

10. Методика расчета размещения и крепления грузов в вагонах

10.1. Вводные положения к Методике расчета

При определении способов размещения и крепления груза должны наряду с его массой учитываться следующие силы и нагрузки:

- продольные горизонтальные инерционные силы, возникающие при движении в процессе разгона и торможения поезда, при соударении вагонов во время маневров и роспуске с сортировочных горок;
- поперечные горизонтальные инерционные силы, возникающие при движении вагона и при вписывании его в кривые и переходные участки пути;
- вертикальные инерционные силы, вызываемые ускорениями при колебаниях движущегося вагона;
- ветровая нагрузка;
- силы трения.

Точкой приложения продольных, поперечных и вертикальных инерционных сил является центр тяжести груза (**ЦТ_{гр}**). Точкой приложения равнодействующей ветровой нагрузки принимается геометрический центр наветренной поверхности груза.

Особенности расчета размещения и крепления длинномерных грузов приведены в пункте 12 настоящей главы.

10.2. Определение инерционных сил и ветровой нагрузки, действующих на груз

10.2.1. Продольная инерционная сила (**F_{пр}**) определяется по формуле:

$$F_{пр} = a_{пр} Q_{гр} (тс), \quad (4)$$

где **a_{пр}** – удельная продольная инерционная сила на 1 т массы груза, тс/т;
Q_{гр} – масса груза, т.

Значения **a_{пр}** для конкретной массы груза определяются по формулам:

- при погрузке с опорой на один вагон:

$$a_{пр} = a_{22} - \frac{Q_{гр}^0 (a_{22} - a_{94})}{72} (тс/т); \quad (5)$$

- при погрузке с опорой на два вагона:

$$a_{пр} = a_{44} - \frac{Q_{гр}^0 (a_{44} - a_{188})}{144} (тс/т), \quad (6)$$

где **Q_{гр}⁰** – общая масса груза в вагоне или на сцепе, т;
a₂₂, a₉₄, a₄₄, a₁₈₈ – значения удельной продольной инерционной силы в зависимости от типа крепления при массе брутто соответственно вагона: 22 т и 94 т; сцепа: 44 т и 188 т (принимаются по таблице 29).

Таблица 29

Значения удельной продольной инерционной силы в зависимости от типа крепления груза

Тип крепления	Значения $a_{пр}$ (тс/т) при опирании груза на			
	один вагон		два вагона	
	a_{22}	a_{94}	a_{44}	a_{188}
Упругое: – проволочные растяжки и обвязки, тросовые растяжки и обвязки с натяжным устройством, металлические полосовые обвязки; – деревянные упорные, распорные бруски; – крепление груза в кассете, пирамиде и т.п. с упором груза в их элементы через деревянные бруски; – крепление металлическими упорными конструкциями, закрепленными к вагону болтами: груза, упакованного в деревянный ящик, неупакованного груза в случае, когда между грузом и металлическим упором уложен деревянный брусок	1,2	0,97	1,2	0,86
Жесткое: – крепление груза к вагону болтами, шпильками, иными аналогичными средствами крепления; – в случае размещения груза (за исключением упакованного в деревянный ящик) с непосредственным упором в элементы конструкции вагона; – крепление кассеты, пирамиды и т.п. к стоечной скобе платформы болтами, при помощи металлических стоек или металлических упоров; – крепление металлическими упорными конструкциями, закрепленными к вагону болтами, неупакованного груза из металла, железобетона	1,9	1,67	1,9	1,56

10.2.2. Поперечная горизонтальная инерционная сила $F_{п}$ с учетом действия центробежной силы определяется по формуле:

$$F_{п} = a_{п} Q_{гр} / 1000 \text{ (тс)}, \quad (7)$$

где $a_{п}$ – удельная поперечная инерционная сила на 1 т массы груза, кгс/т.

Для грузов с опорой на один вагон $a_{п}$ определяется по формуле:

$$a_{п} = a_{с} + \frac{2(a_{ш} - a_{с})}{l_{в}} l_{гр} \text{ (кгс/т)}, \quad (8)$$

где $a_{с}$, $a_{ш}$ – удельные поперечные инерционные силы для случаев, когда ЦТ_{гр} находится в вертикальных поперечных плоскостях, проходящих соответственно: через середину вагона, через шкворневую балку (таблица 29), кгс/т;

$l_{в}$ – база вагона, м;

$l_{гр}$ – расстояние от ЦТ_{гр} до поперечной плоскости симметрии вагона, м.

Для длинномерных грузов, перевозимых на сцепках с опорой на два вагона, a_n принимается по таблице 30.

Таблица 30

Значения удельных поперечных инерционных сил

Размещение груза	Значения удельных поперечных инерционных сил, кгс/т
С опорой на один вагон и расположением ЦТ _{гр} в вертикальной поперечной плоскости, проходящей через:	
- середину вагона, a_c	330
- шкворневую балку, $a_{ш}$	550
С опорой на два вагона	400

10.2.3. Вертикальная инерционная сила F_v определяется по формуле:

$$F_v = a_v Q_{гр}/1000 \text{ (тс)}, \quad (9)$$

где a_v – удельная вертикальная сила на 1 тонну массы груза, кгс/т, которая определяется по формуле:

$$a_v = 250 + k l_{гр} + \frac{2140}{Q_{гр}^0} \text{ (кгс/т)}. \quad (10)$$

При загрузке вагона грузом массой менее и равной 10т значение $Q_{гр}^0$ принимают равным 10 т. Коэффициент k при погрузке с опорой на один вагон принимают равным 5, с опорой на два вагона – 20.

10.2.4. Ветровая нагрузка W_n определяется с учетом удельной ветровой нагрузки, равной 50 кгс/м², по формуле:

$$W_n = 50 S_n/1000 \text{ (тс)}, \quad (11)$$

где S_n – площадь наветренной поверхности груза (проекция поверхности груза, выступающей за пределы боковых бортов платформы либо боковых стен полувагона, на продольную плоскость симметрии вагона), м². Для цилиндрической поверхности S_n принимается равной половине площади наветренной поверхности груза.

10.3. Определение сил трения

10.3.1. Силы трения, препятствующие перемещению груза, опирающегося на один или два вагона без применения турникетных опор, определяются по формулам:

– в продольном направлении:

$$F_{тр}^{пп} = Q_{гр} \mu \text{ (тс)}, \quad (12)$$

– в поперечном направлении:

$$F_{тр}^n = Q_{гр} \mu (1000 - a_v)/1000 \text{ (тс)}, \quad (13)$$

где μ – коэффициент трения между контактирующими поверхностями груза и вагона (или подкладок).

Значения коэффициентов трения скольжения между очищенными от грязи, снега, льда опорными поверхностями груза, подкладок и пола вагона (в зимний период посыпанных тонким слоем песка) принимаются равными:

– дерево по дереву	0,45;
– сталь по дереву	0,40;
– сталь по стали	0,30;
– железобетон по дереву	0,55;
– вертикально устанавливаемые рулоны листовой стали (штрипсы) с открытыми торцами по дереву	0,61;
– пачки промасленной листовой стали по дереву	0,21;
– резина по дереву (для колесной техники)	0,50;
– алюминий по дереву	0,38;
– свинец и цинк по дереву	0,37.
Коэффициент трения качения принимается равным	0,10.

