

## **Местные технические условия размещения крупнотоннажных контейнеров (кроме контейнеров-цистерн) на вагонах-платформах модели 13-9975**

Утверждены

Распоряжением ОАО "РЖД" № 1242р от 24.06.2016 г.

### **Местные технические условия размещения крупнотоннажных контейнеров (кроме контейнеров-цистерн) на вагонах-платформах модели 13-9975**

1. Основные технические характеристики платформы
2. Элементы крепления крупнотоннажных контейнеров
3. Характеристика перевозимых крупнотоннажных контейнеров
4. Размещение и крепление универсальных крупнотоннажных контейнеров
  - 4.1 Размещение груженых контейнеров
  - 4.2 Размещение груженых и порожних контейнеров
  - 4.3 Размещение порожних контейнеров

### **Расчетно-пояснительная записка к Местным техническим условиям на размещение крупнотоннажных контейнеров на вагонах-платформах модели 13-9975**

- 1 Цель расчета и исходные данные
- 2 Описание и расчет схем погрузки
- Заключение

### **Местные технические условия размещения крупнотоннажных контейнеров (кроме контейнеров-цистерн) на вагонах-платформах модели 13-9975**

Настоящие технические условия устанавливают способы размещения и крепления универсальных крупнотоннажных контейнеров ГОСТ Р 51876-2008 (ИСО 1496-1:1990) серии 1ИСО типоразмеров 1AAA, 1AA, 1A, 1AX, 1CC, 1C и 1CX на специализированных вагонах-платформах (далее платформах) модели 13-9975. Перевозка контейнеров-цистерн - не допускается.

Общие требования размещения и крепления универсальных крупнотоннажных контейнеров типоразмеров 1AAA, 1AA, 1A, 1AX, 1CC, 1C и 1CX на платформе:

- суммарная масса брутто контейнеров на платформе должна быть не более ее трафаретной грузоподъемности;
- при размещении на платформе нескольких контейнеров их располагают вплотную торцевыми дверями друг к другу;
- схемы погрузок предусмотренные рисунками 4.1 - 4.19;
- каждый контейнер размещают на платформе на четыре упора, соответствующие фитингам контейнера, предварительно приведенные в рабочее положение. Упоры, не используемые для размещения контейнеров, должны быть приведены в нерабочее (откинутое) положение. При установке контейнера все четыре упора должны войти в отверстия соответствующих фитингов контейнера;
- работник, ответственный за погрузку, размещение и крепление контейнера, обязан после установки контейнера на платформу проверить через боковые отверстия фитингов правильность положения упоров.

МТУ, разработанные на основании конструкторской документации платформы мод. 13-9975, результатов ее комплексных испытаний, в том числе экспериментальной проверки на соударение, предусматривают способы размещения и крепления на вагоне крупнотоннажных контейнеров.

#### **1. Основные технические характеристики платформы**

Основные технические характеристики вагона-платформы модели 13-9975 приведены в таблице 1.

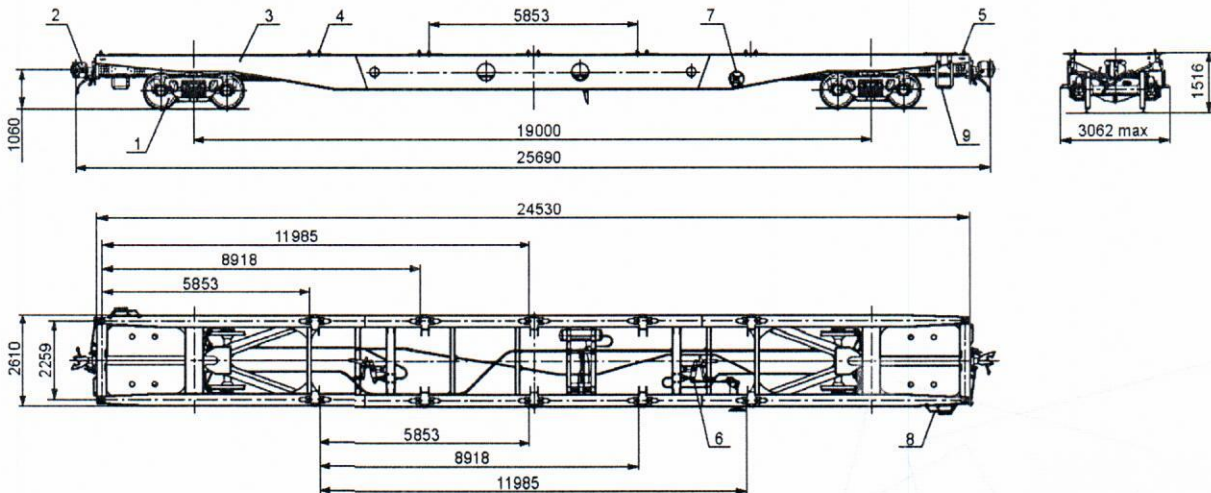
Общий вид платформы модели 13-9975 представлен на рисунке 1.1.

**Таблица 1**



**Основные технические характеристики вагона-платформы модели 13-9975**

Наименование параметра	Значение
Грузоподъемность, т	70
Масса тары, т	23,7 + 0,3
Максимальная расчетная статическая нагрузка от колесной пары на рельсы, кН (тс)	230 (23,5)
Длина по осям сцепления автосцепок, мм	25690 <sup>+60</sup> <sub>-45</sub>
База платформы, мм	19000 + 10
Ширина платформы максимальная, мм	3062
Габарит по ГОСТ 9238-2013	1-Т
Конструкционная скорость, м/с (км/ч)	33,3 (120)
Ширина колеи, мм	1520
Модель двухосной тележки	18-100, 18-1750, 18-2128, 18-7055, 18-9770, 18-9801, 18-9875, 18-9896
Тип автосцепки	СА-3
Количество упоров, шт.:	
- стационарных	4
- откидных	20
Типы транспортируемых контейнеров	Контейнеры ГОСТ Р 51876-2008 (ИСО 1496-1:1990) серии 1ИСО: 1AAA, 1AA, 1A, 1AX, 1CC, 1C, 1CX, массой брутто до 30,48 т (кроме контейнеров-цистерн)



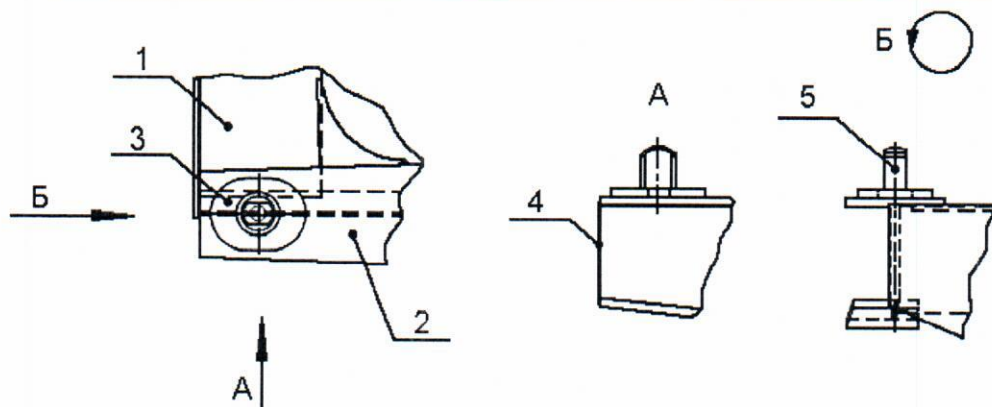
1 - тележка двухосная; 2 - устройство автосцепное; 3 - рама; 4 - откидной упор; 5 - стационарный упор; 6 - автотормоз; 7 - тормоз стояночный; 8 - поручень составителя; 9 - подножка составителя

**Рисунок 1.1** - Вагон-платформа модели 13-9975 для перевозки крупнотоннажных контейнеров

**2. Элементы крепления крупнотоннажных контейнеров**

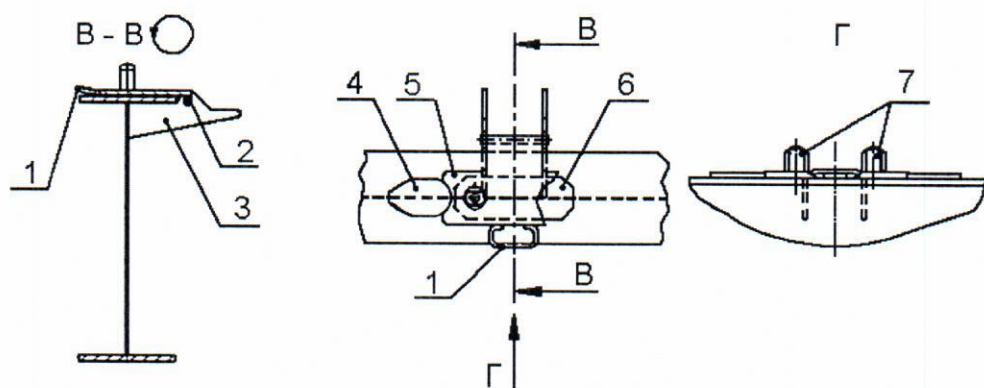
Платформа модели 13-9975 оборудована четырьмя стационарными упорами, расположенными на консольной части боковых балок рамы, и двадцатью откидными упорами (десятью сдвоенными), равномерно распределенными вдоль боковых балок рамы платформы.

Внешний вид стационарных и откидных упоров представлен рисунками 2.1 и 2.2.



