**Задание на контрольную работу по дисциплине «Грузоведение»**

**Задача № 1 Определение положения общего центра тяжести грузов**

Исходные данные: на платформу погружено 2 груза, (см. рис.). Параметры грузов и их расположение на платформе приведены в таблице. Центр тяжести (ЦТ) каждого груза по длине и ширине расположен в геометрическом центре. Расположение ЦТ по высоте приведено в таблице.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №груза | Параметры грузов | Параметры размещения грузов |
| Длинна L, мм | ШиринаВ, мм | Высота груза Н, мм | Высота ЦТ груза h’,мм | Масса грузаQГР, т | По длине вагона *l’,* мм | По ширине вагона *b’*, мм |
| 1 | 6000 | 2200 | 2400 | 1400 | 20 | 1000 | 300 |
| 2 | 3000 | 2500 | 2200 | 1000 | 22 | 500 | 100 |



|  |  |
| --- | --- |
| Параметры платформы Тележки  |  ЦНИИ-Х3-О  |
| Масса тары  | *Q*т  | 22 т  |
| Высота пола от УГР  | *Н пола*  | 1310 мм  |
| Высота ЦТ платформы от УГР  | h цт  | 800 мм  |
| Длина базы платформы  | *L*в  | 9720 мм  |
| Длина рамы платформы (внутри)  | Lв  | 13300 мм  |
| Ширина рамы платформы (внутри)  | *Вв*  | 2770 мм  |
| Площадь наветренной поверхности  | *S*в  | 12 м2  |
|  |  |  |

Определить:

1. Расположение общего ЦТ всех грузов ** по длине *(l0),*  ширине *(b0)* и высоте *(h0)* платформы.
2. Смещение общего ЦТ грузов относительно продольной *(bсм)* и поперечной *(lсм)* осей платформы и сравнить с допустимыми по ТУП.
3. Расположение общего центра тяжести вагона с грузом** по высоте относительно УГР. Сравнить с нормативным.

4) Устойчивость вагона с грузом относительно УГР.

**Пример выполнения задания:**

Расположение ЦТ по высоте приведено в таблице.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №груза | Параметры грузов | Параметры размещения грузов |
| Длинна L, мм | ШиринаВ, мм | Высота груза Н, мм | Высота ЦТ груза h’,мм | Масса грузаQГР, т | По длине вагона *l’,* мм | По ширине вагона *b’*, мм |
| 1 | 7000 | 2000 | 2400 | 1400 | 10 | 1000 | 300 |
| 2 | 2000 | 2500 | 2200 | 1000 | 12 | 500 | 100 |



|  |  |
| --- | --- |
| Параметры платформы Тележки  |  ЦНИИ-Х3-О  |
| Масса тары  | *Q*т  | 22 т  |
| Высота пола от УГР  | *Н пола*  | 1310 мм  |
| Высота ЦТ платформы от УГР  | h цт  | 800 мм  |
| Длина базы платформы  | *L*в  | 9720 мм  |
| Длина рамы платформы (внутри)  | Lв  | 13300 мм  |
| Ширина рамы платформы (внутри)  | *Вв*  | 2770 мм  |
| Площадь наветренной поверхности  | *S*в  | 12 м2  |
|  |  |  |

1. Определяем расположение общего центра тяжести грузов $ЦТ\_{гр}^{о}$ по длине, ширине и высоте вагона

Расстояние от левого торцевого борта до центра тяжести $ЦТ\_{гр}^{1}$ первого груза по длине вагона определяется по формуле:

 $l\_{1}=l\_{1}^{,}+\frac{L\_{1}}{2}$

Где $l\_{1}^{,}$- параметры размещения по длине вагона первого груза, мм

L1 – длина первого груза, мм

$$l\_{1}=1000+\frac{7000}{2}=4500 мм$$

Расстояние от центра тяжести $ЦТ\_{гр}^{2}$ второго груза по длине вагона определяется по формуле:

