

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РФ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА»
(РУТ-МИИТ)**

Кафедра _____ У правление транспортными процессами _____

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ С
МЕТОДИЧЕСКИМИ УКАЗАНИЯМИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Грузоведение

(название)

**Специальность/направление: 23.05.04 Эксплуатация
железных дорог (все специализации)**

Москва 2021 г.

Исходные данные

- | | | |
|----|---------------------------|---------------|
| 1. | Массовые навалочные грузы | Приложение 1. |
| 2. | Опасные грузы | Приложение 2 |
| 3. | Тяжеловесные грузы | Приложение 3 |

Требуется

1. Выполнить расчеты показателей использования подвижного состава, потребности вагонов.
5. Для опасных грузов указать условия их перевозки, знак опасности, описать содержание аварийной карточки.
6. Для тяжеловесных грузов осуществить размещение грузов на вагоне, выполнить расчет сил, действующих на груз, креплений.

Приложение 1.
Справочные данные о перевозке массовых грузов в четырехосных вагонах

№ п/п груз а	Груз	Объе м кузов а вагон а, м ³	Род вагоно в	Расстоян ие перевозк и L, км	Удельн ый вес груза Р _{уд} , т/м ³	Угол естественно го откоса б, град	Грузоподъемно сть вагона Р _{гр.п} , т	Масс а тары вагон а Q _в , т	Последн ая цифра шифра студента
1	Каменный уголь по маркам: длинномерный (Д)	74	п/в	1500	0,68	45	69	22	1
2	газовый (Г)	74	п/в	<<	0,72	<<	<<	22	2
3	коксовый (К)	74	<<	1000	0,78	<<	<<	22	3
4	антрацит (А)	74	<<	1500	0,75	<<	<<	22	4
5	бурые угли	74	<<	1500	0,7	40	<<	21,75	5
6	кокс	74	<<	1000	0,35	33	<<	30	6
7	полукокс	74	<<	1200	0,42	32	<<	22	7
8	сланцы горючие	74	<<	300	0,8	40	<<	22	8
9	торф фрезерный, крошка	74	<<	150	0,4	40	<<	26	9
10	торф (гидроторф)	91	<<	300	0,45	40	<<	22	0

Перечень опасных грузов

Извлечение из Правил перевозок опасных грузов по железным дорогам

№ п/п	Груз	Предпоследняя цифра шифра студента
1	Изобутилацетат	1
2	Керосин	2
3	Нефть сырая	3
4	Сероуглерод	4
5	Спирт этиловый технический	5
6	Метанол	6
7	Кислота пировиноградная	7
8	Бензол	8
9	Изобутан	9
10	Кислота серная (более 51% кислоты)	0

Характеристика груза

№ п/ п	Разм е-ры груза	Сумма двух предпоследних цифр шифра студента																		
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	L	2300	2350	2400	2450	2470	2490	2500	2510	2520	2530	2570	2600	2630	2650	2680	2700	2730	2760	2800
	B	2300	2350	2400	2450	2470	2490	2500	2510	2520	2530	2570	2600	2630	2650	2680	2700	2700	2700	2700
	H	2000	2050	2100	2150	2170	2190	2200	2210	2220	2230	2270	2300	2330	2350	2380	2400	2400	2400	2400
	n	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Q _{гр}	6	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.3	7.4	7.6	7.8	7.9	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.1	9.2

Условные обозначения:

L – длина груза, мм;

B – ширина груза, мм;

H – высота груза, мм;

n – количество мест заданного груза;

Q_{гр} – масса одного места груза, т;

h_{цт} – высота центра тяжести груза, мм;

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Цель выполнения практической работы – помочь студенту закрепить теоретические знания, более глубоко изучить программный материал курса “Грузоведение”, привить практические навыки самостоятельного решения инженерных вопросов в области грузоведения.

1. СЫПУЧИЕ МАССОВЫЕ ГРУЗЫ

Для перевозки заданного груза, согласно прил. 1, необходимо принять вагон с указанной величиной технической нормы его загрузки. Далее необходимо подсчитать эксплуатационно-экономические показатели:

- технический коэффициент тары, отношение массы тары вагона q_T к грузоподъемности $P_{гп}$ (чем меньше технический коэффициент тары, тем лучше конструкция вагона для перевозки заданного груза):

$$k_T = q_T / P_{гп}; \quad (1.1)$$

- погрузочный коэффициент тары учитывает фактическое использование вагонов при перевозке конкретных грузов и определяется отношением массы тары вагона к произведению грузоподъемности вагона на коэффициент ее использования λ :

$$k_n = q_T / P_{гп} \lambda. \quad (1.2)$$

Эти два коэффициента могут быть равны только при полном использовании грузоподъемности вагона, что возможно лишь для отдельных вагонов и грузов.