1 - балка передняя; 2 - балка боковая; 3 - основание; 4 - лист лобовой; 5 - упор

**Рисунок 2.1** - Упор стационарный

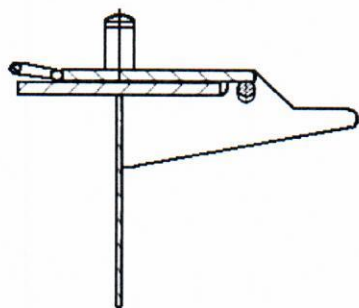


1 - рукоятка; 2 - ось; 3 - ребро; 4 - ограничитель; 5 - основание; 6 - накладка; 7 - упор

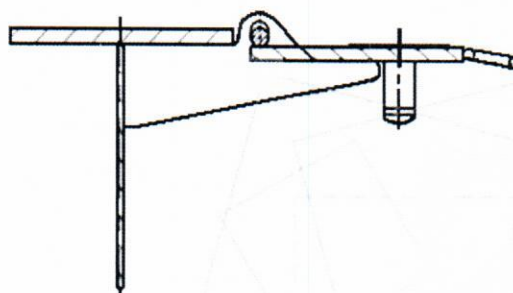
**Рисунок 2.2** - Упор откидной

Каждый контейнер на платформе размещают на четырех упорах, соответствующих отверстиям фитингов, расположенных в основании контейнера, которые предварительно приводятся в рабочее (вертикальное) положение в соответствии с рисунком 2.3.

Упоры, не используемые для размещения контейнеров, должны быть приведены в нерабочее (откинутое) положение в соответствии с рисунком 2.3.



Рабочее положение упора откидного



Нерабочее положение упора откидного

**Рисунок 2.3** - Положения упора откидного

При установке контейнера все четыре упора должны войти в отверстия соответствующих фитингов в основании контейнера.

Работник, ответственный за погрузку, размещение и крепление контейнера, обязан после установки контейнера на платформу проверить через боковые отверстия фитингов правильность положения упоров



платформы.

### 3. Характеристика перевозимых крупнотоннажных контейнеров

Характеристика крупнотоннажных контейнеров, перевозимых на платформах модели 13-9975, представлена в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика крупнотоннажных контейнеров по ГОСТ Р 51876-2008 (ИСО 1496-1:1990)

№ п/п	Тип грузового контейнера	Номинальная длина контейнера		Количество одновременно погруженных контейнеров на платформе, шт.	Максимальная масса перевозимого контейнера, т, не более
		мм	фут		
1	1AAA, 1AA, 1A, 1AX	12192	40	1 или 2	30,48
2	1CC, 1C, 1CX	6058	20	1, 2, 3* или 4*	30,48

\* - погрузка контейнеров производится по их фактической массе брутто без превышения грузоподъемности платформы

### 4. Размещение и крепление универсальных крупнотоннажных контейнеров

#### 4.1 Размещение груженых контейнеров

4.1.1 Груженые контейнеры типоразмера 1CC, 1C, 1CX в количестве 4 штук размещают на платформе в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.1, с соблюдением следующих требований:

- в середине платформы размещают два контейнера, имеющие наименьшую массу брутто из всех контейнеров на платформе;
- разность масс брутто контейнеров  $Q_2$  и  $Q_3$ , размещенных в середине платформы (рисунок 4.1), должна быть не более 3 т при суммарной массе брутто 4 контейнеров до 67,0 т включительно и не более 1 т при суммарной массе брутто 4 контейнеров свыше 67,0 т;
- разность масс брутто контейнеров  $Q_1$  и  $Q_4$ , размещенных в консольных частях платформы, в зависимости от суммарной массы контейнеров на платформе должна быть не более величин, приведенных в таблице 3.

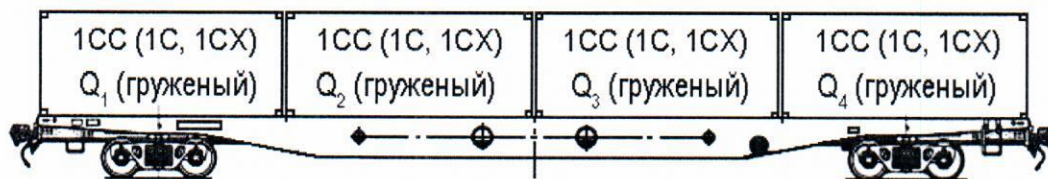


Рисунок 4.1

Таблица 3

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-67,0	свыше 67,0
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_4$ , т	4,9	6,7	5,6	2,6	1,0

4.1.2 Груженые контейнеры типоразмеров 1CC, 1C, 1CX в количестве 3 штук размещают на платформе в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.2, с соблюдением следующих требований:

- по краям платформы размещают контейнеры, имеющие наибольшую массу брутто из всех контейнеров на платформе;
- разность масс брутто контейнеров  $Q_1$  и  $Q_3$  размещенных по краям платформы, в зависимости от



суммарной массы контейнеров на платформе должна быть не более величин, приведенных в [таблице 4](#).



Рисунок 4.2

Таблица 4

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-67,0	свыше 67,0
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров Q <sub>1</sub> и Q <sub>3</sub> , т	4,0	5,5	4,6	2,1	0,7

4.1.3 Грузные контейнеры типоразмера 1CC, 1C, 1CX в количестве 2 штук размещают на платформе в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.3, при этом максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров приведена в [таблице 5](#).

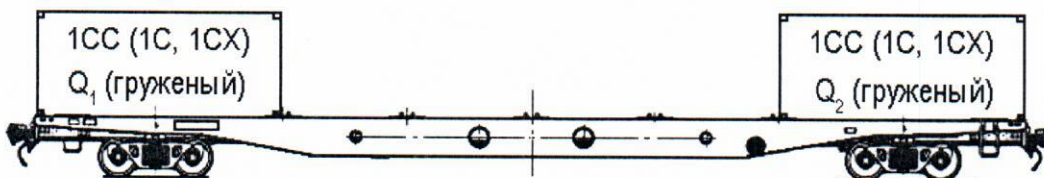


Рисунок 4.3

Таблица 5

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-60,96
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров Q <sub>1</sub> и Q <sub>2</sub> , т	4,0	5,5	4,6

4.1.4 Один грузный контейнер типоразмера 1CC, 1C, 1CX размещают на платформе в соответствии со схемой приведенной на рисунке 4.4.

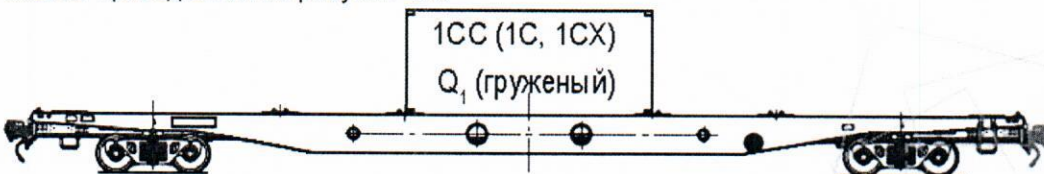


Рисунок 4.4

4.1.5 Один грузный контейнер типоразмера 1AA, 1AAA, 1A, 1AX и два грузных контейнера типоразмера 1CC, 1C, 1CX размещают на платформе в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.5. В зависимости от суммарной массы брутто контейнеров на платформе разность масс контейнеров типоразмеров 1CC (1C, 1CX) должна быть не более указанной в [таблице 6](#).

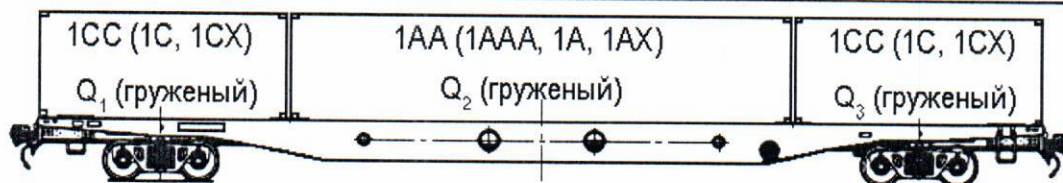


Рисунок 4.5

Таблица 6

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-67,0	свыше 67,0
Максимальная допустимая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_3$ , т	4,0	5,5	4,6	2,1	0,7

4.1.6 Один грузеный контейнер типоразмера 1AA, 1AAA, 1A, 1AX размещают на платформе в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.6.

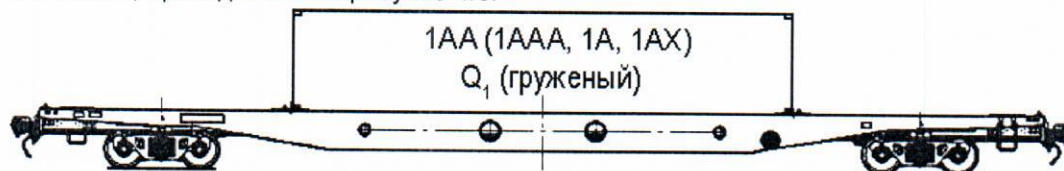


Рисунок 4.6

4.1.7 Два грузеных контейнера типоразмера 1AA, 1AAA, 1A, 1AX размещают на платформе в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.7. В зависимости от суммарной массы брутто контейнеров на платформе разность их масс брутто должна быть не более указанной в таблице 7.

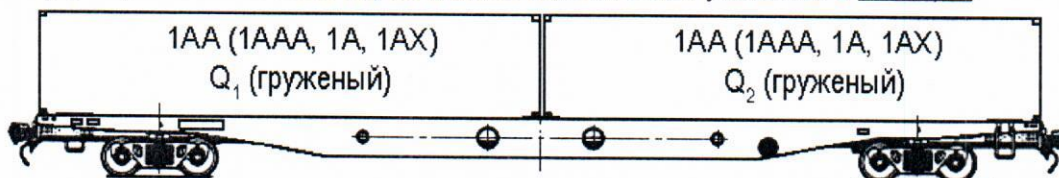


Рисунок 4.7

Таблица 7

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-60,96
Максимальная допустимая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_2$ , т	6,0	8,3	6,9

## 4.2 Размещение грузеных и порожних контейнеров

4.2.1 Размещение двух грузеных и двух порожних контейнеров типоразмера 1CC, 1C, 1CX производится в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.8. Разность масс брутто грузеных контейнеров должна быть не более значений приведенных в таблице 8.