 $l\_{2}=l\_{1}^{,}+L\_{1}+l\_{2}^{,}+\frac{L\_{2}}{2}$

Где $l\_{2}^{,}$- параметры размещения второго груза по длине вагона, мм

L1 – длина второго груза, мм

$$l\_{2}=1000+7000+500+\frac{2000}{2}=9500 мм$$

Расстояние от левого торцевого борта до общего центра тяжести грузов $ЦТ\_{гр}^{о}$ определяется по формуле:

$$l\_{0}=\frac{Q\_{гр}^{1}∙l\_{1}+Q\_{гр}^{2}∙l\_{2}+…..+Q\_{гр}^{n}∙l\_{n}}{Q\_{гр}+Q\_{гр}^{2}+…+Q\_{гр}^{n}}$$

Где $Q\_{гр}^{1}, Q\_{гр}^{2}$- масса первого и второго груза, т

$$l\_{0}=\frac{10∙4500+12∙9500}{10+12}=7228 мм$$

Расстояние от нижнего бокового борта до центра тяжести $ЦТ\_{гр}^{1}$ первого груза по ширине вагона определяется по формуле:

$$b\_{1}=b\_{1}^{,}+\frac{B\_{1}}{2}$$

Где $b\_{1}^{,}$- параметры размещения по ширине вагона первого груза, мм

B1 – ширина первого груза, мм

$$b\_{1}=300+\frac{2000}{2}=1300 мм$$

Расстояние от нижнего бокового борта до центра тяжести $ЦТ\_{гр}^{2}$ второго груза по ширине вагона определяется по формуле:

$$b\_{2}=b\_{2}^{,}+\frac{B\_{2}}{2}$$

Где $b\_{2}^{,}$- параметры размещения по ширине вагона второго груза, мм

B2 – ширина второго груза, мм

$$b\_{2}=100+\frac{2500}{2}=1350 мм$$

Расстояние от нижнего бокового борта до общего центра тяжести грузов $ЦТ\_{гр}^{0}$ определяется по формуле:

$$b\_{0}=\frac{Q\_{гр}^{1}∙b\_{1}+Q\_{гр}^{2}∙b\_{2}+…..+Q\_{гр}^{n}∙b\_{n}}{Q\_{гр}+Q\_{гр}^{2}+…+Q\_{гр}^{n}}$$

$$b\_{0}=\frac{10∙1300+12∙1350}{10+12}=1327мм$$

Расстояние от уровня пола вагона до общего центра тяжести грузов $ЦТ\_{гр}^{0}$, мм определяется по формуле:

$$h\_{0}=\frac{Q\_{гр}^{1}∙h\_{1}+Q\_{гр}^{2}∙h\_{2}}{Q\_{гр}+Q\_{гр}^{2}}$$

Где $h\_{1,2}^{,}$- высота центра тяжести грузов, мм

$$h\_{0}=\frac{10∙1400+12∙1000}{10+12}=1182 мм$$

2. Определяем смещение общего центра тяжести грузов $ЦТ\_{гр}^{0}$ относительно продольной и поперечной осей вагона

Смещение по длине вагона определяется по формуле:

$$l\_{см}=\frac{L\_{в}}{2}-l\_{0}$$

Lв – длина рамы платформы внутри. Принимаю 13300 мм, т.к платформа модели ЦНИИ-ХЗ-О

$$l\_{см}=\frac{13300}{2}-7228=-578 мм$$

Смещение по ширине вагона определяется по формуле:

$$b\_{см}=\frac{B\_{в}}{2}-b\_{0}$$

Bв – ширина рамы платформы внутри. Принимаю 2770 мм, т.к платформа модели ЦНИИ-ХЗ-О

$$b\_{см}=\frac{2770}{2}-1327=58 мм$$

Общий центр тяжести грузов расположен в нижней правой четверти вагона, так как $l -578мм, b + 58мм$

 **+ ЦТ**



3. Определяем высоту общего центра тяжести вагона с грузом $ЦТ\_{о}$ от УГР (уровня головки рельсов).