Основной показатель степени использования грузоподъемности вагона – это его средняя статическая нагрузка и коэффициент использования грузоподъемности.

Средняя статическая нагрузка вагона определяется:

$$P_{ст} = \Sigma Q_{сут} / n_{погр}, \quad (1.3)$$

где $\Sigma Q_{сут}$ - общее количество тонн, погруженных за определенный период (сутки, месяц и т.д.) в подразделении (на станции и т.д.);

$n_{погр}$ - число загруженных вагонов за этот же период времени.

Коэффициентом использования грузоподъемности вагона λ называется отношение средней статической нагрузки к грузоподъемности.

Использование грузоподъемности вагонов главным образом зависит от плотности груза, а также соответствия вагонов характеру перевозимых грузов, применения приспособлений, увеличивающих объем вагона, характера тары и

упаковки, способов и условий погрузки груза. Плотность зависит от размеров кусков фракций и степени подготовки груза к перевозке.

Погрузку массовых грузов с относительно невысокой плотностью (некоторые сорта угля, руды, кокса, торфа и др.) производят выше уровня бортов вагонов открытого типа (полувагоны) с “шапкой”, а при перевозке лесоматериалов и труб используют полностью габарит подвижного состава, в том числе и суженую часть его.

Объем “шапки” для кусковых и сыпучих массовых грузов зависит при прочих равных условиях от высоты погрузки над уровнем бортов, а высота – от угла естественного откоса груза в движении, который колеблется в пределах от 30° (каменный уголь, руда, известняк) до 40° (железняк, бурый уголь, торф). Для таких грузов, как торф, песок, он изменяется в зависимости от влажности.

Максимально допустимая высота “шапки”:

$$H_{\max} = \beta \frac{B}{2} \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.4)$$

где B - внутренняя ширина, мм;

α - угол естественного откоса груза в движении, град;

β - коэффициент, учитывающий, что в верхней части “шапки” при погрузке, для предохранения груза от утраты, делают площадки по длине вагона ($\beta = 0,8 \div 0,85$).

Пример: ширина полувагона 2,87 м, $\alpha = 35^\circ$

$$H_{\max} = 0,85 \frac{2870}{2} 0,7 = 854 \text{ мм}$$

Погрузочный объем полувагона или платформы при перевозке грузов с “шапкой”:

$$V_{\text{погр}} = V_{\text{б}} + V_{\text{ш}} \quad (1.5)$$

где $V_{\text{б}}$ - объем части груза в пределах бортов, м³;

$V_{\text{ш}}$ - объем груза, находящегося выше бортов (объем “шапки”), м³.

“Шапка” бывает двух видов: треугольное сечение и в виде трапеции. Для торфа берем «шапку треугольной формы. Для углей – трапециевидальной.

Студент выбирает по своему шифру название груза (приложение 1), изучает материал по транспортной характеристике и ее влияние на организацию перевозок и дает описание этого материала в контрольной работе.

Пользуясь также приложением 1, из двух вариантов необходимо выбрать тип вагона для его перевозки.

Например: задан груз, каменный уголь марки - длиннопламенный, который перевозится в четырехосных полувагонах грузоподъемностью 69 т и

объемом кузова 74 м³. Требуется определить загрузку вагона по двум вариантам.

1-й вариант: погрузка осуществлена до верхних балок полувагона:

$$P_{\text{ст}} = V \cdot P_{\text{уд}} = 74 \cdot 0,68 = 50,32 \text{ т}$$

2-й вариант: осуществление погрузки вагона с “шапкой”. Определим объем трапецидальной “шапки” рис. 1.

