и другие источники, в том числе и ИНТЕРНЕТ, как добавление.

Проработка подтверждается представлением письменных ответов на вопросы 49,51,52,53,55,56 вышеупомянутых ...**программные вопросы по разделу...**

Ответы рукописные, выполняются на листах формата А4 (по «зевре» с шагом 1 см или листы в клетку) **аккуратно и разборчиво**, ориентация книжная. Все поля по 20 мм (можно писать с обеих сторон листа). *На левом поле каждого листа вдоль по центру указывается группа, фамилия и дата написания (лист повернуть, чтобы поле оказалось сверху).* Обязательно записывается вопрос, затем приводится ответ. Листы нумеруются, соединяются скрепкой и представляются на

занятиях и консультации (во время карантина сдаются лаборанту, ауд. 310). Срок сдачи – конец следующей недели после лекции по расписанию.

Ответы следует сопровождать рукописными схемами и рисунками в карандаше, при необходимости можно заимствовать сложные фигуры из ИНТЕРНЕТА с рукописным добавлением позиций с наименованиями непосредственно на поле рисунка.

ВАША оценка будет складываться как суммарная, в том числе регулярность работы, полнота и качество ответов, тестирование, выполнение расчётов... . Успеха в учёбе!