

ОАО ЦНИИПРОМЗДАНИЙ

**РЕКОМЕНДАЦИИ  
ПО ПОДБОРУ ТОЛЩИНЫ И  
АРМИРОВАНИЯ  
БЕТОННОЙ СТЯЖКИ, УСТРОЕННОЙ  
ПО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫМ ПЛИТАМ  
ФЛОР БАТТС И ФЛОР БАТТС И**

ШИФР М 34.01/03

МОСКВА 2004

## **Содержание**

Введение.....	3
1. Рекомендации по результатам расчета.....	4
2. Пояснительная записка.....	8
3. Приложение.....	13

## Введение

Отделом конструкций ОАО "ЦНИИПромзданий" разработаны рекомендации по подбору толщины и армирования бетонной стяжки, устроенной по теплоизоляционным плитам "Флор Баттс" и "Флор Баттс И".

Работа выполнялась в соответствии с Договором №М34.61/03 от 30.07.2003 по заказу ЗАО "Минеральная Вата" в сентябре - октябре 2001 года.

Рекомендации предусмотрены для плит "Флор Баттс" и "Флор Баттс И" производства ЗАО "Минеральная Вата".

Рекомендации разрабатывались при следующих исходных данных:

- рассмотренные толщины бетонных стяжек составляли 60, 80, 100, 120 и 140 мм;

- величины нагрузок принимались по СНиП 2.01.07-85\* "Нагрузки и воздействия", а также в соответствии с Техническим заданием;

- для минераловатных плит приняты следующие предельно допустимые величины нагрузок:

- для плит Флор Баттс - 17 кПа

- для плит Флор Баттс И - 30 кПа;

- другие физико-механические показатели минераловатных плит Флор Баттс и Флор Баттс И приняты по Техническому Свидетельству № ТС-07-0698-03;

- в соответствии с техническим заданием, расчеты выполнялись только для одной толщины теплоизоляции для обоих продуктов - 100 мм; упругие характеристики для плит с указанной толщиной принимались по графику, приведенному в техническом задании.

При разработке рекомендаций выполнены следующие расчеты:

- расчет бетонных полов на комбинацию равномерно распределенных нормативных нагрузок (по табл. 3 СНиП 2.01.07-85\* "Нагрузки и воздействия") линейно

- распределенными нагрузками;

- расчет бетонных полов на сосредоточенные нагрузки, а также их комбинации;

- расчет бетонных полов на нагрузки от автомобильного транспорта для легковых автомобилей (Флор Баттс) и для грузового порожнего транспорта (Флор Баттс И).

Результаты расчетов выполнены в виде таблиц, форма составления которых была согласована с Заказчиком.

## 1. Рекомендации по результатам расчетов

1.1. При действии на бетонную стяжку линейно распределенной нагрузки (например, вес перегородок) толщину стяжки, а также ее армирование рекомендуется определять согласно табл. 1.

Таблица 1

Толщина стяжки, мм	Армирование ( $\varnothing$ , класс/шаг), мм	Максимально допустимая нагрузка, кг/м, $P$	Минимальное расстояние между нагрузками, м, $l_{min}$
60	-	440	3.0
80	-	620	4.0
100	-	800	4.5
"	$\varnothing 5BpI/200$	1170	"
"	$\varnothing 6AIII/200$	1450	"
120	-	970	5.0
"	$\varnothing 5BpI/200$	1240	"
"	$\varnothing 6AIII/200$	1540	"
"	$\varnothing 6AIII/150$	2040	"
140	-	1160	5.5
"	$\varnothing 5BpI/200$	1360	"
"	$\varnothing 6AIII/200$	1690	"
"	$\varnothing 6AIII/150$	2250	"