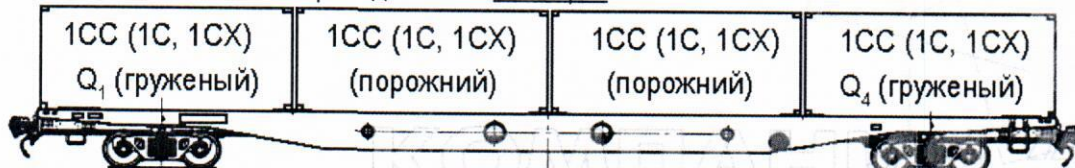


Рисунок 4.8



**Таблица 8**

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-66,0
Максимальная допустимая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_4$ , т	4,9	6,7	5,6	2,6

**4.2.2** Размещение двух груженых и одного порожнего контейнера типоразмера 1СС, 1С, 1СХ производится в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.9. Разность масс брутто контейнеров  $Q_1$  и  $Q_3$  в зависимости от суммарной массы контейнеров на платформе должна быть не более величин, приведенных в таблице 9.

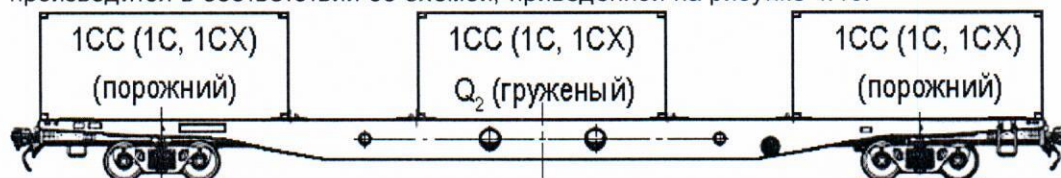


**Рисунок 4.9**

**Таблица 9**

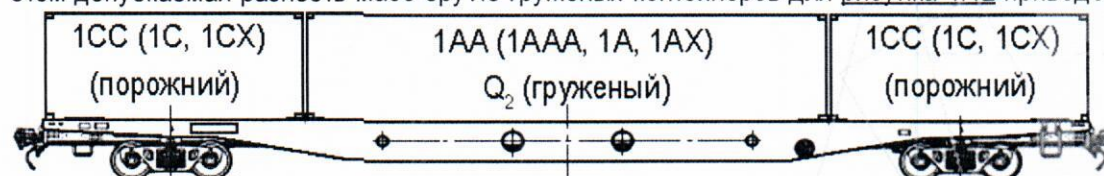
Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-64,0
Максимальная допустимая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_3$ , т	4,0	5,5	4,6	2,1

**4.2.3** Размещение одного груженого и двух порожних контейнеров типоразмера 1СС, 1С, 1СХ производится в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.10.



**Рисунок 4.10**

**4.2.4** Размещение двух порожних контейнеров типоразмера 1СС, 1С, 1СХ и одного груженого контейнера типоразмера 1АА, 1ААА, 1А, 1АХ производится в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.11, а размещение двух груженых контейнеров типоразмера 1СС, 1С, 1СХ и одного порожнего контейнера типоразмера 1АА, 1ААА, 1А, 1АХ производится в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.12. При этом допустимая разность масс брутто груженых контейнеров для рисунка 4.12 приведена в таблице 10.



**Рисунок 4.11**

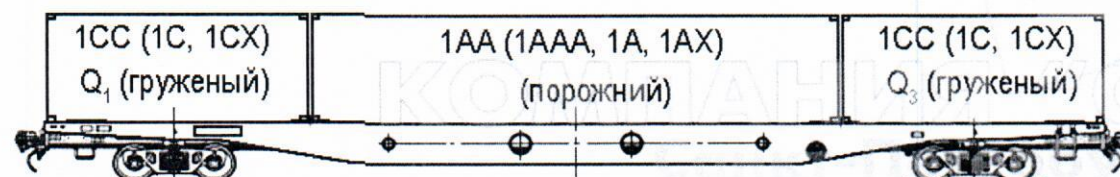




Рисунок 4.12

Таблица 10

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-66,0
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_3$ , т	4,0	5,5	4,6	2,1

4.3 Размещение порожних контейнеров

4.3.1 Размещение четырех порожних контейнеров типоразмера 1СС, 1С, 1СХ приведено на рисунке 4.13.

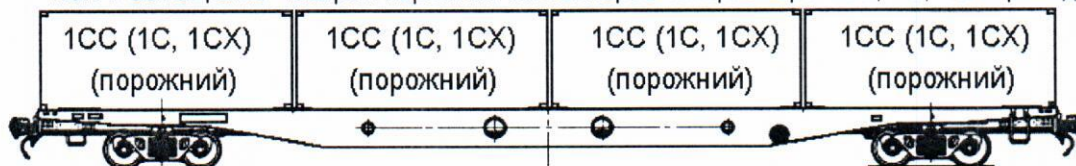


Рисунок 4.13

4.3.2 Размещение трех порожних контейнеров типоразмера 1СС, 1С, 1СХ приведено на рисунке 4.14.

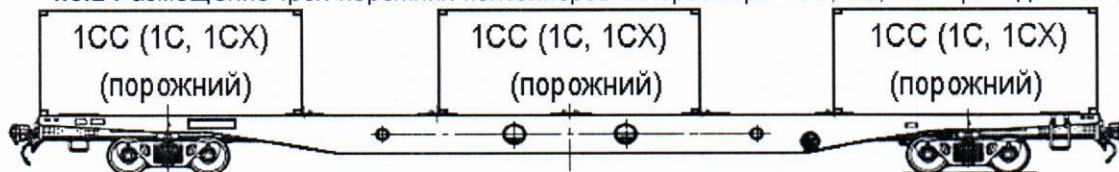


Рисунок 4.14

4.3.3 Размещение двух порожних контейнеров типоразмера 1СС, 1С, 1СХ приведено на рисунке 4.15.

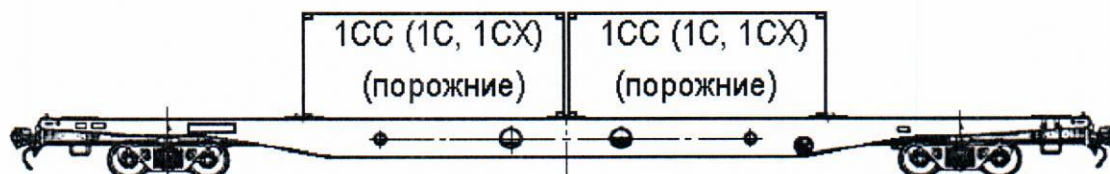


Рисунок 4.15

4.3.4 Размещение одного порожнего контейнера типоразмера 1СС, 1С, 1СХ приведено на рисунке 4.16.

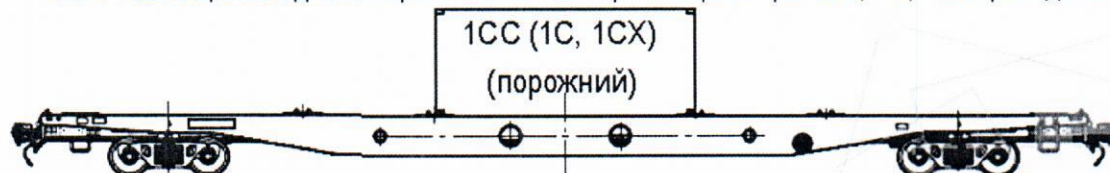


Рисунок 4.16

4.3.5 Размещение двух порожних контейнеров типоразмера 1СС, 1С, 1СХ и одного порожнего контейнера типоразмера 1АА, 1ААА, 1А, 1АХ приведено на рисунке 4.17.

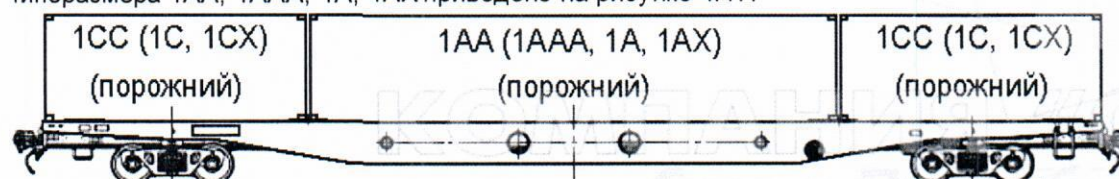




Рисунок 4.17

4.3.6 Размещение двух порожних контейнеров типоразмера 1AA, 1AAA, 1A, 1AX приведено на рисунке 4.18

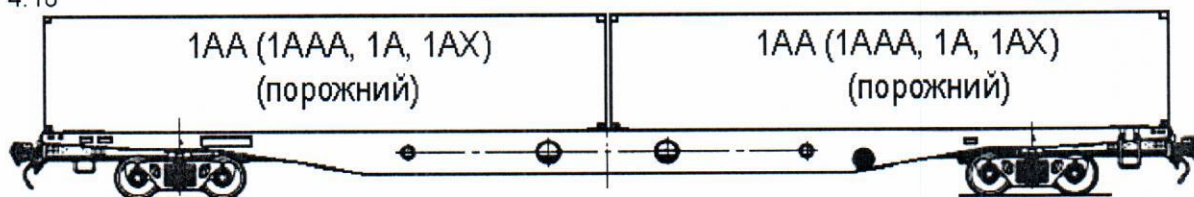


Рисунок 4.18

4.3.7 Размещение одного порожнего контейнера типоразмера 1AA, 1AAA, 1A, 1AX приведено на рисунке 4.19.