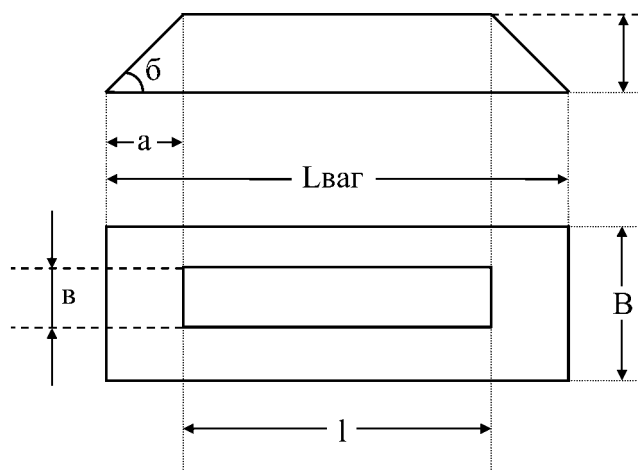


Рис. 1. Вид трапецидальной “шапки”

Определим размеры верхней площадки трапеции из рис. 1.

$$a = \frac{H}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad (1.6)$$

где α - угол естественного откоса, $\alpha = 45^\circ$, $\operatorname{tg} \alpha = 1$.

Следовательно, $a = 0,3 \text{ м}$;

$$b = B - 2 \cdot a = 2,9 - 2 \cdot 0,3 = 2,3 \text{ м};$$

$$l = L - 2 \cdot a = 12,156 - 2 \cdot 0,3 = 11,556 \text{ м}.$$

Здесь: B – ширина полувагона, принимаем 2,9 м;

L – длина кузова полувагона, принимаем 12,156 м.

Объем “шапки” трапецидальной формы:

$$V = \frac{H}{6} [L \cdot B + (L + l) \cdot (B + b) + l \cdot b]$$

$$V = \frac{0,3}{6} [12,156 \cdot 2,9 + (12,156 + 11,556) \cdot (2,9 + 2,3) + 11,556 \cdot 2,3] = 9,2 \text{ м}^3$$

Объем вагона с учетом “шапки” будет $74 + 9,2 = 83,2 \text{ м}^3$.

Загрузка вагона $P_{\text{ст}}=83,2 \cdot 0,68=56,57$ т.

Объем “шапки” треугольного сечения (для торфа):

$$V_{\text{м}} = \frac{L \cdot H \cdot (3L - B)}{6}$$

(1.7)

Выбор вагона осуществляется на основании сравнения показателей, приведенных в таблице 1.

Таким образом, годовая экономия составит $14507 - 12904=1603$ вагонов.

Таблица 1

Расчет технических и эксплуатационных показателей вагонов

Наименование груза	№ варианта	Род вагона	Масса тары вагона $Q_{\text{в}}, \text{ т}$	Техническая норма загрузки вагона $P_{\text{ст}}, \text{ т}$	Грузоподъемность вагона $P_{\text{гр п}}, \text{ т}$	Коэффициент использования грузоподъемности $\lambda = \frac{P_{\text{ст}}}{P_{\text{гр п}}}$	Технический коэффициент тары $K_{\text{т}} = \frac{Q_{\text{в}}}{P_{\text{гр п}}}$	Погрузочный коэффициент тары $K_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{в}}}{P_{\text{гр п}} \lambda}$	Годовая потребность вагонов $n = \frac{Q_{\text{сут}}}{P_{\text{ст}}} \cdot 365$	Отметки о наиболее экономичном вагоне
Каменный уголь марки – длиннопла- менный	I вариант	Полувагон	22	50,32	69	0,74	0,33	0,432	14507	худший вариант
	II вариант	– // –	22	56,57	69	0,82	0,33	0,389	12904	лучший вариант

2. ОПАСНЫЕ ГРУЗЫ

Дать характеристику опасности выбранного груза в приложении 2, установить номер аварийной карточки; описать ее содержание.

Привести номер знака опасности и номера ООН для заданного груза.

3. РАСЧЕТ КРЕПЛЕНИЙ ГРУЗОВ, НЕ ПРЕДУСМОТРЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ (ТУ)

3.1. Установление порядка размещения груза на подвижном составе с учетом обеспечения устойчивости вагона с грузом и безопасности перевозки

Общий центр тяжести (ЦТ) груза должен находиться как правило над серединой вагона.

Расстояние от ЦТ погруженного крайнего места груза до вертикальной плоскости, в которой проходит поперечная ось вагона, не должно быть более половины базы вагона (9720 мм.).