Примечания к табл. 1

- При ширине опирания линейно распределенной нагрузки, превышающей 20 см табличные значения нагрузок  $P$  можно увеличить на 10%.
- Если расстояние между линейно распределенными нагрузками  $l$  меньше  $l_{min}$ , но не менее  $l_{min}/3$ , табличные значения нагрузок можно увеличить путем умножения на коэффициент  $1,3 - 0,3 \cdot l/l_{min}$ . При  $l < l_{min}/3$  следует выполнять расчет стяжки как плиты на упругом основании.
- Допускается использовать иное армирование, чем указанное в табл. 1; при этом нагрузку  $P$  следует принимать равной

$$P_{\text{табл}}(RsAs)_{\text{факт}}/(RsAs)_{\text{табл}},$$

где  $(RsAs)_{\text{факт}}$  - предельное усилие в принятой арматуре на единицу длины;

$P_{\text{табл}}$  и  $(RsAs)_{\text{табл}}$  - табличное значение нагрузки и соответствующее ей предельное усилие в арматуре, но не более максимальной нагрузки для данной толщины стяжки.

- Расположение арматуры по толщине стяжки - см. рис. 1



Рис.1

1.2. При действии на бетонную стяжку сосредоточенных нагрузок от стационарного оборудования толщину стяжки, а также ее армирование рекомендуется определять согласно табл. 2.

Таблица 2

Толщина стяжки, мм	Армирование ( $\varnothing$ , класс/шаг), мм	Максимально допустимая сосредоточенная нагрузка, кг, при минимальных расстояниях между грузами, м				
		0,5	0,7	1,0	1,5	2,0
60	-	200	300	330	330	300
80	-	300	480	550	550	540
100	$\varnothing 5\text{BpI}/200$ $\varnothing 6\text{AIII}/200$	400	700	810	830	800
"		500	900/1020	1180	1220	1160
"		580/750	900/1270	1470	1510	1440
120	$\varnothing 5\text{BpI}/200$ $\varnothing 6\text{AIII}/200$ $\varnothing 6\text{AIII}/150$	570	940	1120	1170	1300
"		610	940/1220	1440	1500	1450
"		610/910	940/1520	1660/1790	1870	1800
"		610/1050	940/1610	1660/2380	2240/2485	2400
140	$\varnothing 5\text{BpI}/200$ $\varnothing 6\text{AIII}/200$ $\varnothing 6\text{AIII}/150$ $8\text{AIII}/200$ $10\text{AIII}/200$	630/760	970/1230	1490	1570	1530
"		630/880	970/1410	1670/2140	1790	1740
"		630/1100	970/1640	1670/2660	2214	2150
"		"	"	1670/2950	2580/2960	2910
"		"	"	"	2580/3770	3280/3670
"		"	"	"	"	3280/5660

## Примечания к табл. 2

- Значение нагрузок слева от черты принимаются при плитах Флор Баттс, а справа от черты - при плитах Флор Баттс И.
- Табличные значения нагрузок получены при размерах опорной площадки 10x10 см. При размерах грузовых площадок, превышающих в обоих направлениях 20 см, табличные значения нагрузок можно увеличить на 30%.

## 6

3. Допускается использовать иное армирование, чем указанное в табл. 2; при этом нагрузку  $P$  следует принимать равной

$$P_{\text{табл}}(RsAs)_{\text{факт}}/(RsAs)_{\text{табл}},$$

где  $(RsAs)_{\text{факт}}$  - предельное усилие в принятой арматуре на единицу длины;

$P_{\text{табл}}$  и  $(RsAs)_{\text{табл}}$  - табличное значение нагрузки и соответствующее ей предельное усилие в арматуре, но не более максимальной нагрузки для данной толщины стяжки.

4. Расположение арматуры по толщине стяжки - см. рис. 1

1.3. При действии на бетонную стяжку нагрузки от легковых автомобилей и от грузового порожнего транспорта толщину стяжки, а также ее армирование рекомендуется определять по табл. 3 и 4.