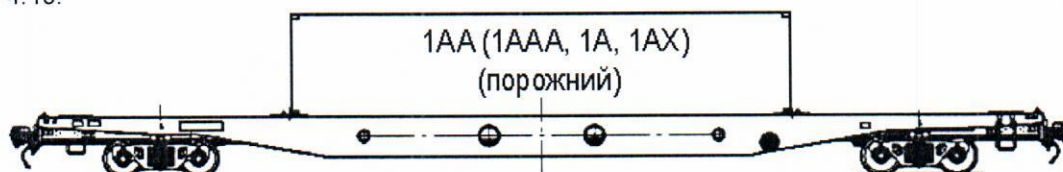


Рисунок 4.19

**Расчетно-пояснительная записка к Местным техническим условиям на размещение крупнотоннажных контейнеров на вагонах-платформах модели 13-9975**

**1 Цель расчета и исходные данные**

1.1 Расчетно-пояснительная записка к местным техническим условиям на размещение крупнотоннажных контейнеров на вагоне-платформе модели 13-9975 (далее - вагон) выполнена в соответствии с требованиями "Технических условий размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах № ЦМ-943" (далее - "Технические условия").

1.2 Исходные данные для расчета, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Наименование параметра	Обозначение	Значение
Грузоподъемность, т	$Q_{гр}$	70,0
Масса тары с допуском, т	T	23,7 + 0,3
Расстояние между центрами фитингов контейнера 1CC (1C, 1CX) по длине, мм	$l_{кф}$	5853
Расстояние между центрами фитингов контейнера 1AA (1AAA, 1A, 1AX) по длине, мм	$l_{кф}$	11985

**2 Описание и расчет схем погрузки**

2.1 Рассматриваются следующие схемы загрузки

Два грузеных 20-футовых контейнера и один грузеный 40-футовый

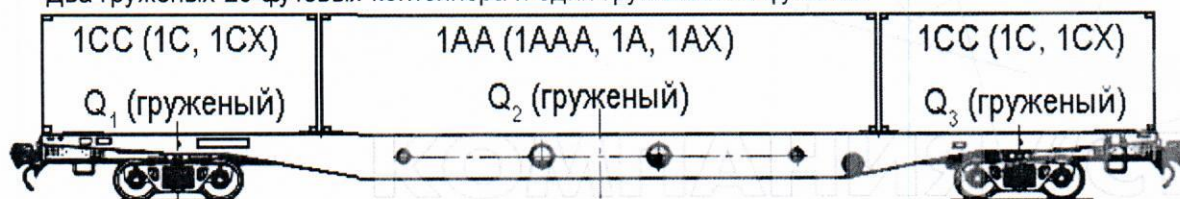


Рисунок 2.1

Два порожних 20-футовых контейнера и один грузеный 40-футовый

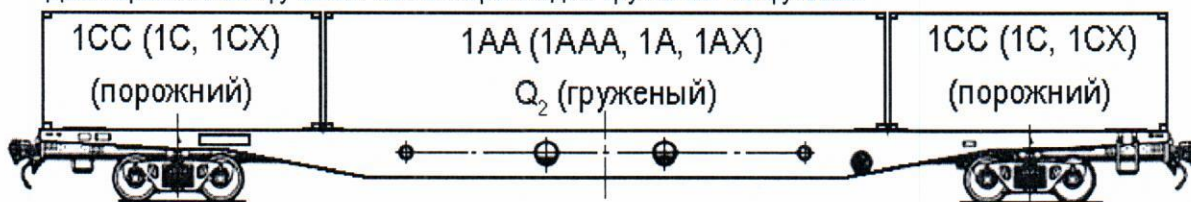


Рисунок 2.2

Два грузеных 20-футовых контейнера и один порожний 40-футовый

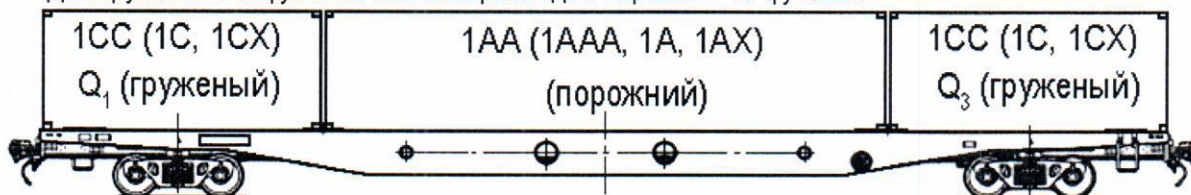


Рисунок 2.3

Два порожних 20-футовых контейнера и один порожний 40-футовый

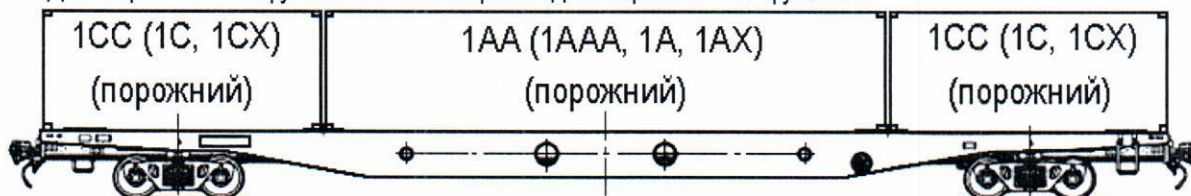


Рисунок 2.4

2.1.1 Расчет продольного, поперечного смещения общего центра тяжести груза и допускаемых сочетаний масс брутто контейнеров

Продольное смещение общего центра тяжести груза  $l_c$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунки 2.1 - 2.4) определяется по формуле

$$l_c = 0,5L - \frac{Q_3 \cdot l_3 + Q_2 \cdot l_2 + Q_1 \cdot l_1}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2.1)$$

где  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $Q_3$  - массы брутто грузеных контейнеров;  $Q_1 = Q_3 = 19,76$  т,  $Q_2 = 30,48$  т,

$L$  - длина кузова вагона;  $L = 24530$  мм;

$l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$  - расстояние от торца вагона до центра тяжести контейнеров;

$l_2 = 12265$  мм;

$$l_1 = 0,5L - l_k \quad (2.2)$$

$$l_3 = 0,5L + l_k \quad (2.3)$$

где  $l_k$  - расстояние от середины вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $l_k = 9198$  мм.

$l_1 = 12265 - 9198 = 3067$

$l_3 = 12265 + 9198 = 21463$

Подставив значения в формулу (2.1), получаем

$$l_c = 12265 - \frac{19,76 \cdot 21463 + 30,48 \cdot 12265 + 19,76 \cdot 3067}{19,76 + 30,48 + 19,76} = 0 \text{ мм.}$$

Тогда разность масс брутто контейнеров  $Q_3$  и  $Q_1$  составляет

$$(2.4)$$



$$|Q_3 - Q_1| \leq \frac{l_c \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3)}{l_k}$$

Поперечное смещение общего центра тяжести груза  $b_c$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунки 2.1 - 2.4) определяется по формуле

$$b_c = 0,5B - \frac{Q_3 \cdot b + Q_2 \cdot b + Q_1 \cdot b}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2.5)$$

где  $B$  - ширина кузова вагона, мм;  $B = 2610$  мм;

$b$  - расстояние от боковой балки вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $b = 1305$  мм.

$$b_c = 0,5 \cdot 2610 - \frac{19,76 \cdot 1305 + 30,48 \cdot 1305 + 19,76 \cdot 1305}{19,76 + 30,48 + 19,76} = 0 \text{ мм.}$$

Общий центр тяжести трех контейнеров находится на линии пересечения продольной и поперечной плоскостей симметрии вагона.

Значения максимальной допускаемой разности масс брутто контейнеров  $Q_3$  и  $Q_1$ , рассчитанные в соответствии с формулой (2.4), значения продольного смещения общего центра тяжести груза и его допускаемые значения для данной схемы погрузки, в соответствии с "Техническими условиями", приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-67,0	свыше 67,0
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_3$ , т	4,0	5,5	4,6	2,1	0,7
Продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2325	844,7	675,2	290,6	96,9
Допускаемое продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2480,0	860,0	690,0	300,0	110,0

2.1.2 Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА с общей массой не более 70 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{цт} = \frac{H_B \cdot T + H_{1ГР} \cdot Q_1 + H_{2ГР} \cdot Q_2 + H_{3ГР} \cdot Q_3}{T + Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2.6)$$

где  $H_B$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_B = 791$  мм;

$H_{1ГР}$ ,  $H_{2ГР}$  и  $H_{3ГР}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1ГР} = H_{3ГР} = 2691$  мм;  $H_{2ГР} = 2843$  мм;

$$H_{цт} = \frac{791 \cdot 23,7 + 2691 \cdot 19,76 + 2843 \cdot 30,48 + 2691 \cdot 19,76}{23,7 + 19,76 + 30,48 + 19,76} = 1978,7 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА составляет 1978,7 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 86 км<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

2.1.3 Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} \leq 0,55 \quad (2.7)$$

где  $P_{Ц} + P_{В}$  - дополнительная вертикальная нагрузка на колесо от действия центробежной силы и ветровой нагрузки, тс;

$P_{СТ}$  - статическая нагрузка от колеса на рельс, тс.

Дополнительная вертикальная нагрузка на колесо от действия центробежной силы и ветровой нагрузки вычисляется по формуле

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{n_k \cdot S} (0,075(T + Q_{ГР}) \cdot H_{ЦТ} + W_{П} \cdot h + 1000\rho) \quad (2.8)$$

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

$h$  - высота геометрического центра наветренной поверхности груза от уровня головки рельса, мм;  $h = 2771,5$  мм;

$Q_{ГР}$  - общая масса груза, тс;  $Q_{ГР} = 70$  тс;

$S$  - половина расстояния между кругами катания колесной пары, мм;  $S = 790$  мм;

$n_k$  - число колес грузонесущих вагонов;  $n_k = 8$ ;

$\rho$  - коэффициент, учитывающий ветровую нагрузку на кузов и тележки вагона и поперечное смещение ЦТ груза за счет деформации рессор;  $\rho = 3,3$ .