Погрузка тяжеловесных грузов производится на вагон как с применением подкладок, так и без них.

Подкладки применяются при перевозке длинномерных грузов, для обеспечения механизированной погрузки и выгрузки, рассредоточения нагрузки на раму вагона, предохранения груза от повреждения.

При перевозке длинномерных грузов подкладки размещаются напротив 2-й пары стоечных гнезд от торцевых бортов вагона.

Выход груза за пределы лобового бруса не должен превышать 400 мм. Длинномерные грузы, выходящие за пределы лобового бруса более чем на 400 мм, перевозятся на сцепках.

Для лучшего использования грузоподъемности и вместимости вагонов грузы длиной до 17,2 м, имеющие по всей длине одинаковое поперечное сечение и равномерно распределенную нагрузку, разрешается перевозить на платформах с выходом груза с одной торцевой стороны вагона. При этом допускается продольное смещение ЦТ груза от вертикальной плоскости, в которой находится поперечная ось вагона на величину в соответствии с требованиями.

Устойчивость вагона с грузом против опрокидывания в поперечном направлении относительно головки рельса обеспечивается, если общий центр тяжести вагона с грузом находится на высоте над уровнем головок рельсов не более чем 2300 мм, наветренная поверхность груза и четырехосного вагона не превышает 50 м².

Высоту общего центра тяжести вагона с грузом находят по формуле:

$$H_{\circ} = \frac{Q_{\circ}^{\circ} \cdot h_{\circ p} + Q_{\circ} \cdot h_{\circ}}{Q_{\circ p}^{\circ} + Q_{\circ}} \leq 2,3 \quad \text{м.}$$

(3.1.)

Наветренная поверхность груза и вагона:

$$S_{\circ. \circ} = S_{\circ p} + S_{\circ \text{ваз}} \leq 50 \text{ м}^2 \quad (3.2.)$$

где $h_{\circ p}$ – центр тяжести груза над уровнем головок рельсов (УГР), м:

$$h_{\circ p} = (h_{\circ \text{пол}} + H_{\circ} + h_{\circ \text{ит}}) \quad \text{м.}$$

(3.3.)

где $h_{\circ \text{пол}}$ - высота уровня поверхности пола над УГР, м;

$H_{\circ}$ - высота подкладки, м;

$h_{\circ \text{ит}}$ - высота ЦТ груза над основанием груза, м;

$S_{\circ p}$ - наветренная поверхность груза (высота умножается на длину),
м²;

$S_{\circ \text{ваз}}$ - наветренная поверхность вагона (можно принять 11 м²);

$h_{\circ}$ - высота ЦТ порожнего вагона (платформы), 0,8 м;

$Q_{\circ}$ - масса тары вагона – 22 т;

$Q_{\circ}^{\circ}$ -общая масса груза, т.

Если вышеуказанные предварительные условия не обеспечиваются, то производится проверка поперечной устойчивости согласно требованиям ТУ.

3.2. Расчет сил, действующих на груз и на крепления.

Для расчетов устойчивости груза и прочности крепления принимаются следующие наиболее невыгодные сочетания действующих одновременно сил:

– первое сочетание – продольная инерционная сила, возникающая при соударениях движущихся вагонов с неподвижно стоящими, а также при трогании и осаживание поезда и сила трения;

– второе сочетание – сила ветра, инерционные силы (вертикальная, поперечная) и сила трения.

Силы по первому сочетанию действуют на груз при выполнении маневровой работы на станциях толчками или роспуске вагонов на сортировочных горках, а силы по второму сочетанию – при движении поезда по перегону с максимальной скоростью.

Точками приложения инерционных сил является центр тяжести груза, а сила ветра – центр наветренной поверхности.

Для определения величин сил, действующих на грузы различного веса, установлены удельные значения этих сил на основании экспериментального материала.

Величина продольной инерционной силы определяется по формуле:

$$F_{np} = \alpha_{np} \cdot Q_{zp}, \quad \text{кгс}, \quad (3.4.)$$

где Q_{zp} – масса одного места, т;

α_{np} – удельная величина продольной инерционной силы в кгс на 1 т массы груза; принимается для различных типов крепления при массе брутто одиночных вагонов 22 и 94 т.