Расстояние до центра тяжести первого груза $(ЦТ\_{гр}^{1}$) определяется по формуле:

$$h\_{гр}^{1}=h\_{1}^{,}+H\_{пола}$$

Где $Н\_{пола}$- высота пола от УГР, принимаю 1310 мм

$$h\_{гр}^{1}=1400+1310=2710 мм$$

Расстояние до центра тяжести второго груза $(ЦТ\_{гр}^{2}$) определяется по формуле:

$$h\_{гр}^{2}=h\_{2}^{,}+H\_{пола}$$

Где $Н\_{пола}$- высота пола от УГР, принимается 1310 мм

$$h\_{гр}^{2}=1000+1310=2310 мм$$

Высота общего центра тяжести вагона с грузом $ЦТ\_{о}$ определяется по формуле:

$$H\_{0}=\frac{Q\_{гр}^{1}∙h\_{1}+Q\_{гр}^{2}∙h\_{2}+Q\_{т}∙h\_{цт}^{в}}{Q\_{гр}+Q\_{гр}^{2}+…+Q\_{гр}^{n}}$$

Где $Q\_{т}$- масса тары платформы, принимаю 22 т

$h\_{цт}^{в}$- высота ЦТ платформы от УГР, задана 800 мм

$$H\_{0}=\frac{10∙2710+12∙2310+22∙800}{10+12+22}=1645 мм$$

4. Сравним полученные расчетные данные с нормативными.

Допустимое значение смещения $ЦТ\_{гр}^{0}$ по длине вагона при массе груза в вагоне 45 т определяем по табл.2 (П.1.1.ТУ)«Допускаемое продольное смещение центра тяжести грузов в вагоне». Это значение равно 1800 мм, что больше 578 мм, полученных при расчете.

Допустимое значение смещения $ЦТ\_{гр}^{0}$ по ширине вагона при массе груза в вагоне 45 т и высоте центра тяжести вагона с грузом $ЦТ\_{о}$ 1645 мм определяем по табл.3(П.1.2.ТУ) «Допускаемое поперечное смещение центра тяжести груза в вагоне» Полученное методом линейной интерполяции оно равно 105 мм, что больше 58мм, полученных при расчете.

Вывод: полученные значения меньше допустимых, следовательно, перевозка грузов при таком размещении допустима.

В случае если высота центра тяжести вагона с грузом $Н\_{цт}^{0}$ находится на расстоянии более чем 2300 мм от УГР, требуется дополнительная проверка поперечной устойчивости вагона с грузом. Полученное значение 1645 мм <2300 мм, следовательно, дополнительных расчетов проводить не требуется.

**Задача № 2 Определение способа размещения и крепления грузов на**

 **платформах**

**Исходные данные:** Погрузка осуществляется на четырехосную платформу грузоподъемностью 66т с тележками ЦНИИ-ХЗ с длиной кузова внутри13,2м. Скорость перевозки груза – 100 км/ч. Наветренная боковая поверхность вагона (Sв) равна 11,9м2; Размещение груза на платформе показано на рис.1 Погрузка габаритная, так как грузы не выходят за пределы установленного очертания погрузки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №груза | Параметры грузов | Характеристика вагона |
| Длинна L, мм | ШиринаВ, мм | Высота груза Н, мм | Высота ЦТ груза h’,мм | Масса грузаQГР, т | Высота от УГР *H,* мм | Высота Ц вагона h*,* мм |
| 1 | 5300 | 2800 | 2300 | 1300 | 14 | 1301 | 800 |
| 2 | 5300 | 2800 | 2300 | 1300 | 14 | 1301 | 800 |

 С

 Fпр

 Qгр

Рис. 1 Размещение и крепление станков в ящичной упаковке

 **Пример выполнения задания:**

**Исходные данные:**

 Для перевозки выбираем четырехосную платформу грузоподъемностью 66 т с тележками ЦНИИ-ХЗ с длиной кузова внутри13,2м. Наветренная боковая поверхность вагона (Sв) равна 11,9м2; Скоростьперевозки груза – 100 км/ч.