Применение в расчетах иных значений коэффициента трения (для других контактирующих материалов или при особых условиях контактирования) должно быть обосновано в соответствии с требованиями, изложенными в Приложении 2 к настоящей главе.

Особенности определения сил трения, препятствующих перемещению длинномерных грузов при их размещении с применением турникетных опор, рассмотрены в Приложении 1 к настоящей Главе.

10.3.2. При размещении на платформе с деревометаллическим полом груза без применения подкладок, центр тяжести которого совпадает с его геометрическим центром (рисунок 39), силы трения, препятствующие перемещению груза, определяются по формулам:

– в продольном направлении:

$$F_{\text{тр}}^{\text{пп}} = F_{\text{тр1}}^{\text{пп}} + F_{\text{тр2}}^{\text{пп}} + F_{\text{тр3}}^{\text{пп}} (T_c), \quad (14)$$

где $F_{\text{тр1}}^{\text{пп}}$, $F_{\text{тр2}}^{\text{пп}}$, $F_{\text{тр3}}^{\text{пп}}$ – силы трения, действующие на участках опирания груза на поверхность пола. Их значения определяются по формулам:

$$F_{\text{тр1}}^{\text{пп}} = Q_{\text{гр}} \frac{a}{d} \mu_1 (T_c); \quad (15)$$

$$F_{\text{тр2}}^{\text{пп}} = Q_{\text{гр}} \frac{b}{d} \mu_2 (T_c); \quad (16)$$

$$F_{\text{тр3}}^{\text{пп}} = Q_{\text{гр}} \frac{c}{d} \mu_3 (T_c), \quad (17)$$

где μ_1 , μ_2 , μ_3 – коэффициенты трения части груза о соответствующие участки поверхности пола;

a/d , b/d , c/d – доли массы груза, которые приходятся на соответствующие участки поверхности пола;

– в поперечном направлении:

$$F_{\text{тр}}^n = Q_{\text{гр}} \left(\frac{a}{d} \mu_1 + \frac{b}{d} \mu_2 + \frac{c}{d} \mu_3 \right) (1000 - a_v) / 1000 \text{ (тс)}, \quad (18)$$

где a_v – удельная вертикальная инерционная сила, определяемая по формуле (10), кгс/т.

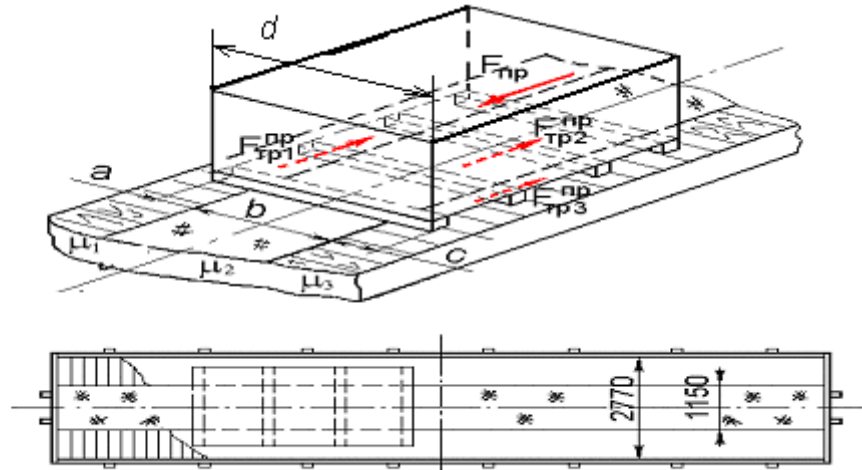


Рисунок 39 – Силы трения, действующие на участках опирания груза на поверхность деревометаллического пола платформы

Груз, расположенный несимметрично продольной плоскости симметрии платформы (рисунок 40), может испытывать дополнительное воздействие момента вращения ($M_{\text{тр}}$) в горизонтальной плоскости относительно вертикальной оси, проходящей через его центр тяжести.

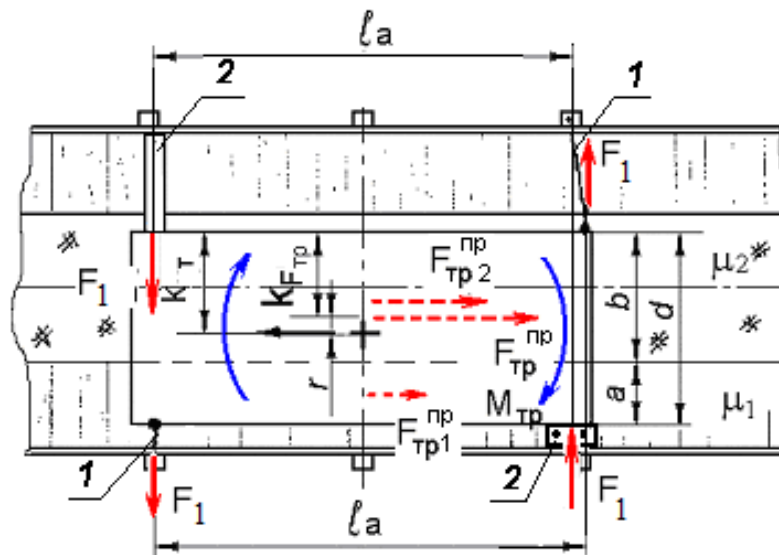


Рисунок 40 – Момент вращения, действующий на груз, расположенный несимметрично относительно продольной плоскости симметрии платформы с деревометаллическим полом
1 – растяжка; 2 – распорный брусок

Момент вращения $M_{тр}$ определяется по формуле:

$$M_{тр} = F_{тр}^{np} \cdot r \text{ (тсм)}, \quad (19)$$

где r – плечо силы трения $F_{тр}^{np}$, определяемое как абсолютная величина разности:

$$r = |K_{цт} - K_{Fтр}| \text{ (м)}, \quad (20)$$

где $K_{цт}$, $K_{Fтр}$, – координаты в поперечном направлении центра тяжести соответственно груза и силы трения $F_{тр}^{np}$ относительно края поверхности опирания груза на пол, м.

$$K_{Fтр} = \frac{F_{тр1}^{np} (b + a/2) + F_{тр2}^{np} b/2}{F_{тр1}^{np} + F_{тр2}^{np}} \text{ (м)} \quad (21)$$

При $r = 0$ момент вращения груза отсутствует, и расчет проводят только для плоско-параллельного движения.

Дополнительные усилия ($F_{доп}$), которые должны создаваться средствами крепления для предотвращения разворота груза, определяют по формуле:

$$F_{доп} = M_{тр} / l_a \text{ (тс)}, \quad (22)$$

где l_a – расстояние между вертикальными плоскостями, проведенными через $F_{доп}$, м.

Усилие в растяжке, соответствующее $F_{доп}$, определяют с учетом углов наклона растяжки.