Ветровая нагрузка, действующая на части груза, выступающие за пределы кузова вагона, вычисляется по формуле

$$W_{П} = 50 \cdot S_{П} \quad (2.9)$$

где  $S_{П}$  - площадь проекции поверхности груза, подверженной действию ветра, м<sup>2</sup>;  $S_{П} = 66,7$  м<sup>2</sup>.

$$W_{П} = 50 \cdot 66,7 = 3,3 \text{ тс};$$

Статическая нагрузка от колеса на рельс вычисляется по формуле

$$P_{СТ} = \frac{T + Q_{ГР}}{n_k} \quad (2.10)$$

$$P_{СТ} = \frac{23,7 + 70}{8} = 11,7 \text{ тс};$$

Подставив значения в формулы (2.1) к (2.8), получим

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 70) \cdot 1978,7 + 3,3 \cdot 2771,5 + 1000 \cdot 3,3) = 4,17 \text{ тс};$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{4,17}{11,7} = 0,36 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА обеспечивается.

**2.1.4** Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА

Подставив в формулу (2.6) вес порожнего контейнера  $Q_2 = 4$  т, груженых контейнеров  $Q_1 = Q_3 = 30,48$  т и расстояние от головки рельса до центра тяжести груза  $H_{1ГР} = H_{3ГР} = 2694$  мм,  $H_{2ГР} = 2846$  мм, получим

$$H_{ЦТ} = \frac{794 \cdot 23,7 + 2694 \cdot 30,48 + 2846 \cdot 4 + 2694 \cdot 30,48}{23,7 + 30,48 + 4 + 30,48} = 2162,1 \text{ мм}.$$

Центр тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА составляет 2162,1 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 86 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в



соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.1.5** Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА

Подставив значения в формулы (2.7), (2.8) и (2.10) получим

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 65) \cdot 2162,1 + 3,3 \cdot 2774,5 + 1000 \cdot 3,3) = 4,25 \text{ тс};$$

$$P_{СТ} = \frac{23,7 + 65}{8} = 11,1 \text{ тс};$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{4,25}{11,1} = 0,38 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА обеспечивается.

**2.1.6** Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА

Подставив в формулу (2.6) вес груженого контейнера  $Q_2 = 30,48 \text{ т}$ , порожних контейнеров  $Q_1 = Q_3 = 3 \text{ т}$  и расстояние от головки рельса до центра тяжести груза  $H_{1ГР} = H_{3ГР} = 2712 \text{ мм}$ ,  $H_{2ГР} = 2864 \text{ мм}$ , получим

$$H_{ЦТ} = \frac{812 \cdot 23,7 + 2712 \cdot 3 + 2864 \cdot 30,48 + 2712 \cdot 3}{23,7 + 3 + 30,48 + 3} = 1195,8 \text{ мм}.$$

Центр тяжести вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА составляет 1195,8 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 86 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.1.7** Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА

Подставив значения в формулы (2.7), (2.8) и (2.10) получим

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 36,5) \cdot 1195,8 + 3,3 \cdot 2792,5 + 1000 \cdot 3,3) = 2,83 \text{ тс};$$

$$P_{СТ} = \frac{23,7 + 36,5}{8} = 7,5 \text{ тс};$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{2,83}{7,5} = 0,38 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА обеспечивается.

**2.1.8** Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА

Подставив в формулу (2.6) вес порожнего контейнера  $Q_2 = 4 \text{ т}$ , порожних контейнеров  $Q_1 = Q_3 = 3 \text{ т}$  и расстояние от головки рельса до центра тяжести груза  $H_{1ГР} = H_{3ГР} = 2728 \text{ мм}$ ,  $H_{2ГР} = 2881 \text{ мм}$ , получим

$$H_{ЦТ} = \frac{829 \cdot 23,7 + 2728 \cdot 3 + 2881 \cdot 4 + 2728 \cdot 3}{23,7 + 3 + 4 + 3} = 1212,6 \text{ мм}.$$

Центр тяжести вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА составляет 1212,6 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 86 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.1.9** Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА



Подставив значения в формулы (2.7), (2.8) и (2.10) получим

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 10) \cdot 1222,6 + 3,3 \cdot 2809 + 1000 \cdot 3,3) = 2,47 \text{ тс};$$

$$P_{СТ} = \frac{23,7 + 10}{8} = 4,2 \text{ тс};$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{2,7}{4,2} = 0,52 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1ААА обеспечивается.

## 2.2 Рассматриваются следующие схемы загрузки

Три грузеных 20-футовых контейнера

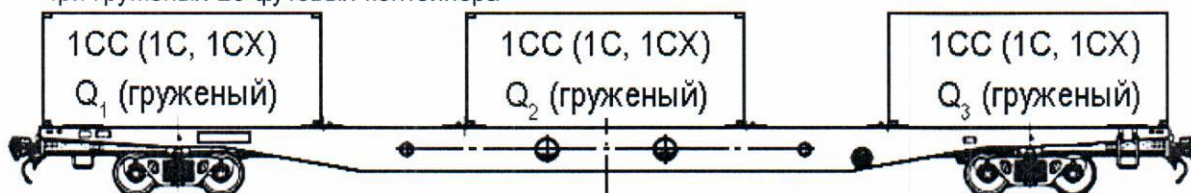


Рисунок 2.5

Два порожних 20-футовых контейнера и один грузеный 20-футовый

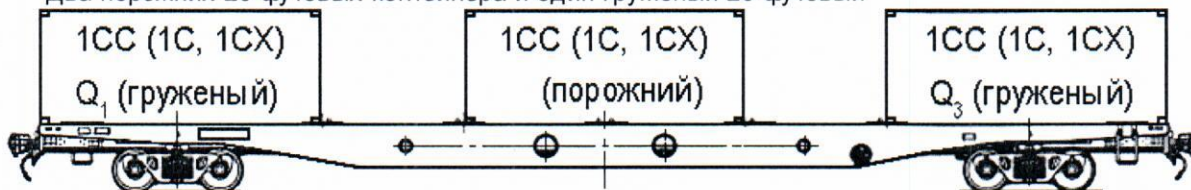


Рисунок 2.6

Два грузеных 20-футовых контейнера и один порожний 20-футовый

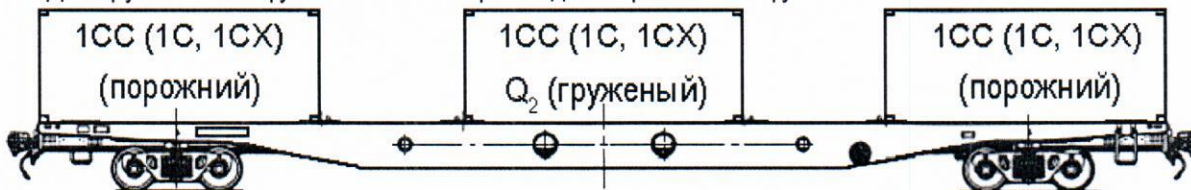


Рисунок 2.7

Три порожних 20-футовых контейнера

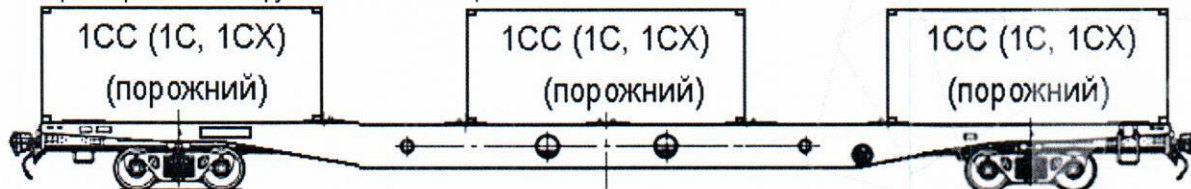


Рисунок 2.8

2.2.1 Расчет продольного, поперечного смещения общего центра тяжести груза и допускаемых сочетаний масс брутто контейнеров

Продольное смещение общего центра тяжести груза  $l_c$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунки 2.5 - 2.8) определяется по формуле



$$l_C = 0,5L - \frac{Q_3 \cdot l_3 + Q_2 \cdot l_2 + Q_1 \cdot l_1}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2.11)$$

где  $Q_1, Q_2$  и  $Q_3$  - массы брутто груженых контейнеров;  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 23,3$  т,

$L$  - длина кузова вагона;  $L = 24530$  мм;

$l_1, l_2$  и  $l_3$  - расстояние от торца вагона до центра тяжести контейнеров;

$l_2 = 12265$  мм;

$$l_1 = 0,5L - l_K \quad (2.12)$$

$$l_3 = 0,5L + l_K \quad (2.13)$$

где  $l_K$  - расстояние от середины вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $l_K = 9198$  мм.

$l_1 = 12265 - 9198 = 3067$

$l_3 = 12265 + 9198 = 21463$

Подставив значения в формулу (2.11), получаем

$$l_C = 12265 - \frac{23,3 \cdot 21463 + 23,3 \cdot 12265 + 23,3 \cdot 3067}{23,3 + 23,3 + 23,3} = 0 \text{ мм.}$$

Тогда разность масс брутто контейнеров  $Q_3$  и  $Q_1$  составляет

$$|Q_3 - Q_1| \leq \frac{l_C \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3)}{l_K} \quad (2.14)$$

Поперечное смещение общего центра тяжести груза  $b_C$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунки 2.5 - 2.8) определяется по формуле

$$b_C = 0,5B - \frac{Q_3 \cdot b + Q_2 \cdot b + Q_1 \cdot b}{Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2.15)$$

где  $B$  - ширина кузова вагона, мм;  $B = 2610$  мм;

$b$  - расстояние от боковой балки вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $b = 1305$  мм.

$$b_C = 0,5 \cdot 2610 - \frac{23,3 \cdot 1305 + 23,3 \cdot 1305 + 23,3 \cdot 1305}{23,36 + 23,3 + 23,3} = 0 \text{ мм.}$$

Общий центр тяжести трех контейнеров находится на линии пересечения продольной и поперечной плоскостей симметрии вагона.