Размещение груза на платформе показано на рис.1 Погрузка габаритная, так как грузы не выходят за пределы установленного очертания погрузки.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №груза | Параметры грузов | Характеристика вагона |
| Длинна L, мм | ШиринаВ, мм | Высота груза Н, мм | Высота ЦТ груза h’,мм | Масса грузаQГР, т | Высота Ц вагона h*,* мм | Высота от УГР *H,* мм |
| 1 | 4300 | 2300 | 2600 | 1300 | 12 | 800 | 1301 |
| 2 | 4300 | 2300 | 2600 | 1300 | 12 | 500 | 1301 |

 С

 Fпр

 Qгр

Рис. 1 Размещение и крепление станков в ящичной упаковке

 **1.Определяем устойчивость вагона с грузом против**

 **опрокидывания относительно головки рельса.**

1.1Высота общего центра тяжести вагона с грузом определяется по формуле:

 Qогр hгр + Qв hв  2 \* 12 (1,301 + 1,3) + 22 \* 0,8

 Но = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  = 1,74

 Qогр + Qв 2 \* 12 + 22

где: hгр-высота грузов от УГР;

 Qв –масса вагона;

 hв- высота центра тяжести вагона;

 Qогр- масса груза

1.2Наветренная поверхность вагона и груза определяется по формуле:

 S= Sгр+ Sв< 50 м2

 где: Sгр- наветренная поверхность грузов;

Sв-наветренная боковая поверхность вагона.

 S = 2 \* 4,3 \* 2,6 + 11,9 = 34, 26 < 50 м2

Следовательно, устойчивость вагона с грузом против опрокидывания относительно головки рельса обеспечивается.

**2.Находим силы, действующие на одно место груза.**

2.1Определяем продольную инерционную силу Fпр:

 Fпр = αпр \* Qгр,

 где Qгр – масса одного места, т;

 αпр - 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:

 (αпр22 - αпр94) \* Qогр

 αпр = [αпр22 - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_] \* Qгр,

 72

где αпр22 , αпр94 – удельные величины продольного усилия в кгс/т для вагонов массой брутто соответственно 22 и 94 т;

 Qогр - общая масса мест груза на вагоне, т;

 Qгр- масса одного места груза,т

Согласно Техническим условиям:

 αпр22 = 1200 кгс/т; αпр94 = 970 кгс/т.

 (1200 – 970) \* 24

 Fпр = [1200 - \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_] \* 12 = 13480 кг,

 72

 2.2 Определяем поперечную инерционную силу Fп:

 (αш - αср ) \* 2С

 Fп = αп \* Qгр = [αп + \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ] \* Qгр, КГС

 lв

где: lв – база вагона, м;

 С - расстояние от центра тяжести груза до вертикальной плоскости, проходящей через поперечную ось вагона, 3,243м;

 αср - удельная величина поперечной инерционной силы в кгс на 1т веса грузу при расположении центра тяжести груза в вертикальной плоскости, в которой проходит поперечная ось вагона (для V = 100 км/ч,αср = 330кгс/т);

 αш - 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 αш = 550 кгс/т);

 2 \* (550 – 330) \* 3,243

 Fп = [330 + \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_] \* 12 = 5722 кг,

 9,72

 2.3Определяем вертикальную инерционную силу Fв:

 Fв = αср \* Qгр, КГС

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

 2140

 αв = 250 + К \* С + \_\_\_\_\_\_\_\_, кгс/т

 Qогр

где К – коэффициент, учитывающий способ погрузки (с опорой на один вагон К = 5).

 2140

 Fв = [250 + 5 \* 3,243 + \_\_\_\_\_\_\_\_] \* 12 = 4265 кг,

 24

 2.4Определяем ветровую нагрузкуWв:

 Wв = g \* Sв,

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

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

 Wв = 50 \* 11,18 = 559 кг,

 2.5Определяем силу трения в продольном направлении Fтрпр:

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

 Fпртр = 1000 μ Qгр;

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.