10.4. Определение устойчивости груженого вагона и груза в вагоне

10.4.1. Высота общего центра тяжести вагона с грузом (рисунок 41) определяется по формуле:

$$H_{цт}^0 = \frac{Q_{гр1} h_{цт1} + Q_{гр2} h_{цт2} + \dots + Q_{грn} h_{цтn} + Q_t H_{цт}^B}{Q_{гр}^0 + Q_t} \text{ (мм)}, \quad (23)$$

где Q_t – масса тары вагона, т;
 $h_{цт1}$, $h_{цт2}$, ... $h_{цтn}$ – высота ЦТ единиц груза от УГР, мм;
 $H_{цт}^B$ – высота ЦТ порожнего вагона от УГР, мм (таблица 31).

Таблица 31

Площадь наветренной поверхности и высота центра тяжести вагонов,
значения коэффициентов **p** и **q**

Тип вагона	Площадь наветренной поверхности, м ²	Высота ЦТ порожнего вагона от УГР, м	Значение коэффициентов	
			P	q
Четырехосный полувагон: - с объемом кузова до 77 м ³ - с объемом кузова 83-88 м ³	34 37	1,13 1,13	5,61 5,61	0,11 0,11
Четырехосная платформа базой 9720 мм: - с закрытыми бортами - с открытыми бортами	13 7	1 234 0,8 0,8	3,34 3,34	0,10 0,10
Четырехосная платформа базой 14400 мм: - с закрытыми бортами - с открытыми бортами	16 11	0,8 0,8	4,11 4,11	0,08 0,08
Четырехосная платформа базой 14720 мм	9	0,8	3,30	0,08

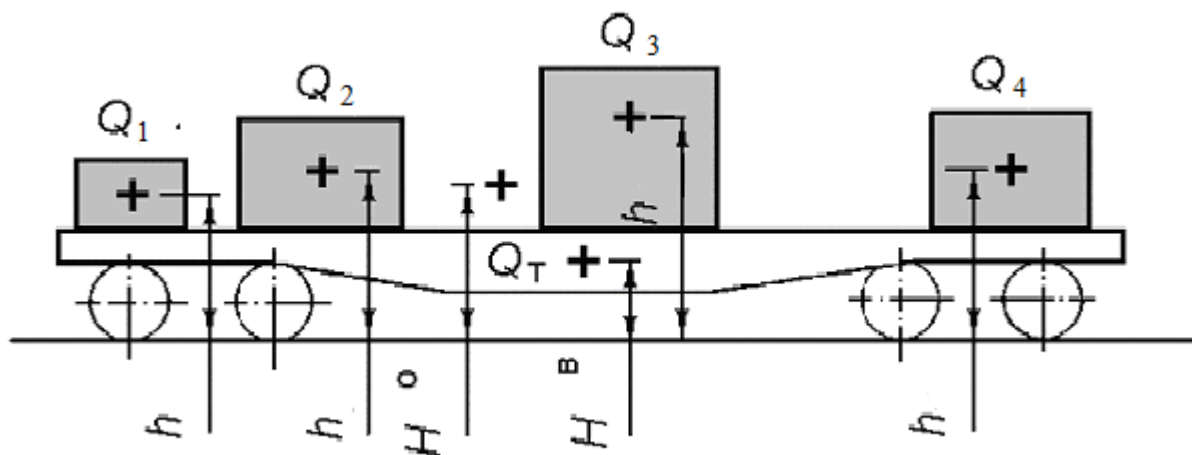


Рисунок 41 – Определение высоты общего центра тяжести вагона с грузом относительно УГР

1

10.4.2. Поперечная устойчивость вагона проверяется в случаях, когда высота центра тяжести вагона с грузом (сцепы с грузом, если груз опирается на один вагон) от УГР превышает 2300 мм или наветренная поверхность вагона с грузом превышает 50 м².

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие:

$$\frac{P_{\text{ц}} + P_{\text{в}}}{P_{\text{ст}}} \leq 0,55, \quad (24)$$

где $P_{\text{ст}}$ — статическая нагрузка от колеса на рельс, тс;

$P_{ц} + P_{в}$ – дополнительная вертикальная нагрузка на колесо от действия центробежной силы и ветровой нагрузки, тс.

Статическая нагрузка $P_{ст}$ определяется по следующим формулам.

При симметричном размещении груза относительно продольной и поперечной плоскостей симметрии вагона:

$$P_{ст} = \frac{Q_{г} + Q_{гр}^0}{n_{к}} \quad (\text{тс}) \quad (25)$$

При смещении груза только поперек вагона:

$$P_{ст} = \frac{1}{n_{к}} (Q_{г} + Q_{гр}^0 (1,0 - \frac{b_{см}}{S})) \quad (\text{тс}) \quad (26)$$

При смещении груза только вдоль вагона - для менее нагруженной тележки:

$$P_{ст} = \frac{2}{n_{к}} (\frac{Q_{г}}{2} + Q_{гр}^0 (0,5 - \frac{l_{см}}{l_{в}})) \quad (\text{тс}) \quad (27)$$

При одновременном смещении груза вдоль и поперек вагона - для менее нагруженной тележки:

$$P_{ст} = \frac{2}{n_{к}} (\frac{Q_{г}}{2} + Q_{гр}^0 (0,5 - \frac{l_{см}}{l_{в}})(1,0 - \frac{b_{см}}{S})) \quad (\text{тс}), \quad (28)$$

где $n_{к}$ – число колес грузонесущего вагона;

$2S = 1580$ мм – расстояние между кругами катания колесной пары.

Дополнительная вертикальная нагрузка на колесо от действия центробежных сил и ветровой нагрузки определяется по формуле:

$$P_{ц} + P_{в} = \frac{1}{n_{к} S} (0,075(Q_{г} + Q_{гр}^0) H_{цг}^0 + W_{п} h + 1000p) \quad (\text{тс}), \quad (29)$$

где $W_{п}$ – ветровая нагрузка, действующая на части груза, выступающие за пределы кузова вагона, тс;

h – высота геометрического центра наветренной поверхности груза от УГР, мм;

p – коэффициент, учитывающий ветровую нагрузку на кузов и тележки грузонесущих вагонов и поперечное смещение ЦТ груза за счет деформации рессор. Значения p приведены в таблице 30.

Особенности определения устойчивости сцепов вагонов с размещенными на них длинномерными грузами, если груз опирается на два вагона, рассматриваются в пункте 12 настоящей главы.