Значения максимальной допустимой разности масс брутто контейнеров  $Q_3$  и  $Q_1$ , рассчитанные в соответствии с формулой (2.14), значения продольного смещения общего центра тяжести груза и его допустимые значения для данной схемы погрузки, в соответствии с "Техническими условиями", приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-67,0	свыше 67,0
Максимальная допустимая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_3$ , т	4,0	5,5	4,6	2,1	0,7
Продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2325	844,7	675,2	290,6	96,9
Допускаемое продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2480,0	860,0	690,0	300,0	110,0

### 2.2.2 Расчет высоты центра тяжести вагона с тремя груженными контейнерами типоразмера 1СС с общей

массой не более 70 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{H_{\text{В}} \cdot T + H_{1\text{ГР}} \cdot Q_1 + H_{2\text{ГР}} \cdot Q_2 + H_{3\text{ГР}} \cdot Q_3}{T + Q_1 + Q_2 + Q_3} \quad (2.16)$$

где  $H_{\text{В}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_{\text{В}} = 791$  мм;

$H_{1\text{ГР}}$ ,  $H_{2\text{ГР}}$  и  $H_{3\text{ГР}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1\text{ГР}} = H_{2\text{ГР}} = H_{3\text{ГР}} = 2691$  мм;

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{791 \cdot 23,7 + 2691 \cdot 23,33 + 2691 \cdot 23,33 + 2691 \cdot 23,33}{23,7 + 23,33 + 23,33 + 23,33} = 2051 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с тремя гружеными контейнерами типоразмера 1СС составляет 2051 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 66,3 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.2.3** Расчет поперечной устойчивости вагона с тремя гружеными контейнерами типоразмера

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие (2.7)

Подставив значения в формулы (2.7) - (2.10), получим

$$W_{\text{п}} = 50 \cdot 47,1 = 2,4 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{СТ}} = \frac{23,7 + 70}{8} = 11,7 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 70) \cdot 2051 + 2,4 \cdot 2691 + 1000 \cdot 3,3) = 3,82 \text{ тс;}$$

$$\frac{P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}}}{P_{\text{СТ}}} = \frac{3,82}{11,7} = 0,33 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с тремя гружеными контейнерами типоразмера 1СС обеспечивается.

**2.2.4** Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1СС

Подставив в формулу (2.16) вес порожнего контейнера  $Q_2 = 3$  т, груженных контейнеров  $Q_1 = Q_3 = 30,48$  т и расстояние от головки рельса до центра тяжести груза  $H_{1\text{ГР}} = H_{2\text{ГР}} = H_{3\text{ГР}} = 2694$  мм, получим

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{795 \cdot 23,7 + 2694 \cdot 30,48 + 2694 \cdot 3 + 2694 \cdot 30,48}{23,7 + 30,48 + 3 + 30,48} = 2162,4 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1СС составляет 2162,4 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 66,3 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.2.5** Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1СС

Подставив значения в формулы (2.7), (2.8) и (2.10) получим

$$P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 64) \cdot 2162,4 + 2,4 \cdot 2694 + 1000 \cdot 3,3) = 3,8 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{СТ}} = \frac{23,7 + 64}{8} = 11 \text{ тс;}$$

$$\frac{P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}}}{P_{\text{СТ}}} = \frac{3,8}{11} = 0,35 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и одним порожним контейнером типоразмера 1СС обеспечивается.



**2.2.6** Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1СС

Подставив в формулу (2.16) вес груженого контейнера  $Q_2 = 30,48$  т, порожних контейнеров  $Q_1 = Q_3 = 3$  т и расстояние от головки рельса до центра тяжести груза  $H_{1ГР} = H_{2ГР} = H_{3ГР} = 2712$  мм, получим

$$H_{ЦТ} = \frac{812 \cdot 23,7 + 2712 \cdot 3 + 2712 \cdot 30,48 + 2712 \cdot 3}{23,7 + 3 + 30,48 + 3} = 1195,8 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1СС составляет 1195,8 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 66,3 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.2.7** Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1СС

Подставив значения в формулы (2.7), (2.8) и (2.10) получим

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 36,5) \cdot 1195,8 + 2,4 \cdot 2712 + 1000 \cdot 3,3) = 2,41 \text{ тс;}$$

$$P_{СТ} = \frac{23,7 + 36,5}{8} = 7,5 \text{ тс;}$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{2,41}{7,5} = 0,32 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС и одним груженым контейнером типоразмера 1ААА обеспечивается.

**2.2.8** Расчет высоты центра тяжести вагона с тремя порожними контейнерами типоразмера

Подставив в формулу (2.16) вес порожних контейнеров  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 3$  т и расстояние от головки рельса до центра тяжести груза  $H_{1ГР} = H_{2ГР} = H_{3ГР} = 2729$  мм, получим

$$H_{ЦТ} = \frac{829 \cdot 23,7 + 2729 \cdot 3 + 2729 \cdot 3 + 2729 \cdot 3}{23,7 + 3 + 3 + 3} = 1212,8 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с тремя порожними контейнерами типоразмера 1СС составляет 1212,8 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 66,3 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.2.9** Расчет поперечной устойчивости вагона с тремя порожними контейнерами типоразмера 1СС

Подставив значения в формулы (2.7), (2.8) и (2.10) получим

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 9) \cdot 1222,8 + 2,4 \cdot 2729 + 1000 \cdot 3,3) = 2,03 \text{ тс;}$$

$$P_{СТ} = \frac{23,7 + 10}{8} = 4,2 \text{ тс;}$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{2,03}{4,2} = 0,5 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с тремя порожними контейнерами типоразмера 1СС обеспечивается.

**2.3** Рассматривается следующая схема загрузки

Два груженных 20-футовых контейнера расположенных на консолях платформы

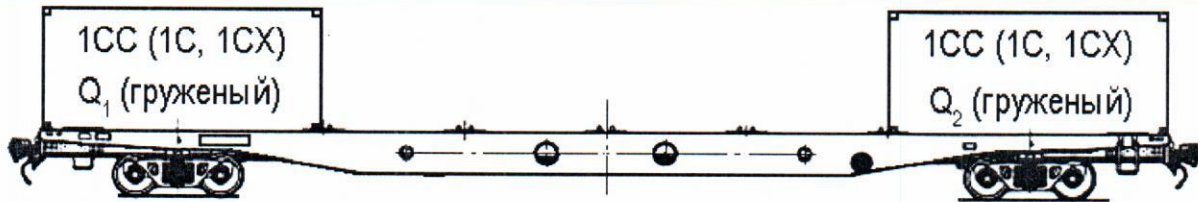


Рисунок 2.9

2.3.1 Расчет продольного, поперечного смещения общего центра тяжести груза и допустимых сочетаний масс брутто контейнеров

Продольное смещение общего центра тяжести груза  $l_c$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунок 2.9) определяется по формуле

$$l_c = 0,5L - \frac{Q_2 \cdot l_2 + Q_1 \cdot l_1}{Q_1 + Q_2} \quad (2.17)$$

где  $Q_1, Q_2$  - массы брутто грузеных контейнеров;  $Q_1 = Q_2 = 30,48$  т,  
 $L$  - длина кузова вагона;  $L = 24530$  мм;

$l_1, l_2$  - расстояние от торца вагона до центра тяжести контейнеров;  
 (2.18)

$$l_1 = 0,5L - l_k \quad (2.18)$$

$$l_2 = 0,5L + l_k \quad (2.19)$$

где  $l_k$  - расстояние от середины вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $l_k = 9198$  мм.

$$l_1 = 12265 - 9198 = 3067$$

$$l_2 = 12265 + 9198 = 21463$$

Подставив значения в формулу (2.17), получаем

$$l_c = 12265 - \frac{30,48 \cdot 21463 + 30,48 \cdot 3067}{30,48 + 30,48} = 0 \text{ мм.}$$

Тогда разность масс брутто контейнеров  $Q_2$  и  $Q_1$  составляет

$$|Q_2 - Q_1| \leq \frac{l_c \cdot (Q_1 + Q_2)}{l_k} \quad (2.20)$$

Поперечное смещение общего центра тяжести груза  $b_c$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунки 2.9) определяется по формуле

$$b_c = 0,5B - \frac{Q_2 \cdot b + Q_1 \cdot b}{Q_1 + Q_2} \quad (2.21)$$

де  $B$  - ширина кузова вагона, мм;  $B = 2610$  мм;

$b$  - расстояние от боковой балки вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $b = 1305$  мм.

$$b_c = 0,5 \cdot 2610 - \frac{30,48 \cdot 1305 + 30,48 \cdot 1305}{30,48 + 30,48} = 0 \text{ мм.}$$

Общий центр тяжести двух контейнеров находится на линии пересечения продольной и поперечной плоскостей симметрии вагона.

Значения максимальной допустимой разности масс брутто контейнеров  $Q_2$  и  $Q_1$ , рассчитанные в соответствии с формулой (2.20), значения продольного смещения общего центра тяжести груза и его допустимые значения для данной схемы погрузки, в соответствии с "Техническими условиями", приведены в



таблице 2.3.

Таблица 2.3

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-60,96
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_2$ , т	4,0	5,5	4,6
Продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2325	844,7	675,2
Допускаемое продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2480,0	860,0	690,0

**2.3.2** Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС с общей массой не более 61 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{ЦТ} = \frac{H_B \cdot T + H_{1ГР} \cdot Q_1 + H_{2ГР} \cdot Q_2}{T + Q_1 + Q_2} \quad (2.22)$$

где  $H_B$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_B = 797$  мм;

$H_{1ГР}$ ,  $H_{2ГР}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1ГР} = H_{2ГР} = 2696$  мм;

Центр тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС составляет 2164,4 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 49,94 м<sup>2</sup>, что не превышает 50 м<sup>2</sup>.