Для легковых и грузовых 2-х осных автомобилей

Таблица 3

Толщина стяжки, мм	Армирование ( $\varnothing$ , класс/шаг), мм	Максимально допустимая нагрузка, на одно колесо, кг	Минимальная площадь следа колеса, $\text{см}^2$
60	-	500	300
70	-	700	400
80	-	960	"
100	-	1390	"
120	-	1880	"
140	-	2620	600
140	$\varnothing 8\text{AIII}/200$	4220	"
140	$\varnothing 10\text{AIII}/200$	7030	900
140	$\varnothing 12\text{AIII}/200$	11350	1600

Для грузовых 3-х и 4-х осных автомобилей

Таблица 4

Толщина стяжки, мм	Армирование ( $\varnothing$ , класс/шаг), мм	Максимально допустимая нагрузка, на одно колесо, кг	Минимальная площадь следа колеса, $\text{см}^2$
100	-	930	400
120	-	1230	400
140	-	1620	400
140	$\varnothing 8\text{AIII}/200$	2810	600
140	$\varnothing 10\text{AIII}/200$	4758	900
140	$\varnothing 12\text{AIII}/200$	7560	1600

## Примечания

1. При площади следа колеса, превышающей табличные значения в 2 и более раза допустимую нагрузку можно увеличить на 15%.
2. Допускается использовать иное армирование, чем указанное в табл. 2; при этом нагрузку  $P$  следует принимать равной

$$P_{\text{табл}}(RsAs)_{\text{факт}}/(RsAs)_{\text{табл}},$$

где  $(RsAs)_{\text{факт}}$  - предельное усилие в принятой арматуре на единицу длины;

$P_{\text{табл}}$  и  $(RsAs)_{\text{табл}}$  - табличное значение нагрузки и соответствующее ей предельное усилие в арматуре, но не более максимальной нагрузки для данной толщины стяжки.

3. Расположение арматуры по толщине стяжки - см. рис. 1

## 2. Пояснительная записка

2.1. Данные таблиц 1-4 получены на основании расчетов бетонной стяжки в виде пластины на упругом основании методом конечных элементов с помощью программы "Лира-9".

2.2. За упругое основание принят слой теплоизоляции из плит Флор Баттс и Флор Баттс И. Согласно техническому заданию (см. приложение) толщина теплоизоляции из обоих видов плит принята равной  
 $d = 100 \text{ мм} = 10 \text{ см}$ .

Из графика механических показателей имеем:

для Флор Баттс

при напряжении  $\sigma = 15 \text{ кН/м}^2 = 0,153 \text{ кг/см}^2$  деформация укорочения  $\Delta = 2,38 \text{ мм}$ ; тогда  $\varepsilon = \Delta/d = 2,38/100 = 0,0238$ , модуль упругости  $E = \sigma/\varepsilon = 0,153/0,0238 = 6,43 \text{ кг/см}^2$ , коэффициент постели  $\kappa = E/d = 6,43/10 = 0,643 \text{ кг/см}^3$ ;

пределное напряжение  $R = 17 \text{ кПа} = 0,173 \text{ кг/см}^2$ ;

для Флор Баттс И

при напряжении  $\sigma = 30 \text{ кН/м}^2 = 0,306 \text{ кг/см}^2 \Delta = 4,43 \text{ мм}$ ;  
 тогда  $\varepsilon = 4,43/100 = 0,0443$ ,  $E = 0,306/0,0443 = 6,9 \text{ кг/см}^2$ ,  $\kappa = 6,9/10 = 0,69 \text{ кг/см}^3$ ;

пределное напряжение  $R = 30 \text{ кПа} = 0,306 \text{ кг/см}^2$ ;

Расчеты плит при использовании значений  $\kappa = 0,64 \text{ кг/см}^3$  и  $\kappa = 0,69 \text{ кг/см}^3$  показали весьма незначительное расхождение моментов и прогибов (менее 1%). Поэтому все данные в табл. 1, 2, 3, 4 представлены при одном значении  $\kappa = 0,64 \text{ кг/см}^3$ .

2.3. В большинстве случаев определяющим допустимые нагрузки был расчет стяжки по прочности на изгиб. При учете наличия в стяжке арматуры проверялась также ширина раскрытия трещин, однако эта ширина нигде не превосходила 0,2 мм.