10.4.3. Кроме поступательных перемещений грузы в процессе перевозки могут подвергаться опрокидыванию. Коэффициент запаса устойчивости груза от опрокидывания определяется по формулам:

– при опрокидывании вдоль вагона (рисунок 42):

$$\eta_{np} = \frac{l_{np}^0}{a_{np} (h_{цт} - h_{y^{np}})}; \quad (30)$$

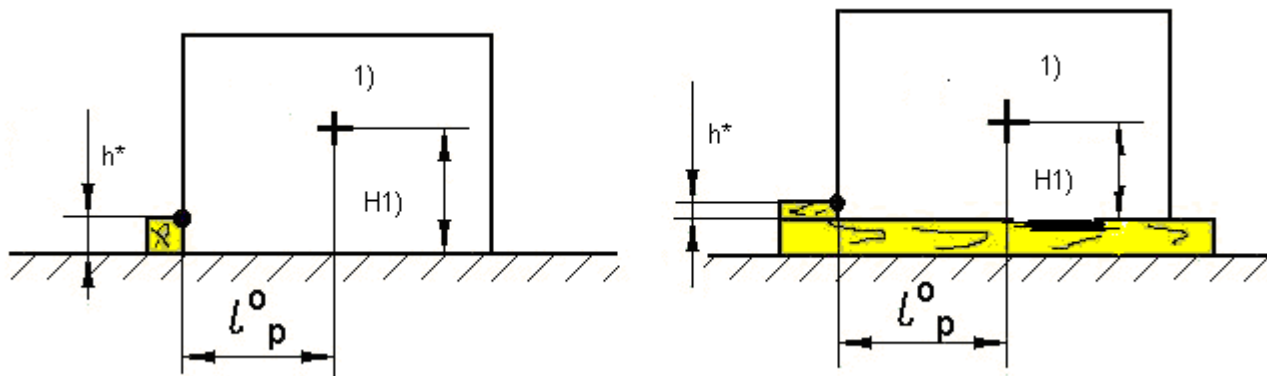


Рисунок 42 – Варианты расположения упоров от опрокидывания груза в продольном направлении

1)- центр тяжести груза, H1)-высота центра тяжести груза, h*- высота упорного бруска

– при опрокидывании поперек вагона (рисунок 43):

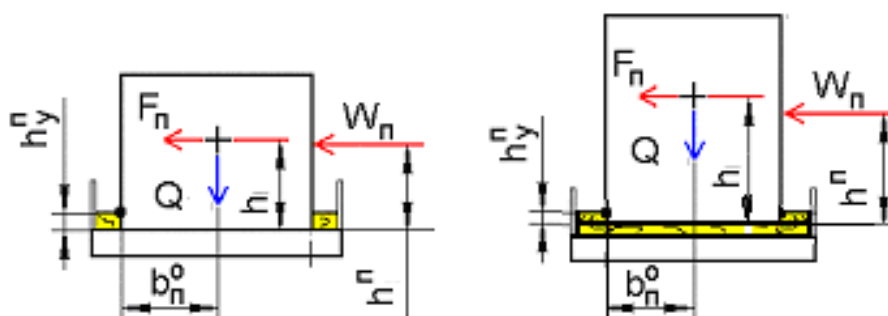
$$\eta_n = \frac{Q_{гр} b_n^0}{F_n (h_{цт} - h_{y^n}) + W_n (h_{нп^n} - h_{y^n})}, \quad (31)$$

где l_{np}^0, b_n^0 – кратчайшие расстояния от проекции ЦТ груза на горизонтальную плоскость до ребра опрокидывания соответственно вдоль и поперек вагона, мм;

$h_{цт}$ – высота ЦТ груза над полом вагона или плоскостью подкладок, мм;

$h_{y^{np}}, h_{y^n}$ – высота соответственно продольного и поперечного упора от пола вагона или плоскости подкладок, мм;

$h_{нп^n}$ – высота центра наветренной поверхности груза от пола вагона или плоскости подкладок, мм.



**Рисунок 43 – Варианты расположения упоров от опрокидывания груза
в поперечном направлении**

Если значения η_{np} и η_n составляют не менее 1,25, груз является устойчивым, дополнительное закрепление его от опрокидывания не требуется.

Если значение η_{np} или η_n составляет менее 1,25, устойчивость груза должна быть обеспечена соответствующим креплением:

– грузы, значение η_{np} или η_n которых менее 0,8, а также грузы, для которых одновременно η_{np} и η_n менее 1,0, следует перевозить с использованием специальных устройств (металлических кассет, каркасов и пирамид), конструкция и параметры которых должны быть обоснованы отправителем расчетами;

– если значение η_{np} или η_n находится в пределах от 0,8 до 1,0 включительно, то закрепление груза от поступательных перемещений и от опрокидывания рекомендуется выполнять раздельно, независимыми средствами крепления. При закреплении груза от опрокидывания в поперечном направлении растяжками следует стремиться к их установке таким образом, чтобы проекция растяжки на пол вагона была перпендикулярна к продольной плоскости симметрии вагона, а место закрепления растяжки на грузе находилось на максимальной высоте от уровня пола;

– если значение η_{np} или η_n находится в пределах от 1,01 до 1,25 включительно, допускается закреплять груз от опрокидывания и от поступательных перемещений едиными средствами крепления, воспринимающими как продольные, так и поперечные инерционные силы.

При закреплении груза растяжками усилие в растяжках от опрокидывания определяется по формулам:

– в продольном направлении (рисунок 44-1):

$$R_{np}^0 = \frac{1,25 F_{np} (h_{шт} - h_{y^{np}}) - Q_{гр} l_{np}^0}{n_p^{np} (h_p \cos \alpha \cos \beta_{np} + l_{np}^p \sin \alpha)} \quad (тс); \quad (32)$$

