**1. Выбор типа подвижного состава**

Исходя из параметров цистерн, для перевозки может быть использована четырёхосная платформа грузоподъёмностью 63 т, имеющая тележки ЦНИИ-Х3. Длина базы 9.72 м, тара т, ширина м, длина м, высота ЦМ порожней платформы от уровня головок рельсов м, высота пола м, площадь боковой поверхности м2.



**2. Определение места нахождения ЦМ груза**

Место нахождения общего центра масс груза по длине, ширине и высоте и величину его смещения определим по следующим формулам:

а) в продольном направлении:

,



где – внутренняя длина вагона, мм; – расстояние от торцевого борта вагона до вертикальной плоскости, в которой находится общий ЦМ грузов, мм;



,



,– расстояния от торцевого борта вагона до вертикальной плоскости, в которой находится ЦМ каждого грузового места, мм; ,– масса соответствующего грузового места, т;



мм; ;



б) в поперечном направлении:

,



где – внутренняя ширина вагона, мм; – расстояние от продольного борта вагона до вертикальной плоскости, в которой находится общий ЦМ грузов, мм;



,



,– расстояния от продольного борта вагона до вертикальной плоскости, в которой находится ЦМ каждого грузового места, мм;



мм; ;



в) в вертикальном направлении:

,



где – расстояние от пола вагона до горизонтальной плоскости, в которой находится общий ЦМ грузов, мм; ,– расстояния от пола вагона до горизонтальной плоскости, в которой находится ЦМ каждого грузового места, мм;



мм.



**3. Определение загрузки тележек**

Максимальная нагрузка на тележку вагона при наличии смещения ЦМ в случае размещения груза одним штабелем по длине вагона определяется по формуле:

,



где – общая масса груза в вагоне, т; – база вагона, мм; так как , то



т.



**4. Определение устойчивости вагона относительно головки рельса**

Вагон с грузом является устойчивым, если выполняются два условия:

1. высота общего ЦМ груза и вагона м;



1. общая наветренная поверхность вагона с грузом м2.



Общая высота ЦМ груза и вагона определяется по формуле:

,



где – общая масса груза в вагоне, т; – масса тары вагона; – высота над уровнем головки рельса ЦМ порожнего вагона;



мм; – условие выполняется.



Общая наветренная поверхность определяется по формуле:

,



где – площадь боковой поверхности платформы, при закрытых бортах м2; – площадь наветренной поверхности груза, м2;



,



где и – соответственно длина и высота единицы груза, м; – высота бортов платформы, м;



м2; м2; м2;



– условие выполняется.



*Вывод:* вагон с грузом относительно головки рельса является устойчивым.

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

На груз действует 2 группы сил: сдвигающие и удерживающие. Точкой приложения всех сил будем считать ЦМ груза. Точкой приложения ветровой нагрузки примем геометрический центр наветренной поверхности груза.

Продольную инерционную силу определим по следующей формуле:



,



где – удельная величина продольной инерционной силы, тс/т;



,



где ,– удельные величины продольной инерционной силы при массе брутто 22 т и 94 т, тс/т, тс/т;



тс/т; тс/т;



тс/т; тс/т.



Поперечная инерционная сила определяется по следующей формуле:



,



где – удельная величина поперечной инерционной силы, тс/т;



,



где – расстояние от ЦМ груза до вертикальной плоскости, проходящей через поперечную ось вагона, м;



тс/т; тс/т;



тс; тс.



Вертикальная инерционная сила определяется по следующей формуле:



,



где – удельная величина вертикальной инерционной силы, тс/т;



,



где при опоре груза на один вагон ; – расстояние от ЦМ груза до вертикальной плоскости, проходящей через поперечную ось вагона, м;



тс/т;



тс/т;тс/т.



Ветровая нагрузка W определяется по следующей формуле:

;



тс; тс.



Сила трения , действующая на груз в продольном направлении, определяется по формуле (подкладки прибиты к полу):



,



где – коэффициент трения стали по дереву, ;



тс.



Сила трения , действующая на груз в поперечном направлении, определяется по формуле:



,



где – коэффициент, принимаемый ;



тс;



тс.



**6. Определение устойчивости груза от сдвига**

Груз считается устойчивым от сдвига вдоль вагона, если выполняется условие:



– условие не выполняется, груз необходимо закрепить от сдвига вдоль вагона. Сила , которая воздействует на крепление, определяется по формуле:



;



тс.