 Fтрпр = 1000 \* 0,45 \* 12 = 5400 кг,

 Определяем силу трения в поперечном направлении Fптр:

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

 Fпртр = μ \* (1000 - αв ) \* Qгр

 2140

Fптр = 0,45 \* [ 1000 - (250 + 5 \* 3,243 + \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_)] \* 12 = 3481 кг,

 24

**3.Определяем запас устойчивости груза против опрокидывания относительно пола вагона.**

3.1В продольном направлении ηпр:

 α 2,15

 ηпр = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ = 1,87 > 1,25.

 hгр - hу  1,3 – 0,15

3.2В поперечном направлении ηп:

 Qгр b

 ηп = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ =

 Fп (hгр – hу) + Wв (hнп – hу)

 12 \* 1,15

 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ = 1,91

 5,722 \* (1,3 – 0,15) + 0,559 \* (1,3 – 0,15)

 1,91 > 1,25

Так как запас устойчивости превышает 1,25, то опрокидывания груза относительно пола вагона в продольном и поперечном направлении не произойдет.

**4.Рассчитаем устойчивость груза против поперечного и продольного горизонтальных перемещений:**

4.1В поперечном направлении Rп:

Rп = 1,25 (Fп + Wв) - Fптр = 1,25 \* (5722 + 558) – 3481 = 4370 кг

4.2В продольном направлении Rпр:

Rпр = n Fпр - Fпртр = 1 \* 13480 – 5400 = 8080 кг

Установим растяжки в сочетании с гвоздевым креплением (15 гвоздей в упорный брусок с полом). Усилие в растяжке будет следующим:

Подбираем сечение проволочных растяжек [ТУ табл. 7]. Шесть нитей из проволоки диаметром 6 мм выдерживают нагрузку 1860 кг.

В поперечном направлении от горизонтального перемещения будут удерживать груз эти же растяжки и гвоздевые соединения упорных брусков с полом вагона:

 Rп - бгв \* Кгв  4370 – 108 \* 15

1860 = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 Крп (μ sinα + cosα \* cosβп) 4 \* (0,4 \* 0,793 + 0,6 \* 0,15)

 4370 – 2428

откуда Кгв = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ = 18гвоздей.

**Задание 3**

**Размещение и крепление груза с плоской опорой**

Исходные данные: на платформу погружен груз с плоской опорой. Эскиз груза приведен на рисунке. Груз расположен симметрично продольной и поперечной осям платформы.

Параметры груза:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса Груза Q | Высота груза Н | Ширина груза В | Длина груза L | Центр тяжести по длине от торца груза $L\_{цт}$  | Центр тяжести повысоте от опорной поверхности$$ h\_{гр}$$ |
| 26 т | 2,38 м | 2.3 м | 8,9 м |  4,9м |  1,2 м |

По ширине- центр тяжести находится на оси симметрии груза. На грузе на высоте 1400 мм имеется кронштейн, который выступает за пределы груза на 500 мм.

Параметры платформы: тележки ЦНИИ-Х30

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса тары | Высота пола от УГР | Высота ЦТ платформы от УГР | Длина базы платформы | Длина рамы платформы | Ширина рамы платформы | Площадь наветренной поверхности | Высота борта платформы |
| 21 т | 1,3 м | 0,8 м | 9,72 м | 13,3 м | 2,8 м | 13 м2 | 0,5 м |



1. Определить смещение ЦТ груза относительно продольной и поперечной осей платформы.
2. Определить поперечную устойчивость вагона с грузом.
3. Определить степень негабаритности груза по точке
4. Определить силы, действующие на груз при перевозке.
5. Проверить устойчивость груза от сдвига в продольном и поперечном направлении.
6. Проверить устойчивость груза от опрокидывания в продольном и поперечном направлении.
7. Разработать крепление груза.
8. Составить эскиз размещения и крепления груза.

**Пример выполнения задания**

Исходные данные: на платформу погружен груз с плоской опорой. Эскиз груза приведен на рисунке. Груз расположен симметрично продольной и поперечной осям платформы.

Параметры груза:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса Груза Q | Высота груза Н | Ширина груза В | Длина груза L | Центр тяжести по длине от торца груза $L\_{цт}$  | Центр тяжести повысоте от опорной поверхности$$ h\_{гр}$$ |
| 20 т | 2,38 м | 2.3 м | 8,9 м | 4,9м | 1,2 м |

По ширине- центр тяжести находится на оси симметрии груза. На грузе на высоте 1400 мм имеется кронштейн, который выступает за пределы груза на 500 мм.