Промежуточные значения удельных величин продольной инерционной силы определяем путем линейной интерполяции:

$$\alpha_{np} = \alpha_{np22} - \frac{(\alpha_{np22} - \alpha_{np94}) \cdot Q_{zp}^{\circ}}{72}, \quad (3.5.)$$

где $\alpha_{np22}, \alpha_{np94}$ – удельные величины продольного усилия в кгс/т для вагонов массой брутто соответственно 22 и 94 т;

Q_{zp}° – общая масса мест груза на вагоне, т.

Согласно ТУ:

$$\alpha_{np22} = 1200 \text{ кгс/т}; \quad \alpha_{np94} = 970 \text{ кгс/т}.$$

Поперечную горизонтальную инерционную силу с учетом действия центробежной силы находят по формуле:

$$F_n = \alpha_n \cdot Q_{zp} = \left[\alpha_n + \frac{(\alpha_{ш} - \alpha_{cp}) \cdot 2C}{l_{\epsilon}} \right] \cdot Q_{zp}, \text{ кгс} \quad (3.6)$$

где l_{ϵ} – база вагона, м;

C – расстояние от центра тяжести груза до вертикальной плоскости, проходящей через поперечную ось вагона, м;

α_{cp} – удельная величина поперечной инерционной силы в кгс на 1 т веса груза при расположении центра тяжести груза в вертикальной плоскости, в которой

проходит поперечная ось вагона (для $V = 100$ км/ч, $\alpha_{cp} = 330$ кгс/т);

$\alpha_{ш}$ - удельная величина поперечной инерционной силы в кгс на 1 т веса груза при расположении центра тяжести груза над шкворневой балкой (для $V = 100$ км/ч

$\alpha_{ш} = 550$ кгс/т);

Вертикальная инерционная сила:

$$F_{\epsilon} = \alpha_{\epsilon} \cdot Q_{\epsilon p}, \quad (3.7)$$

где α_{ϵ} – удельная величина вертикальной силы в кг на 1 т веса груза для $V = 100$ км/ч, определяется по формуле:

$$\alpha_{\epsilon} = 250 + K \cdot C + \frac{2140}{Q_{\epsilon p}}, \quad \text{кгс/т} \quad (3.8)$$

где K – коэффициент, учитывающий способ погрузки (в нашем случае $K=0$).

Ветровая нагрузка

$$W_{\epsilon} = g \cdot S_{\epsilon}, \quad (3.9)$$

где g – удельное давление ветра, принимаемое равным 50 кгс/м² (для грузов с хорошей обтекаемостью (трубы и т.д.) 25 кгс/м²);

S_{ϵ} - площадь проекции поверхности груза, подверженной действию ветра на вертикальную плоскость, проходящую через продольную ось вагона в м².

Величину сил трения определяют по формулам:

а) при первом сочетании сил (в продольном направлении) для грузов, размещенных с опорой на один вагон:

$$F_{тр}^{np} = 1000 \cdot \mu \cdot Q_{\epsilon p}, \quad (3.10)$$

б) при втором сочетании сил (в поперечном направлении) для грузов, размещенных с опорой на один вагон:

$$F_{тр}^{np} = \mu \cdot (1000 - \alpha_{\epsilon}) \cdot Q_{\epsilon p}, \quad (3.11)$$

где μ – коэффициент трения груза по полу вагона.

Величина коэффициента трения между опорными поверхностями груза, подкладок и пола вагонов, очищенным от грязи, снега, льда и смазки при посыпке тонкого слоя песка на поверхность подкладок и пол вагона в местах опирания подкладок груза, принимается равным: для дерева по дереву – $0,45$; для железобетона по дереву – $0,55$; для стали по дереву – $0,4$; для стали по стали – $0,3$.

3.3. Определение типа креплений и требуемого их количества

Для решения этого вопроса необходимо, прежде всего, установить устойчивость груза от опрокидывания вдоль вагона, которая определяется неравенством:

$$h_{np} = \frac{\alpha}{h_{um} - h_y} \geq 1,25 \quad (3.12)$$

где α – расстояние от проекции ЦТ груза до ребра опрокидывания в продольном направлении;

h_y – высота упорного бруса (0,15 м).

То же в поперечном направлении:

$$h_n = \frac{Q_{zp} \cdot b}{F_n(h_{um} - h_y) + W_e(h_{n.n.} - h_y)} \geq 1,25 \quad (3.13)$$

где b – расстояние от проекции ЦТ груза до ребра опрокидывания в поперечном направлении;

$h_{n.n.}$ – высота центра наветренной поверхности груза от пола вагона.