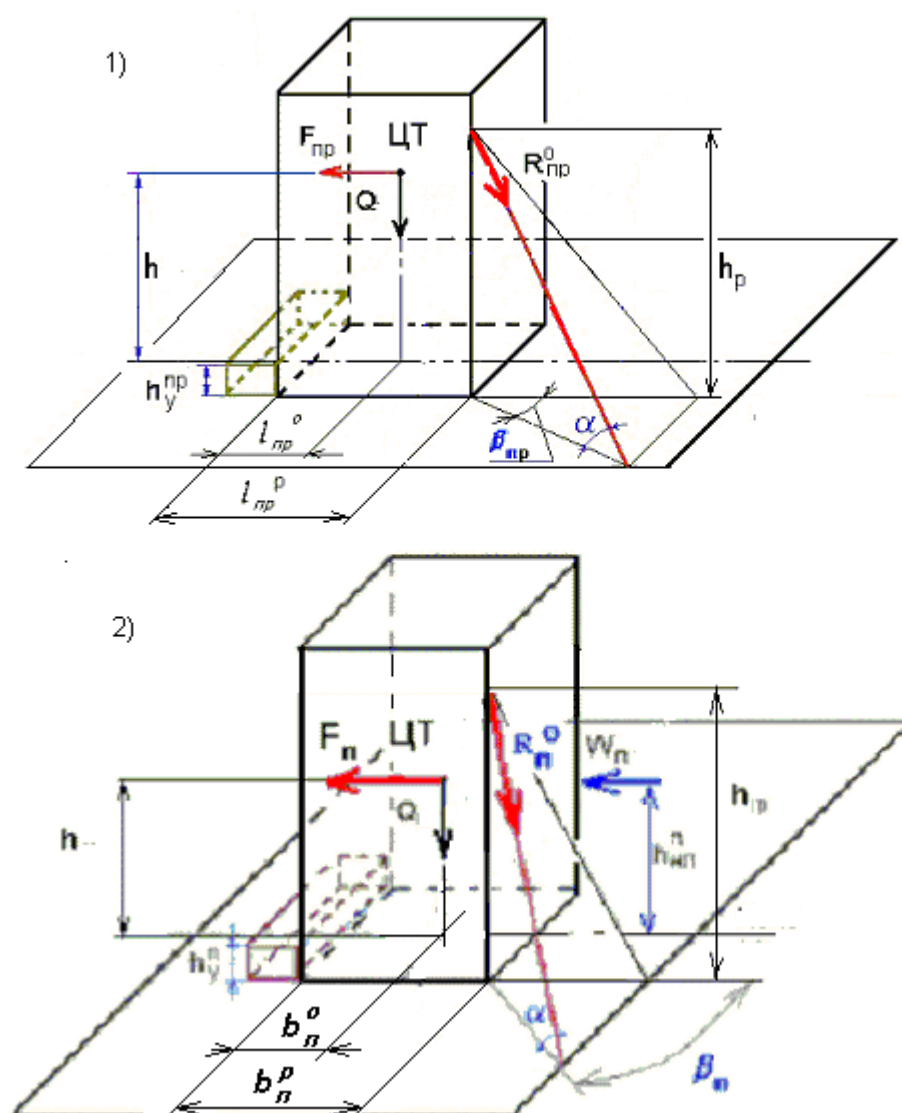


Рисунок 44 – Крепление груза от опрокидывания растяжками:

1) – в продольном направлении;

2) – в поперечном направлении

– в поперечном направлении (рисунок 44-2):

$$R_{н}^0 = \frac{1,25(F_{н} (h_{цт} - h_{у}^n) + W_{н} (h_{шт} - h_{у}^n)) - Q_{гр} b_{н}^0}{n_{п}^n (h_{п} \cos \alpha \cos \beta_{п} + b_{п}^p \sin \alpha)} \quad (тс) \quad (32a)$$

В формулах 32 и 32а:

α – угол наклона растяжки к полу вагона;

$\beta_{пр}$, $\beta_{п}$ – углы между проекцией растяжки на горизонтальную плоскость и соответственно продольной, поперечной плоскостями симметрии вагона;

$n_{п}^{пр}$, $n_{п}^n$ – число растяжек, работающих в одном направлении;

l_{np}^p , b_{np}^p – расстояния от точки закрепления растяжки на грузе до вертикальных плоскостей, проходящих через ребро опрокидывания соответственно в продольном, поперечном направлениях, мм;

h_p – высота точки закрепления растяжки на грузе относительно уровня пола вагона (подкладок), мм.

При закреплении груза от опрокидывания обвязками (рисунок 45) должны быть выполнены следующие требования:

- обвязки должны быть установлены в плоскостях, перпендикулярных продольной плоскости симметрии вагона;
- при закреплении от опрокидывания в продольном направлении количество обвязок должно быть не менее двух;
- на грузе обвязки должны располагаться симметрично относительно его центра тяжести;
- при установке обвязок в плоскости, не параллельной поперечной плоскости симметрии вагона (наклонные обвязки), должно быть обеспечено их крепление на грузе от сдвига.

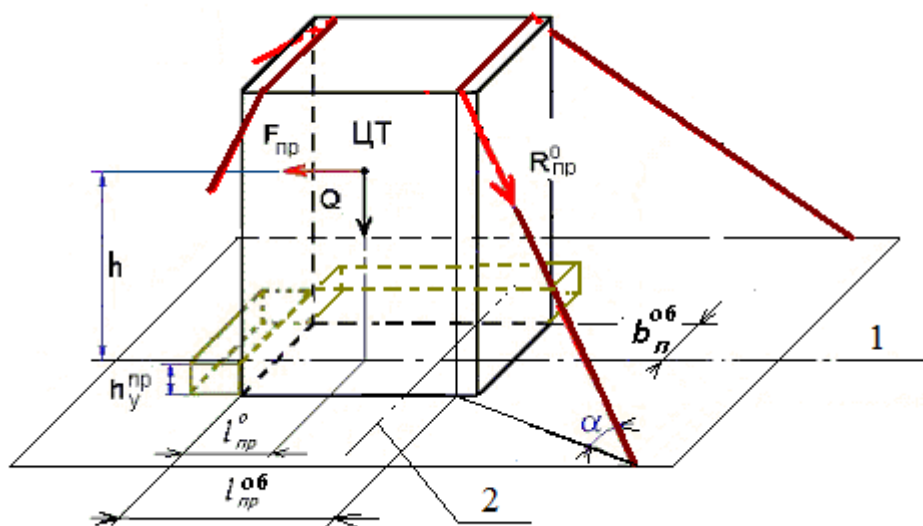


Рисунок 45 – Крепление груза от опрокидывания обвязками
1- продольная и 2- поперечная оси вагона

При закреплении груза от опрокидывания обвязками усилие в них определяется по формулам:

- в продольном направлении:

$$R_{np}^o = \frac{1,25 F_{np} (h_{цт} - h_{y}^{np}) - Q_{гр} l_{np}^o}{2n_{об}^{np} l_{np}^{об} \sin \alpha} \quad (тс); \quad (33)$$

- в поперечном направлении:

$$R_{np}^o = \frac{1,25(F_{np} (h_{цт} - h_{y}^{np}) + W_{п} (h_{цт}^{п} - h_{y}^{п})) - Q_{гр} b_{np}^o}{2n_{об}^{п} b_{np}^{об} \sin \alpha} \quad (тс), \quad (33a)$$

где $n_{об}^{пр}$, $n_{об}^{п}$ – число обвязок, работающих в одном направлении;

$l_{пр}^{об}$ – расстояние от линии огибания обвязкой груза до вертикальной плоскости, проходящей через ребро опрокидывания в продольном направлении, мм;

$b_{п}^{об}$ – расстояние от проекции центра тяжести груза на пол вагона до вертикальной плоскости, проходящей через ребро опрокидывания в поперечном направлении, мм; остальные обозначения те же, что в формулах 32 и 32а.

10.5. Выбор и расчет средств крепления. Допускаемые нагрузки на средства крепления

Крепление груза в зависимости от его конфигурации и параметров, характера возможных перемещений и других факторов осуществляется растяжками, обвязками, упорными и распорными брусками, ложементами и другими средствами крепления (таблица 32).

У техники на колесном и гусеничном ходу, способ размещения и крепления которой устанавливается Схемой погрузки, поворотную в горизонтальной плоскости часть техники, не демонтированную или частично демонтированную стрелу дополнительно к креплению, предусмотренному требованиями технической документации на груз, закрепляют в соответствии с пунктом 8 главы 7 или пунктами 2.6.2 и 2.6.3 главы 8 настоящих ТУ.