**2.4** Рассматриваются следующие схемы загрузки

Два груженных 40-футовых контейнера

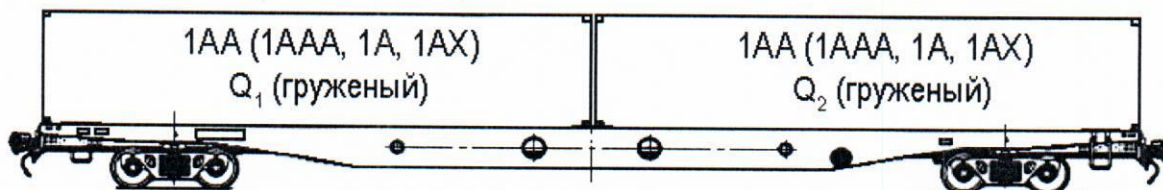


Рисунок 2.10

Два порожних 40-футовых контейнера

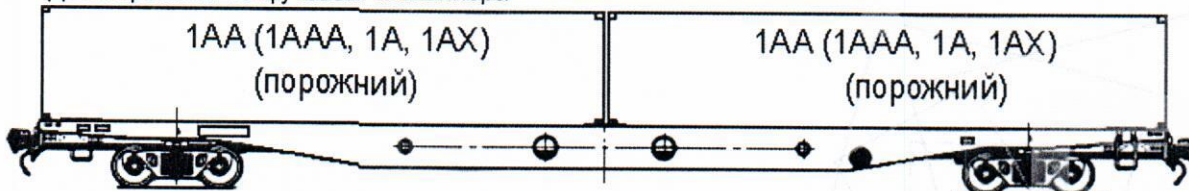


Рисунок 2.11

**2.4.1** Расчет продольного, поперечного смещения общего центра тяжести груза и допускаемых сочетаний масс брутто контейнеров

Продольное смещение общего центра тяжести груза  $l_c$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунок 2.10 и 2.11) определяется по формуле

$$l_c = 0,5L - \frac{Q_2 \cdot l_2 + Q_1 \cdot l_1}{Q_1 + Q_2} \quad (2.23)$$

где  $Q_1, Q_2$  - массы брутто груженых контейнеров;  $Q_1 = Q_2 = 30,48$  т,

$L$  - длина кузова вагона;  $L = 24530$  мм;

$l_1, l_2$  - расстояние от торца вагона до центра тяжести контейнеров;

$$l_1 = 0,5L - l_K \quad (2.24)$$

$$l_2 = 0,5L + l_K \quad (2.25)$$

где  $l_K$  - расстояние от середины вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $l_K = 6132$  мм.

$$l_1 = 12265 - 6132 = 6133$$

$$l_2 = 12265 + 6132 = 18397$$

Подставив значения в формулу (2.23), получаем

$$l_C = 12265 - \frac{30,48 \cdot 18397 + 30,48 \cdot 6133}{30,48 + 30,48} = 0 \text{ мм.}$$

Тогда разность масс брутто контейнеров  $Q_2$  и  $Q_1$  составляет

$$|Q_2 - Q_1| \leq \frac{l_C \cdot (Q_1 + Q_2)}{l_K} \quad (2.26)$$

Поперечное смещение общего центра тяжести груза  $b_C$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунки 2.10 и 2.11) определяется по формуле

$$b_C = 0,5B - \frac{Q_2 \cdot b + Q_1 \cdot b}{Q_1 + Q_2} \quad (2.27)$$

где  $B$  - ширина кузова вагона, мм;  $B = 2610$  мм;

$b$  - расстояние от боковой балки вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $b = 1305$  мм.

$$b_C = 0,5 \cdot 2610 - \frac{30,48 \cdot 1305 + 30,48 \cdot 1305}{30,48 + 30,48} = 0 \text{ мм.}$$

Общий центр тяжести двух контейнеров находится на линии пересечения продольной и поперечной плоскостей симметрии вагона.

Значения максимальной допускаемой разности масс брутто контейнеров  $Q_2$  и  $Q_1$ , рассчитанные в соответствии с формулой (2.26), значения продольного смещения общего центра тяжести груза и его допускаемые значения для данной схемы погрузки, в соответствии с "Техническими условиями", приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-60,96
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_2$ , т	6	8,3	6,9
Продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2286,7	849,8	680,1
Допускаемое продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2480,0	860,0	690,0

**2.4.2** Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя груженными контейнерами типоразмера 1AAA с общей массой не более 61 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле



$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{H_{\text{В}} \cdot T + H_{1\text{ГР}} \cdot Q_1 + H_{2\text{ГР}} \cdot Q_2}{T + Q_1 + Q_2} \quad (2.28)$$

где  $H_{\text{В}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_{\text{В}} = 797$  мм;

$H_{1\text{ГР}}, H_{2\text{ГР}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1\text{ГР}} = H_{2\text{ГР}} = 2849$  мм;

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{797 \cdot 23,7 + 2696 \cdot 30,48 + 2696 \cdot 30,48}{23,7 + 30,48 + 30,48} = 2274,6 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1ААА составляет 2274,6 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 89,9 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

#### 2.4.3 Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1ААА

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие (2.7)

Подставив значения в формулы (2.7) - (2.10), получим

$$W_{\text{П}} = 50 \cdot 70,62 = 3,5 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{СТ}} = \frac{23,7 + 61}{8} = 10,6 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 61) \cdot 2274,6 + 3,5 \cdot 2849 + 1000 \cdot 3,3) = 4,39 \text{ тс;}$$

$$\frac{P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}}}{P_{\text{СТ}}} = \frac{4,39}{10,6} = 0,41 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1ААА обеспечивается.

#### 2.4.4 Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1ААА с общей массой не более 8 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{H_{\text{В}} \cdot T + H_{1\text{ГР}} \cdot Q_1 + H_{2\text{ГР}} \cdot Q_2}{T + Q_1 + Q_2} \quad (2.29)$$

где  $H_{\text{В}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_{\text{В}} = 830$  мм;

$H_{1\text{ГР}}, H_{2\text{ГР}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1\text{ГР}} = H_{2\text{ГР}} = 2882$  мм;

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{830 \cdot 23,7 + 2882 \cdot 4 + 2882 \cdot 4}{23,7 + 4 + 4} = 1347,9 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1ААА составляет 1347,9 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 89,9 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

#### 2.4.5 Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя порожними контейнерами типоразмера 1ААА

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие (2.7)

Подставив значения в формулы (2.7) - (2.10), получим

$$W_{\text{П}} = 50 \cdot 70,62 = 3,5 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{СТ}} = \frac{23,7 + 8}{8} = 4 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 8) \cdot 1347,9 + 3,5 \cdot 2882 + 1000 \cdot 3,3) = 2,63 \text{ тс;}$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{2,4}{4} = 0,54 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя порожними контейнерами типоразмера 1AAA обеспечивается.

## 2.5 Схема погрузки четырьмя 20-футовыми контейнерами.

Рассматриваются следующие схемы загрузки:

Четыре грузеных 20-футовых контейнера

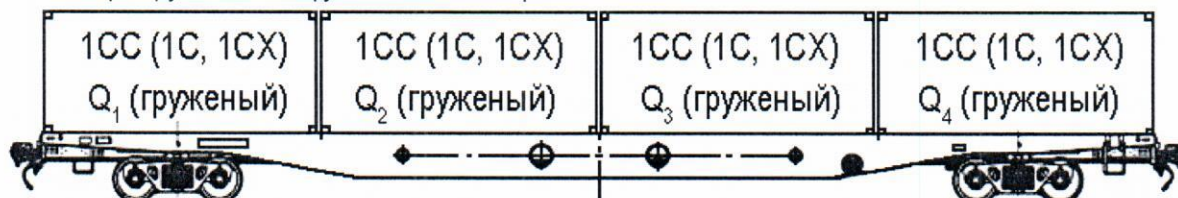


Рисунок 2.12

Два грузеных 20-футовых контейнера и два порожних 20-футовый

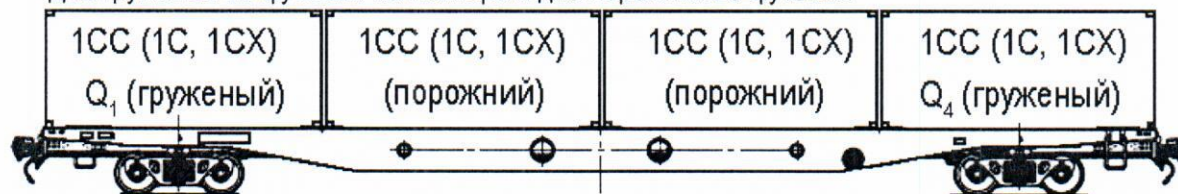


Рисунок 2.13

Четыре порожних 20-футовых контейнера

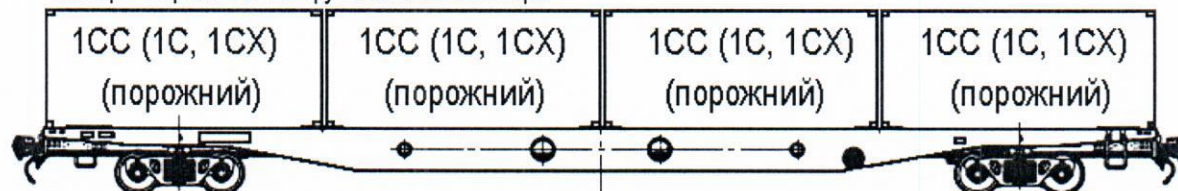


Рисунок 2.14

### 2.5.1 Расчет продольного, поперечного смещения общего центра тяжести груза и допустимых сочетаний масс брутто контейнеров

Продольное смещение общего центра тяжести груза  $l_c$ , мм, для рассматриваемых схем загрузки (рисунки 2.12 - 2.14) определяется по формуле

$$l_c = 0,5L - \frac{Q_1 \cdot l_1 + Q_2 \cdot l_2 + Q_3 \cdot l_3 + Q_4 \cdot l_4}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} \quad (2.30)$$

где  $Q_1, Q_2, Q_3$  и  $Q_4$  - массы брутто грузеных контейнеров;  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 17,5т$ ,