Параметры платформы: тележки ЦНИИ-Х30

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Масса тары | Высота пола от УГР | Высота ЦТ платформы от УГР | Длина базы платформы | Длина рамы платформы | Ширина рамы платформы | Площадь наветренной поверхности | Высота борта платформы |
| 22 т | 1,3 м | 0,8 м | 9,72 м | 13,3 м | 2,8 м | 13 м2 | 0,5 м |

**1. Размещение груза**

Груз размещается симметрично продольной и поперечной осей вагона, следовательно, расстояние от торцевого борта до груза равно, мм:

$$l\_{1}^{,}=\frac{L\_{в}-L\_{гр}}{2}$$

Где $L\_{в}$- длина рамы платформы, мм

$L\_{гр}$- длина груза, мм

$$l\_{1}^{,}=\frac{13300-8900}{2}=2200мм$$

Расстояние от торцевого борта до центра тяжести груза, мм:

$$l\_{0}=l\_{1}^{,}+L\_{цт}$$

Где $L\_{цт}$- положение центра тяжести по длине, мм

$$l\_{0}=2200+4900=7100 мм$$

Смещение центра тяжести груза относительно поперечной оси вагона

$$l\_{ni}=\frac{L\_{в}}{2}-l\_{0}$$

$$l\_{ni}=\frac{13300}{2}-7100=450 мм $$

Допустимая величина смещения для данной массы груза (20 т) 2230 мм, следовательно, перевозка при таком размещении возможна.

**2. Проверка габаритности груза**

Расстояние по высоте от уровня головки рельсов (УГР) по определяемой точке (координата Y)

Y=$Н\_{гр}+Н\_{пола}$

Y= 2380+1300= 3680 мм

Расстояние по ширине груза от оси пути до определяемой точки (координата X)

X= 1150+500=1650 мм

По таблице негабаритности определяем, что на высоте 3680 мм груз будет иметь боковую степень негабаритности. Габарит погрузки на этой высоте составляет 1625 мм. При величине Х о 1625 до 1700 мм груз имеет 1 степень негабаритности. Индекс негабаритности будет Н0100

 **3. Оценка запаса устойчивости вагона с грузом**

Вагон с грузом считается устойчивым, если выполняются условия: высота центра тяжести вагона с грузом ($Н\_{цт}^{о})$ не превышает величины 2300 мм и величина наветренной поверхности вагона с грузом ( $S\_{о}$) не более 50 $м^{2}$.

$$Н\_{цт}^{о}<2300 мм$$

Высота центра тяжести вагона с грузом $(Н\_{цт}^{о})$ определяется по формуле

$$Н\_{цт}^{о}= \frac{Q\_{гр}∙h\_{цт}+Q\_{т}∙h\_{цтпл}}{Q\_{гр}+Q\_{т}}$$

 где $Q\_{гр}$- вес груза, т

$ h\_{цт}$- высота центра тяжести груза от УГР, мм

 $Q\_{т}$- тара платформы, т

 $h\_{цтпл}$- высота ЦТ платформы от УГР, мм

$$h\_{цт}=h\_{гр}+Н\_{пола}$$

$$h\_{цт}=1200+1300=2500 мм$$

$$Н\_{цт}^{о}= \frac{20∙2500+22∙800}{20+22}=1610 мм$$

Наветренная поверхность вагона с грузом определяется по формуле, $м^{2}:$

$$S\_{о}=S\_{в}+S\_{гр}$$

Где $S\_{в}$- площадь наветренной поверхности

$S\_{гр}$- площадь наветренной поверхности груза при перевозке на платформе с закрытыми бортами

$$S\_{гр}=L\_{гр}∙(Н\_{гр}-Н\_{б})$$

$$S\_{гр}=8,9∙\left(2,38-0,5\right)= 16,73м^{2} $$

$$S\_{о}=13+16,73=29,73м^{2}$$

Следовательно, вагон с грузом устойчив от опрокидывания относительно УГР, так как 2300 мм$>$1610 мм и 50$м^{2}>29,73м^{2}$