Таблица 32

Рекомендации по выбору средств крепления грузов

Грузы	Возможные перемещения груза	Рекомендуемые средства крепления
Штучные с плоскими опорами	Поступательные продольные и поперечные перемещения	Упорные, распорные бруски; растяжки, обвязки
	Опрокидывание продольное, поперечное	Растяжки, обвязки; упорные бруски; кассеты, каркасы, пирамиды и пр.
Цилиндрической формы, размещаемые на образующую	Продольное (поперечное) поступательное перемещение	Упорные, распорные бруски; растяжки, обвязки
	Перекачивание поперек (вдоль) вагона	Упорные бруски, ложементы; обвязки, растяжки
На колесном ходу	Перекачивание вдоль (поперек) вагона	Упорные бруски; растяжки; многооборотные колесные упоры (башмаки)
	продольное, поперечное поступательное перемещение	Упорные, распорные бруски; растяжки
С плоскими опорами, размещаемые штабелями	Поступательные продольные и поперечные перемещения всего штабеля или отдельных единиц	Упорные, распорные бруски; увязки, растяжки, обвязки; щиты ограждения; стойки; каркасы, кассеты
Длинномерные	Продольные и поперечные поступательные перемещения	Растяжки, обвязки; щиты ограждения, стойки
	Поперечное опрокидывание	Обвязки, растяжки; подкосы, упорные бруски; ложементы

10.5.1. Продольное $\Delta F_{пр}$ и поперечное $\Delta F_{п}$ усилия, которые воспринимают средства крепления, определяются по формулам:

$$\Delta F_{пр} = F_{пр} - F_{тр}^{пр} \text{ (тс);} \quad (34)$$

$$\Delta F_{п} = n (F_{п} + W_{п}) - F_{тр}^{п} \text{ (тс),} \quad (35)$$

где n – коэффициент, значения которого принимается равным 1,0 при разработке способов размещения и крепления грузов, включаемых в настоящие ТУ или 1,25 – для Схемы погрузки.

Эти усилия могут восприниматься как одним, так и несколькими видами средств крепления:

$$\Delta F_{пр} = \Delta F_{пр}^p + \Delta F_{пр}^b + \Delta F_{пр}^{об} \text{ (тс);} \quad (36)$$

$$\Delta F_{п} = \Delta F_{п}^p + \Delta F_{п}^b + \Delta F_{п}^{об} \text{ (тс),} \quad (37)$$

где $\Delta F_{пр}^p$, $\Delta F_{п}^p$, $\Delta F_{пр}^b$, $\Delta F_{п}^b$, $\Delta F_{пр}^{об}$, $\Delta F_{п}^{об}$ – части продольного или поперечного усилия, воспринимаемые соответственно растяжками, брусками, обвязками.

При разработке способов крепления грузов от продольного смещения предпочтительно обеспечивать их устойчивость одним видом средств крепления.

В случае, когда коэффициент трения μ_2 между подкладками и полом меньше коэффициента трения μ_1 между грузом и подкладками ($\mu_2 < \mu_1$), для реализации величин сил трения $F_{тр}^{пр}$ и $F_{тр}^{п}$ подкладки должны быть закреплены к полу вагона. Суммарное количество гвоздей для закрепления подкладок определяется по формуле:

$$n_{гв}^{п} = 1000 Q_{гр} (\mu_1 - \mu_2) / R_{гв} \text{ (шт),} \quad (38)$$

где $R_{гв}$ – допускаемое усилие на один гвоздь, принимается по таблице 35.

10.5.2. При закреплении груза от смещения растяжками (рисунок 46-1) величину усилий в растяжках с учетом увеличения сил трения от вертикальных составляющих усилий в них определяют по формулам:

– от сил, действующих в продольном направлении:

$$R_{пр}^{пр i} = \frac{\Delta F_{пр}}{\Sigma (n_{пр}^{пр i} (\mu \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{пр i}))} \text{ (тс);} \quad (39)$$

– от сил, действующих в поперечном направлении:

$$R_{п}^{п i} = \frac{\Delta F_{п}}{\Sigma (n_{п}^{п i} (\mu \sin \alpha_i + \cos \alpha_i \cos \beta_{п i}))} \text{ (тс),} \quad (40)$$

где $R_{пр}^{пр i}$, $R_{п}^{п i}$ – усилия в i -той растяжке;
 $n_{пр}^{пр i}$, $n_{п}^{п i}$ – количество растяжек, работающих одновременно в одном направлении, расположенных под одинаковыми углами α_i , $\beta_{пр i}$, $\beta_{п i}$;
 α_i – угол наклона i -той растяжки к полу вагона;
 $\beta_{пр i}$, $\beta_{п i}$ – углы между проекцией i -той растяжки на пол вагона и, соответственно, продольной, поперечной плоскостями симметрии вагона;

μ – коэффициент трения между контактирующими поверхностями груза и вагона (подкладок).

В случаях, когда растяжки используются для закрепления груза одновременно от смещения и опрокидывания, растяжки должны рассчитываться по суммарным усилиям $(R_p^{np} + R_{np}^o)$ и $(R_p^n + R_n^o)$.

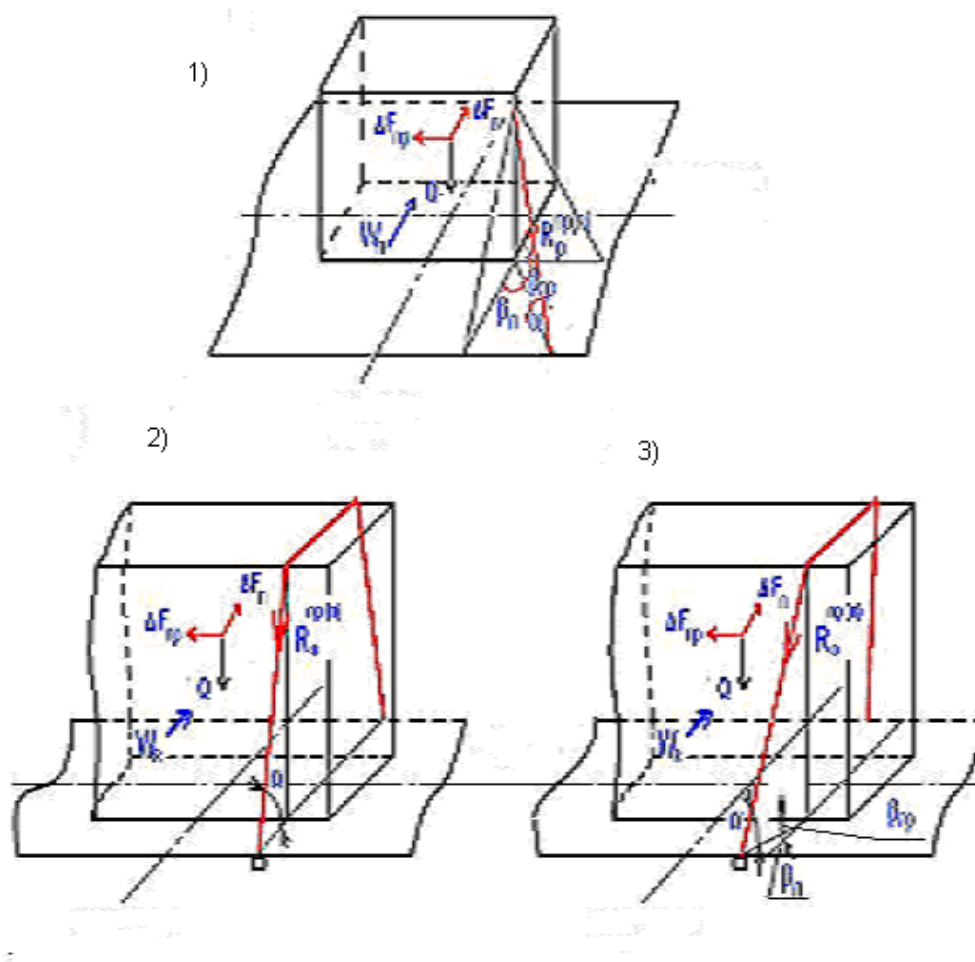


Рисунок 46 – Расчетные схемы усилий в растяжке, обвязке

1) – в растяжке; 2) – в обвязке вертикальной; 3 - в обвязке наклонной.