При соблюдении указанных неравенств в формулах (3.12 и 3.13) опрокидывания груза относительно пола вагона не произойдет.

Усилие в растяжках, расположенных под углом к продольной и поперечной осям вагона определяется из рис. 2 по формулам.

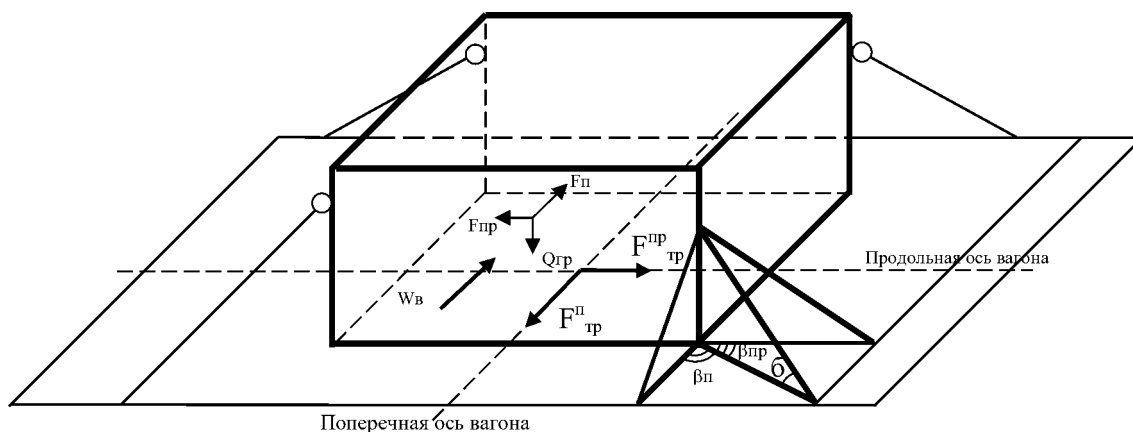


Рис. 2. Расчетная схема крепления груза растяжками

а) в продольном направлении:

$$R_{np} = \frac{F_{np} - F_{mp}^{np}}{K_p^{np} \cdot (\mu \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta_{np})}, \text{ кг} \quad (3.14)$$

б) в поперечном направлении:

$$R_n = \frac{1,25 \cdot (F_n + W_s) - F_{mp}^n}{K_p^n \cdot (\mu \sin \alpha + \cos \alpha \cdot \cos \beta_n)}, \text{ кг} \quad (3.15)$$

где 1,25 - коэффициент запаса устойчивости;

K_p^{np}, K_p^n - количество растяжек, работающих одновременно в продольном и поперечном направлениях;

α - угол наклона растяжек к полу вагона;

β_{np}, β_n - углы между проекциями растяжки на горизонтальную плоскость и продольной или поперечной осями вагона.

Сечение и диаметр проволоки выбирается из таблицы 20 с. 52 [5].

Количество гвоздей для крепления груза определяется по формулам:

а) в продольном направлении:

$$K_{np} = \frac{F_{np} - F_{mp}^{np}}{\sigma_{св}}, \quad (3.16)$$

б) в поперечном направлении:

$$K_{св}^n = \frac{1,25 \cdot (F_n + W_s) - F_{mp}^n}{\sigma_{св}}, \quad (3.17)$$

где $\sigma_{св}$ – допустимая нагрузка на 1 гвоздь, работающий на срез – 108 кг (диаметр гвоздя 6 мм, длина 200 мм).

Если кроме брусков применяются растяжки, то в формулах (3.16) и (3.17) в числителе надо вычесть реакцию в растяжках, соответственно в продольном направлении (формула 3.14) и в поперечном направлении (формула 3.15).

Гвозди соединяют упорные бруски с полом вагона.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Голубкин Б.П., Грузоведение сохранность и крепление грузов: Уч.пос. – РОАТ, 2012.

Дополнительная

2. Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам. Утв. Советом по ж.д. транспорту государств-участников Содружества (акт. Редакция на 2021 год).

3. Устав железнодорожного транспорта РФ. – М., 2003 (актуальная ред. На 2021 год).

4. Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. Сборник-книга 1.- М., 2003.

5. Технические условия погрузки размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. – М., 2003.