В некоторых случаях расчета на действие сосредоточенных нагрузок определяющим был расчет на сжатие теплоизоляционных плит. Тогда допустимая нагрузка принималась соответствующей предельному напряжению сжатия в этих плитах, то есть равной

$$P = \frac{100R}{w/10 \cdot E},$$

где  $w$  - максимальный прогиб стяжки (см) от силы 100 кг,  $R$  и  $E$  - см. п. 2. Поэтому в табл. 2 для этих случаев приводятся различные допустимые нагрузки в зависимости от типа этих плит.

Расчет стяжки на продавливание бетона во всех случаях не был определяющим.

**2.4. Сосредоточенные и линейно распределенные (полосовые) нагрузки** рассматривались как длительные или постоянные, и поэтому при расчетах на эти нагрузки учитывался коэффициент условий работы бетона  $\gamma_{b2}=0,9$ ; при расчетах же нагрузки от автомобильного транспорта учитывался коэффициент  $\gamma_{b2}=1,1$ . Кроме того, бетонные стяжки рассчитывались с учетом коэффициента  $\gamma_{b9}=0,9$ .

Для стяжек толщиной 100, 120 и 140 мм предусматривались варианты армирования в виде сеток с ячейками 200x200 и 150x150 мм, укладываемых у нижнего края стяжки.

Согласно указанию пособия к СНиП 2.03.13-88 полы под сосредоточенные нагрузки отнесены к полам IV и V групп, и, следовательно, учитывалось расчетное сопротивление бетона растяжению. Такое же сопротивление учитывалось и при действии полосовой нагрузки. Полы под автомобильные нагрузки отнесены к I группе, для которой, учитывая экономическую ответственность, используются нормативные сопротивления бетона растяжению. При этом, учитывая многократную повторность нагружений, вводится коэффициент условий работы бетона  $\gamma_{b1}=0,75$ .

Согласно техническому заданию бетон стяжки во всех случаях принят класса В20. При расчете на сосредоточенные и полосовые значения  $R_{bt}$  с учетом указанных выше коэффициентов равно  $9,18*0,9*0,9=7,43 \text{ кг}/\text{см}^2$ , а при расчете нагрузки от автомобилей -  $R_{btn}\gamma_{b2}\gamma_{b1}=14,3*1,1*0,75=11,8 \text{ кг}/\text{см}^2$ .

**2.5.** Поскольку размеры грузовой площадки слабо влияют на определение допустимых нагрузок, данные в таблицах получены при минимально возможных размерах, а именно: для сосредоточенных нагрузок - 10x10 см, для полосовых нагрузок - ширина 10 см; для автомобильных нагрузок - в зависимости от нагрузки на одно колесо, применительно к табл. 3 указанного Пособия к СНиП 2.03.13-88. Однако, как показали сопоставительные расчеты, при существенном превышении этих размеров грузовых площадок допустимая нагрузка может несколько повыситься. Это отражено в примечаниях к табл. 1-4.

**2.6. Расчет на сосредоточенные нагрузки** проводился при невыгоднейших схемах их расположения, а именно: при минимальных расстояниях между грузами  $a \leq 0,7 \text{ м}$  - по рис. 2, при  $a \geq 0,7 \text{ м}$  - по рис. 3. При иных схемах расположения грузов и при сохранении минимального расстояния  $a$  между какими-либо двумя грузами максимальные моменты будут несколько снижены по сравнению с полученными при приведенных схемах. Моменты в точках приложения грузов у края плиты (согласно

техническому заданию не ближе 50 см) незначительно отличаются от моментов у других грузов, и поэтому всегда учитывался наибольший момент из моментов в точках 1, 2, 3 (см. рис. 2 и 3).