$L$  - длина кузова вагона;  $L = 24530$  мм;

$l_1, l_2, l_3$  и  $l_4$  - расстояние от торца вагона до центра тяжести контейнеров;

$$l_1 = 0,5L - l_K \quad (2.31)$$

$$l_{12} = 0,5L - l'_K \quad (2.32)$$

$$l_3 = 0,5L + l'_K \quad (2.33)$$

$$l_4 = 0,5L + l_K \quad (2.34)$$

КОМПАНИЯ «СТМ»  
Санкт-Петербург



где  $l_k, l'_k$  - расстояние от середины вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $l_k = 9198$  мм,  $l'_k = 3066$  мм.

$$\begin{aligned} l_1 &= 12265 - 9198 = 3067 \text{ мм;} \\ l_2 &= 12265 - 3066 = 9199 \text{ мм;} \\ l_3 &= 12265 + 3066 = 15331 \text{ мм;} \\ l_4 &= 12265 + 9198 = 21463 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Подставив значения в формулу (2.30), получаем

$$l_C = 12265 - \frac{17,5 \cdot 3067 + 17,5 \cdot 9199 + 17,5 \cdot 15331 + 17,5 \cdot 21463}{17,5 + 17,5 + 17,5 + 17,5} = 0 \text{ мм.}$$

Тогда разность масс брутто контейнеров  $Q_1$  и  $Q_4$  составляет

$$|Q_4 - Q_1| \leq \frac{l_C \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) - (Q_3 - Q_1) \cdot l'_k}{l_k} \quad (2.35)$$

Поперечное смещение общего центра тяжести груза  $b_C$ , мм, для рассматриваемой схемы загрузки (рисунки 2.17 - 2.19) определяется по формуле

$$b_C = 0,5B - \frac{Q_1 \cdot b + Q_2 \cdot b + Q_3 \cdot b + Q_4 \cdot b}{Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} \quad (2.36)$$

где  $B$  - ширина кузова вагона, мм;  $B = 2610$  мм;

$b_C$  - расстояние от боковой балки вагона до центра тяжести контейнера, мм;  $b_C = 1305$  мм.

$$b_C = 0,5 \cdot 2610 - \frac{17,5 \cdot 1305 + 17,5 \cdot 1305 + 17,5 \cdot 1305 + 17,5 \cdot 1305}{17,5 + 17,5 + 17,5 + 17,5} = 0 \text{ мм.}$$

Общий центр тяжести четырех контейнеров находится на линии пересечения продольной и поперечной плоскостей симметрии вагона.

Значения максимальной допускаемой разности масс брутто контейнеров  $Q_1$  и  $Q_4$ , рассчитанные в соответствии с формулой (2.35); при этом, при суммарной массе брутто контейнеров на платформе до 67 т включительно, принимаем разность масс брутто контейнеров  $Q_2$  и  $Q_3$  не более 3 т, а при суммарной массе брутто контейнеров на платформе свыше 67 т - 1 т.

Значения продольного смещения общего центра тяжести груза и его допускаемые значения для данной схемы погрузки, в соответствии с "Техническими условиями", приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Суммарная масса брутто контейнеров на платформе, т	до 16,0	16,1-60,0	60,1-63,0	63,1-67,0	свыше 67,0
Максимальная допускаемая разность масс брутто контейнеров $Q_1$ и $Q_4$ , т	4,9	6,7	5,6	2,6	1,0
Продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2325,0	860,0	690,0	304,5	372,8
Допускаемое продольное смещение общего центра тяжести груза, мм	2480,0	860,0	690,0	300,0	110,0

**2.5.2** Расчет высоты центра тяжести вагона с четырьмя груженными контейнерами типоразмера 1СС с общей массой не более 70 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле

$$(2.37)$$

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{H_{\text{В}} \cdot T + H_{1\text{ГР}} \cdot Q_1 + H_{2\text{ГР}} \cdot Q_2 + H_{3\text{ГР}} \cdot Q_3 + H_{4\text{ГР}} \cdot Q_4}{T + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4}$$

где  $H_{\text{В}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_{\text{В}} = 791$  мм;

$H_{1\text{ГР}}, H_{2\text{ГР}}, H_{3\text{ГР}}, H_{4\text{ГР}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1\text{ГР}} = H_{2\text{ГР}} = H_{3\text{ГР}} = H_{4\text{ГР}} = 2691$  мм;

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{791 \cdot 23,7 + 2691 \cdot 17,5 + 2691 \cdot 17,5 + 2691 \cdot 17,5 + 2691 \cdot 17,5}{23,7 + 17,5 + 17,5 + 17,5 + 17,5} = 1923,9 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с четырьмя гружеными контейнерами типоразмера 1СС составляет 1923,9 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 82 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

### 2.5.3 Расчет поперечной устойчивости вагона с четырьмя гружеными контейнерами типоразмера 1СС

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие (2.7)

Подставив значения в формулы (2.7) - (2.10), получим

$$W_{\text{п}} = 50 \cdot 62,8 = 3,1 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{СТ}} = \frac{23,7 + 70}{8} = 11,7 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 70) \cdot 1923,9 + 3,1 \cdot 2691 + 1000 \cdot 3,3) = 3,98 \text{ тс;}$$

$$\frac{P_{\text{Ц}} + P_{\text{В}}}{P_{\text{СТ}}} = \frac{3,98}{11,7} = 0,34 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с четырьмя гружеными контейнерами типоразмера 1СС обеспечивается.

### 2.5.4 Расчет высоты центра тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС с общей массой не более 67 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{H_{\text{В}} \cdot T + H_{1\text{ГР}} \cdot Q_1 + H_{2\text{ГР}} \cdot Q_2 + H_{3\text{ГР}} \cdot Q_3 + H_{4\text{ГР}} \cdot Q_4}{T + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} \quad (2.38)$$

где  $H_{\text{В}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_{\text{В}} = 793$  мм;

$H_{1\text{ГР}}, H_{2\text{ГР}}, H_{3\text{ГР}}$  и  $H_{4\text{ГР}}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1\text{ГР}} = H_{2\text{ГР}} = H_{3\text{ГР}} = H_{4\text{ГР}} = 2692$  мм;

$$H_{\text{ЦТ}} = \frac{791 \cdot 23,7 + 2692 \cdot 30,48 + 2692 \cdot 3 + 2692 \cdot 3 + 2692 \cdot 30,48}{23,7 + 30,48 + 3 + 3 + 30,48} = 3160,4 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС составляет 2160,4 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 82 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

### 2.5.5 Расчет поперечной устойчивости вагона с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие (2.7)

Подставив значения в формулы (2.7) - (2.10), получим

$$W_{\text{п}} = 50 \cdot 62,8 = 3,1 \text{ тс;}$$

$$P_{\text{СТ}} = \frac{23,7 + 67}{8} = 11,3 \text{ тс;}$$



$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 67) \cdot 2160,4 + 3,1 \cdot 2692 + 1000 \cdot 3,3) = 4,17 \text{ тс};$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{4,17}{11,3} = 0,37 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с двумя гружеными контейнерами типоразмера 1СС и двумя порожними контейнерами типоразмера 1СС обеспечивается.

**2.5.6** Расчет высоты центра тяжести вагона с четырьмя порожними контейнерами типоразмера 1СС с общей массой не более 12 т

Центр тяжести вагона с грузом определяется по формуле

$$H_{ЦТ} = \frac{H_{В} \cdot T + H_{1ГР} \cdot Q_1 + H_{2ГР} \cdot Q_2 + H_{3ГР} \cdot Q_3 + H_{4ГР} \cdot Q_4}{T + Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4} \quad (2.39)$$

где  $H_{В}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести вагона;  $H_{В} = 828$  мм;

$H_{1ГР}$ ,  $H_{2ГР}$ ,  $H_{3ГР}$  и  $H_{4ГР}$  - расстояние от головки рельса до центра тяжести груза;  $H_{1ГР} = H_{2ГР} = H_{3ГР} = H_{4ГР} = 2727$  мм;

$$H_{ЦТ} = \frac{828 \cdot 23,7 + 2727 \cdot 3 + 2727 \cdot 3 + 2727 \cdot 3 + 2727 \cdot 3}{23,7 + 3 + 3 + 3 + 3} = 1211,6 \text{ мм.}$$

Центр тяжести вагона с четырьмя порожними контейнерами типоразмера 1СС составляет 1211,6 мм, что не превышает 2300 мм, общая площадь наветренной поверхности при данной схеме загрузки составляет 82 м<sup>2</sup>, что превышает 50 м<sup>2</sup>, следовательно, в соответствии с "Техническими условиями" необходимо провести расчет поперечной устойчивости вагона.

**2.5.7** Расчет поперечной устойчивости вагона с четырьмя порожними контейнерами типоразмера 1СС

Поперечная устойчивость груженого вагона обеспечивается, если удовлетворяется условие (2.7)

Подставив значения в формулы (2.7) - (2.10), получим

$$W_{п} = 50 \cdot 62,8 = 3,1 \text{ тс};$$

$$P_{СТ} = \frac{23,7 + 12}{8} = 4,5 \text{ тс};$$

$$P_{Ц} + P_{В} = \frac{1}{8 \cdot 790} (0,075(23,7 + 12) \cdot 1211,6 + 3,1 \cdot 2727 + 1000 \cdot 3,3) = 2,37 \text{ тс};$$

$$\frac{P_{Ц} + P_{В}}{P_{СТ}} = \frac{2,37}{4,7} = 0,53 \leq 0,55.$$

Поперечная устойчивость с четырьмя порожними контейнерами типоразмера 1СС обеспечивается.

### Заключение

Проведенный расчет показал, что все предусмотренные в расчете схемы погрузки вагона-платформы модели 13-9975 крупнотоннажными контейнерами соответствуют "Техническим условиям", также для этих схем определены допустимые разности масс контейнеров при различных схемах загрузки вагона.