Количество нитей в растяжке или ее сечение определяется по большему усилию $(R_p^{np} + R_{np}^o)$ или $(R_p^n + R_n^o)$ в соответствии с таблицами 33 и 34.

В случае использования проволочных растяжек, работающих на одном грузе в одном направлении и отличающихся по длине более чем в 2 раза или имеющих разные углы наклона к полу вагона, расчет параметров растяжек следует производить по методике, приведенной в Приложении 3 к настоящей главе.

Не рекомендуется устанавливать проволочные растяжки длиной более 4 метров.

Допускаемые растягивающие нагрузки на проволочные средства крепления
в зависимости от диаметра проволоки и числа нитей (кгс)

Число нитей	Диаметр проволоки, мм									
	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,3	6,5	7,0	7,5	8,0
2	$\frac{270}{440}$	$\frac{350}{560}$	$\frac{430}{680}$	$\frac{530}{840}$	$\frac{620}{980}$	$\frac{680}{1080}$	$\frac{730}{1150}$	$\frac{850}{1350}$	$\frac{970}{1550}$	$\frac{1100}{1750}$
4	$\frac{540}{880}$	$\frac{700}{1120}$	$\frac{860}{1360}$	$\frac{1060}{1680}$	$\frac{1240}{1960}$	$\frac{1360}{2160}$	$\frac{1460}{2300}$	$\frac{1700}{2700}$	$\frac{1940}{3100}$	$\frac{2200}{3500}$
6	$\frac{810}{1320}$	$\frac{1050}{1680}$	$\frac{1290}{2040}$	$\frac{1590}{2520}$	$\frac{1860}{2940}$	$\frac{2040}{3240}$	$\frac{2190}{3450}$	$\frac{2550}{4050}$	$\frac{2910}{4650}$	$\frac{3300}{5250}$
8	$\frac{1080}{1760}$	$\frac{1400}{2240}$	$\frac{1720}{2720}$	$\frac{2120}{3360}$	$\frac{2480}{3920}$	$\frac{2720}{4320}$	$\frac{2920}{4600}$	$\frac{3400}{5400}$	$\frac{3880}{6200}$	$\frac{4400}{7000}$

Примечание. В числителе приведены значения для способов крепления по Схеме погрузки, в знаменателе – по ТУ.

10.5.3. При закреплении груза от продольного и поперечного смещения обвязками, расположенными в плоскости, параллельной поперечной плоскости симметрии вагона (рисунок 46-2)), усилие в обвязке определяют по формулам:

- от сил, действующих в продольном направлении:

$$R_{об}^{пр} = \frac{\Delta F_{пр}^{об}}{2 n_{об} \mu \sin \alpha} \text{ (тс);} \quad (41)$$

- от сил, действующих в поперечном направлении:

$$R_{об}^{п} = \frac{\Delta F_{п}^{об}}{2 n_{об} \mu \sin \alpha} \text{ (тс),} \quad (42)$$

где $n_{об}$ – количество обвязок.

Допускается для закрепления груза от продольного и поперечного смещения применять обвязки, расположенные в плоскости, перпендикулярной продольной плоскости симметрии вагона и не параллельной поперечной плоскости симметрии вагона (рисунок 46-3)) («наклонные обвязки»).

В этом случае расчет крепления груза выполняется:

– в продольном направлении – в соответствии с пунктом 11.5.2 настоящей главы, при этом принимается, что каждая боковая ветвь одной обвязки эквивалентна одной растяжке. Усилие в ветвях обвязки определяется по формуле:

$$R_{об}^{пр} = 1,2 R_p^{пр} \text{ (тс),} \quad (43)$$

где $R_p^{пр}$ – усилие в растяжке, определенное по формуле (39) при $n_p^{пр} = 2 n_{об}$;

– в поперечном направлении – по формуле:

$$\Delta F_{п}^{об}$$

$$R_{об}^n = \frac{R}{2 n_{об} \mu \sin \alpha \cos \beta_n} \text{ (тс)}, \quad (44)$$

где β_n – угол между проекцией ветви обвязки на пол вагона и поперечной плоскостью симметрии вагона.

10.5.4. Площадь сечения растяжек и обвязок, за исключением проволочных, определяют по формуле:

$$S = \frac{1000 R}{[\sigma]} \text{ (см}^2\text{)}, \quad (45)$$

где R – усилие в растяжке, обвязке, тс;

$[\sigma]$ – допускаемые напряжения на растяжение; принимают в зависимости от марки стали по таблице 34.

Таблица 34

Допускаемые напряжения стальных элементов крепления в зависимости от вида нагружения

Виды нагружения	Допускаемые напряжения, кгс/см ²
Растяжение - сжатие	1650
То же	1850
Изгиб	1650
То же	1850
Срез	1200
Смятие	2500
Растяжение для болтов	1400

10.5.5. При закреплении груза от смещения брусками количество гвоздей для крепления упорного или распорного бруска к полу вагона определяют по формулам:

– от сил, действующих в продольном направлении:

$$n_{гв} = \frac{1000 \Delta F_{пр}^6}{n_{об}^{пр} R_{гв}} \text{ (шт)}; \quad (46)$$

– от сил, действующих в поперечном направлении:

$$n_{гв} = \frac{1000 \Delta F_n^6}{n_{об}^n R_{гв}} \text{ (шт)}, \quad (47)$$

где $n_{об}^{пр}$, $n_{об}^n$ – количество брусков, одновременно работающих в одном направлении;
 $R_{гв}$ – допускаемое усилие на один гвоздь, принимается по таблице 35.

Допускаемые усилия на гвозди

Диаметр гвоздя, мм	Длина гвоздя, мм	Допускаемое усилие на гвоздь, кгс
4,0	100-120	47
5,0	100-150	75
6,0	150-200	108
8,0	250	192

10.5.6. Грузы цилиндрической формы и на колесном ходу закрепляются от перекатывания деревянными брусками, многооборотными упорами (например, ложементами, упорными рамами, колесными упорами) или упорными деревянными брусками совместно с растяжками (обвязками). При закреплении цилиндрических грузов и грузов на колесном ходу от перекатывания только деревянными брусками или многооборотными упорами необходимая высота упоров (рисунок 47) определяется по формулам:

– от перекатывания вдоль вагона:

$$h_y^{np} = r \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (1,25 a_{np})^2}} \right) \text{ (мм);} \quad (48)$$

– от перекатывания поперек вагона:

$$h_y^n = r \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \varepsilon^2}} \right) \text{ (мм),} \quad (49)$$

$$\text{где } \varepsilon = 1,25 (a_n/1000 + W_n/Q_{гр}), \quad (50)$$

где r – радиус круга катания груза, мм; 1,25 – коэффициент запаса устойчивости при перекатывании груза.