2.7. Расчет на полосовые нагрузки, параллельные друг другу проводился при расстояниях между этими нагрузками примерно равными

$$l = 0,544 \sqrt{\frac{E_b h^3}{k}},$$

где  $E_b = 275000 \text{ кг/см}^2$ ;  $h$  - толщина стяжки в см;  $k = 0,64 \text{ кг/см}^2$  - коэффициент постели.

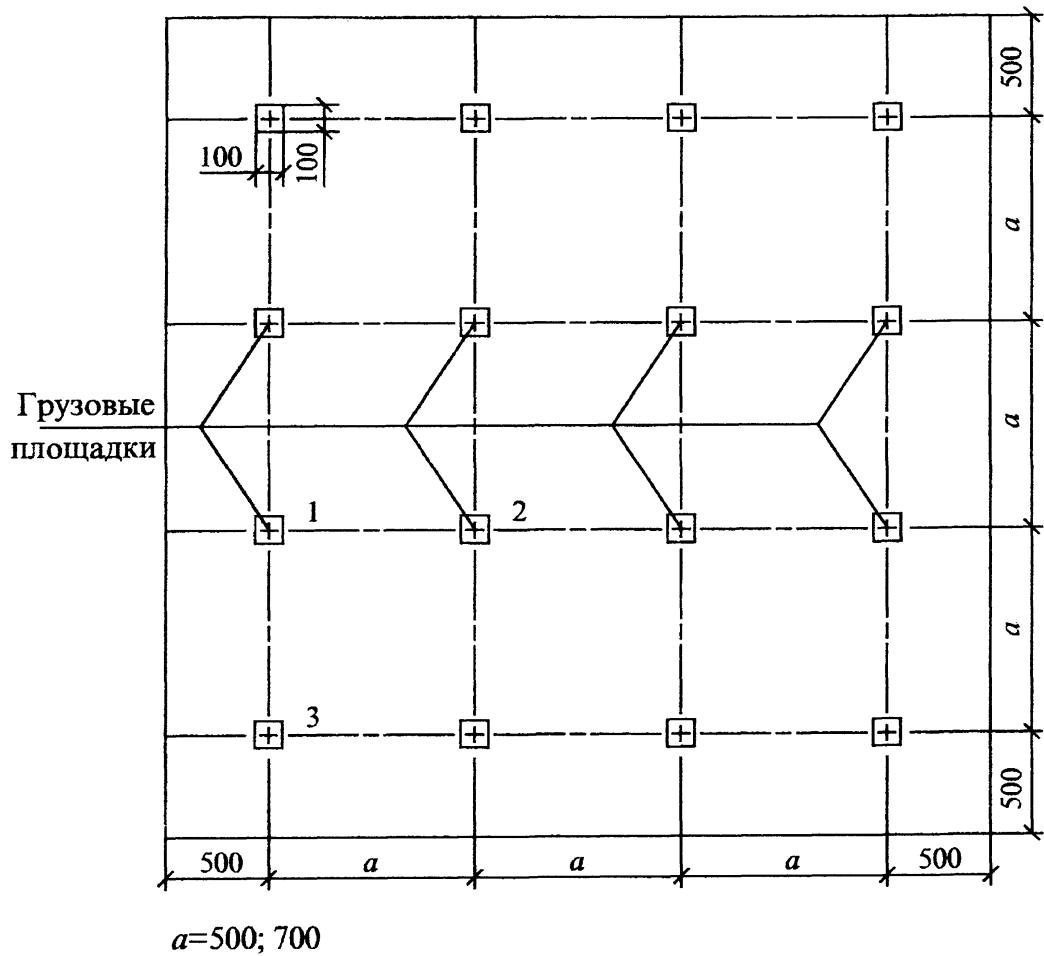
При расстояниях между полосовыми нагрузками, превышающими  $l$ , моменты практически не меняются. При меньших расстояниях максимальные моменты несколько уменьшаются, что приводит к увеличению допустимых нагрузок. Это нашло отражение в примечании п. 2 к табл. 1.