**4. Определение сил, действующих на груз**

 Величина продольной инерционной силы определяется по формуле, тс:

$$F\_{пр}=a\_{пр}∙Q\_{гр}$$

Удельная продольная инерционная сила при перевозке груза с опорой на один вагон и применении для крепления упругих элементов:

$$a\_{пр}=a\_{22}-\frac{Q\_{гр}(a\_{22}-a\_{94})}{72}$$

$$a\_{пр}=1,2-\frac{20\left(1,2-0,97\right)}{72}=1,14 тс/т$$

$$F\_{пр}=1,14∙20=22,8 тс$$

Поперечная инерционная сила с учетом действия центробежной силы определяется по формуле, тс:

$$F\_{пр}=a\_{п}∙Q\_{гр}$$

Удельная поперечная инерционная сила на 1 т массы груза, тс/т.

 Для грузов с опорой на один вагон $a\_{п}$ определяется по формуле, тс/т:

$$a\_{п}=0,33+\frac{0,44}{l\_{вр}}∙l\_{ni}$$

$$a\_{п}=0,33+\frac{0,44}{9720}∙450=0,350 тс/т$$

$$F\_{пр}=0,350∙20=7 тс$$

Вертикальная инерционная сила определяется по формуле, тс:

$$F\_{пр}=a\_{в}∙Q\_{гр}$$

Удельная вертикальная инерционная сила на 1 т массы груза, тс/т.

$$a\_{в}=0,25+kl\_{ni}+\frac{2,14}{Q\_{гр}}$$

$$a\_{в}=0,25+5∙10^{-6}∙450+\frac{2,14}{20}=0,3592 тс/т$$

$$F\_{пр}=0,3592∙20=7,18 тс$$

Ветровая нагрузка принимается нормальной к поверхности груза и определяется из расчета удельного давления ветра, равного 0,05 тс/$м^{2}$, по формуле:

$$W=0,05 S\_{гр}$$

$$W=0,05∙ 16,73=0,8365 тс$$

Величина силы трения в продольной направлении:

$$F\_{тр/пр}= Q\_{гр}∙μ$$

$$F\_{тр/пр}= 20∙0,4=8 тс$$

Величина силы в поперечном направлении, тс

$$F\_{тр/п}= Q\_{гр}∙μ (1-a\_{в})$$

$$F\_{тр/п}= 20∙0,4 \left(1-0,3592\right)=5,1264 тс$$

**5. Проверка устойчивости груза**

*От сдвига*

Продольное усилие, которое должно восприниматься креплением, тс:

$$∆F\_{пр/ус}=F\_{пр}-F\_{тр/пр}$$

$$∆F\_{пр/ус}=22,8-8=14,8 тс$$

Поперечное усилие, которое должно восприниматься креплением, тс:

$$∆F\_{поп/ус}=i \left(F\_{п}+W\right)-F\_{тр/п}$$

$$∆F\_{поп/ус}=1,25 \left(7+0,8365\right)-5,1264=4,6692 тс$$

Груз будет устойчив от сдвига вдоль вагона, если крепление компенсирует величину 14,8 тс, от сдвига поперек вагона- 4,6692 тс.

*От опрокидывания*

Коэффициент устойчивости груза вдоль вагона:

$$η\_{ιð}=\frac{L\_{цт}-l\_{ni}}{a\_{пр}(h\_{гр}-h\_{0})}$$

$$η\_{ιð}=\frac{4450}{1,14(1200-0)}=3,19$$

 Поперек вагона:

$$η\_{ι}=\frac{Q\_{гр}∙b\_{гр}}{F\_{п}\left(h\_{гр}-h\_{0}\right)+W(h\_{ιι}-h\_{o})}$$

Высота центра боковой наветренной поверхности груза определяется по формуле:

$$h\_{ιι}=\frac{H\_{гр}-H\_{б}}{2}+I\_{B}$$

$$h\_{ιι}=\frac{2380-500}{2}+500=1440 мм$$

$$η\_{ι}=\frac{20∙1150}{7\left(1200-0\right)+0,8365(1440-0)}=2,394$$

Коэффициенты устойчивости груза вдоль и поперек вагона больше величины 1,25, следовательно, груз устойчив от опрокидывания вдоль и поперек вагона