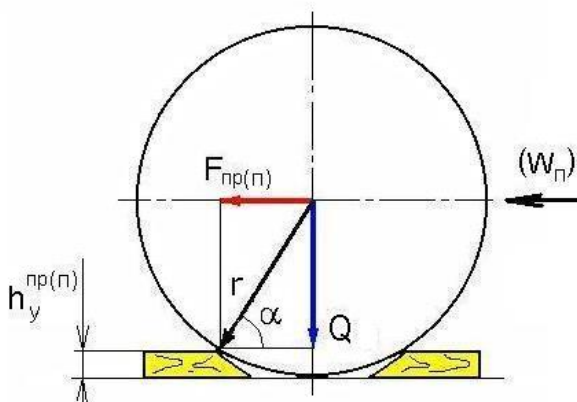


Рисунок 47 – Крепление груза упорными брусками от перекатывания

Число гвоздей для закрепления одного упорного бруска определяют по формулам:

– от перекатывания вдоль вагона:

$$n_{гв}^{np} = \frac{1000 F_{np} (1 - \mu_1 \operatorname{tg} \alpha)}{\quad} \text{ (шт);} \quad (51)$$

$$n_6^{np} R_{ГВ}$$

– от перекатывания поперек вагона:

$$n_{ГВ}'' = \frac{1000 (F_n + W_n) (1 - \mu_1 \operatorname{tg} \alpha)}{n_6'' R_{ГВ}} \text{ (шт)}, \quad (52)$$

где μ_1 – коэффициент трения скольжения между упорным бруском и опорной поверхностью (полом вагона или подкладкой), к которой он прикреплен.

10.5.7. В случае, когда крепление цилиндрического груза от перекатывания осуществляется упорными брусками совместно с обвязками или растяжками (рисунок 48), усилие в обвязке для крепления цилиндрических грузов от перекатывания определяют по формуле:

$$R_{n}^{об} = \frac{1,25[F_n (D/2 - h_y'') + W_n (h_{нп}'' - h_y'')] - Q_{гр} b_n^0}{n_{об}'' b_{пер}} \text{ (тс)}, \quad (53)$$

где $n_{об}''$ – число обвязок;

D – диаметр груза, мм;

$b_{пер}$ – проекция расстояния от ребра опрокидывания до обвязки на поперечную плоскость симметрии вагона, мм.

Усилия в растяжках для крепления цилиндрических грузов от перекатывания определяют по формулам 32, 32а.

В этом случае высота упорных брусков должна составлять:

- для крепления от перекатывания в продольном направлении – не менее $0,1 D$;

- для крепления от перекатывания в поперечном направлении – не менее $0,05 D$.

Число гвоздей для закрепления одного упорного бруска определяют по формулам 51 и 52.

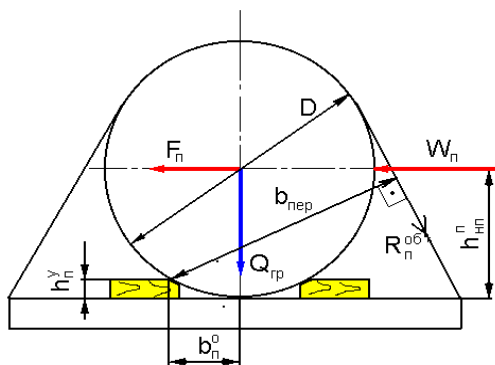


Рисунок 48 – Крепление цилиндрического груза от перекатывания упорными брусками и проволочными обвязками

10.5.8. Расчет на изгиб, сжатие и смятие деревянных съемных деталей крепления и досок пола производят по формулам:

$$\sigma_n = \frac{M}{W} \text{ (кгс/см}^2\text{)}; \quad (54)$$

$$\sigma_c = \frac{1000 F}{S_0} \text{ (кгс/см}^2\text{)}, \quad (54a)$$

где **M** – изгибающий момент, кгс см;
W = bh² / 6 – момент сопротивления изгибу бруска прямоугольного сечения, см³;
b – ширина бруска, см;
h – высота бруска, см;
F – усилие сжатия (смятия), действующее на деталь крепления, тс;
S₀ – суммарная площадь деталей, см², воспринимающая усилие **F**. Усилие **F** определяется для упорных и распорных брусков по формулам 34, 35, а для подкладок и прокладок – по формуле:

$$F = Q_{гр} + F_v + 2n R \sin \alpha \text{ (тс)}, \quad (54b)$$

где **n** – количество обвязок или пар растяжек, удерживающих груз в продольном или (и) поперечном направлении и одновременно работающих в одном направлении;
R – усилие в растяжке или обвязке, тс.

Для настила пола платформ применяют еловые или сосновые доски первого сорта толщиной 48 – 55 мм, шириной 150 мм.

Напряжения не должны превышать допускаемых напряжений для древесины хвойных пород (ель, сосна), приведенных в таблице 36.

Таблица 36

Допускаемые напряжения для древесины хвойных пород (ель, сосна)

Вид напряжений	Допускаемое напряжение, кгс/см ²	
	съемные детали крепления	детали вагонов
Изгиб	120	85
Растяжение вдоль волокон	85	60
Сжатие и смятие вдоль волокон	120	85
Сжатие и смятие поперек волокон	18	12
Смятие местное поперек волокон на части длины (если длина свободного конца детали составляет 100 мм или более, но не менее ее толщины)	30	20
Смятие местное под шайбами при передаче нагрузки поперек волокон (перпендикулярно или под углом не менее 60°)	40	—
Скалывание в лобовых врубках при условии, что длина скалывания не превышает двух полных толщин вставляемой детали или 10 глубин врубки:	вдоль волокон	12
	поперек волокон	6
Скалывание вдоль волокон в щечковых врубках при условии, что длина скалывания не превышает пяти полных толщин детали в сопряжениях деталей под углом:	менее 30°	6
	30° и более	4
	30° и более	—
Срез поперек волокон	55	40

При использовании других пород древесины допускаемое напряжение, приведенное в таблице 35, необходимо умножить на переводной коэффициент, приведенный в таблице 37.

Таблица 37

Коэффициенты для определения допускаемых напряжений других пород древесины

Порода древесины	Поправочный коэффициент для допускаемых напряжений различных пород древесины		
	Растяжение, изгиб, сжатие, смятие вдоль волокон	Сжатие и смятие поперек волокон	Скалывание
Лиственница	1,2	1,2	1,0
Сосна и ель, пихта	0,8	0,8	0,8
Дуб, ясень, граб, клен, акация белая	1,3	2,0	1,6
Береза	1,1	1,6	1,3