Груз считается устойчивым от сдвига поперёк вагона, если выполняется условие:

,



где n – коэффициент местных ТУ, для Зап.-Сиб. ж.д. n=1.25;

Для первой цистерны: – условие не выполняется, груз необходимо закрепить от сдвига вдоль вагона. Сила , которая воздействует на крепление, определяется по формуле:



;



тс.



Для второй цистерны: – условие не выполняется, груз необходимо закрепить от сдвига вдоль вагона. Сила , которая воздействует на крепление, определяется по формуле:



;



тс.



**7. Определение размеров подкладок**

Сечение подкладок принимаем равным 100\*200 мм, длину, равную внутренней ширине платформы, – 2870 мм. Определим площадь соприкосновения подкладки с цистернами.

Суммарная расчётная нагрузка на подкладку составит:

;



; .



Проекция необходимой площади опирания цистерны на подкладку:

,



где МПа – допускаемое напряжение смятия для ели и сосны;



м2; м2.



Поперечник выемки по продольной оси подкладок определим по формуле:



,



где м – принятая ширина подкладки.



Глубина выемки равна:



,



где – радиус цистерны, м; – расстояние от подкладки до горизонтальной плоскости, проходящей через ЦМ груза.



, .



м, м;



, ,



, ;



м, м.



**8. Выбор типа крепления**

В соответствии с п. 1 главы 6 Технических условий размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах закрепим данный груз следующим образом.

Для предотвращения сдвига в продольном направлении цистерны закрепим с торцовых сторон двумя упорными и двумя распорными брусками сечением 200\*200 мм. Суммарное число гвоздей для крепления упорных и распорных брусков определим по формуле:

,



где – коэффициент трения между упорным бруском и полом вагона; – количество брусков, одновременно работающих в одном направлении; – допускаемое усилие на один гвоздь, для гвоздей диаметром 8 мм и длиной 250 мм тс.



гв.; гв.



Число гвоздей крепления распределяется по количеству используемых брусков равномерно.

Грузы цилиндрической формы подвержены перекатыванию. Их закрепляют от перекатывания совместно упорными брусками и обвязками. На каждую подкладку вплотную к грузу с обеих сторон уложим упорные бруски шириной 200 мм, длиной до конца подкладки и высотой 80 мм. Упорные бруски и подкладки крепим к полу платформы восемью гвоздями длиной 250 мм. Первую цистерну закрепим пятью обвязками, вторую цистерну закрепим двумя обвязками.

Продольные и поперечные усилия в обвязках рассчитаем по следующим формулам:

, ,



где D – диаметр цистерны, мм; – кратчайшее расстояние от ребра опрокидывания до проекции ЦТ на горизонтальную плоскость, мм; – перпендикуляр от ребра опрокидывания на обвязку или растяжку, мм; – количество обвязок; – расстояние от пола вагона или плоскости подкладок до точки приложения ветровой нагрузки, мм; – высота упора от пола вагона или плоскости подкладок, мм;



тс;



тс;



тс;



тс.



Отрицательный знак в полученном результате говорит о том, что от поперечных сил дополнительных усилий в обвязках не возникает. Следовательно, дополнительного крепления не требуется.

Площадь сечения полосовых обвязок определим по формуле:

,



где R – нагрузка на обвязку, кгс; – допускаемое напряжение при растяжении, для *Стали 30* кгс/см2.



см2; см2.



Исходя из полученного результата, выберем следующий тип обвязок: для первой цистерны - полосовые обвязки сечением 4\*30 мм; для второй цистерны – полосовые обвязки сечением 6\*40 мм.

**9. Определение расчётной степени негабаритности**

1. Определим высоты наиболее выступающей в бок точки груза относительно уровня головки рельса:

,



где – высота пола над УГР, мм; – высота подкладки, мм; – высота наиболее выступающей в бок точки груза над уровнем подкладок, мм.



мм; мм.



2. Определим ширину габарита погрузки на высоте :



мм; мм.



3. Сравним ширину груза и ширину габарита погрузки :



Для первой цистерны:



Для второй цистерны: – оба груза вписываются в габарит погрузки на прямом горизонтальном участке пути.



4. Определим отношение длины груза к базе вагона:

;



– груз недлиномерный и вписывается в габарит погрузки на кривых участках пути.