2.8. Нагрузки от легковых автомобилей основаны на данных для автомобилей ГАЗ-31029 и Джип Land Rover Defender (см. приложение) при наиболее сближенном расположении двух автомобилей. При этом учитывалось фактическое расположение колес автомобилей.

Для грузовых автомобилей расчеты проводились согласно рекомендациям указанного в п. 4 Пособия на действие одного груза, равного  $1,2P$  - для двухосных машин и  $1,8P$  - для 3-х и 4-х осных машин, где  $P$  - расчетная нагрузка на одно колесо. Этот груз прикладывался в центре плиты размером 21x21,

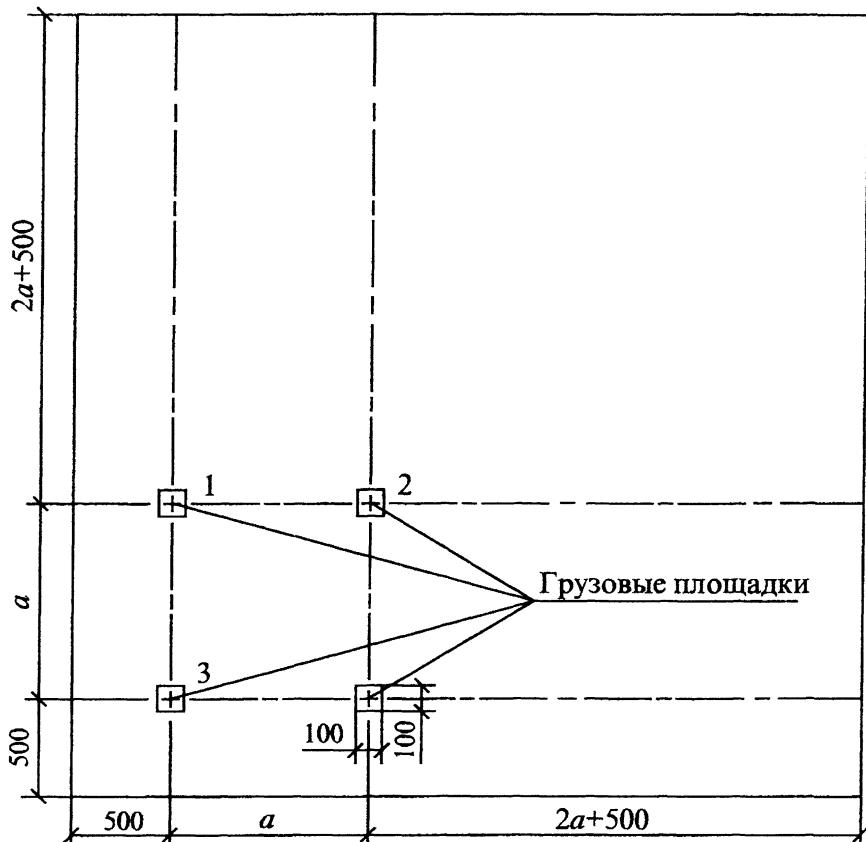
где  $l = 0,544 \sqrt{\frac{E_b h^3}{k}}$ .

2.9. Как показали сопоставительные расчеты распределенная нагрузка  $q$ , действующая на пол помимо сосредоточенных и полосовых нагрузок, оказывает весьма малое влияние на величину максимальных моментов даже у краев плиты. При этом увеличение  $q$  действует в сторону снижения этих моментов. Поэтому все данные приведены без учета равномерно распределенных нагрузок.



$$a=500; 700$$

Рис. 2.



$$a=1000; 1500; 2000$$

Рис. 3.

## **Приложение**

## ДАННЫЕ ПО ЛЕГКОВЫМ АВТОМОБИЛЯМ

### 1. Нагрузки на полы от легкового автомобиля ГАЗ-31029

Полная масса автомобиля - 1790 кг.

Нагрузка:

- на переднюю ось -  $M_{п0}=855$  кг;
- на заднюю ось -  $M_{з0}=935$  кг;

Схема расположения отпечатков шин легкового автомобиля:

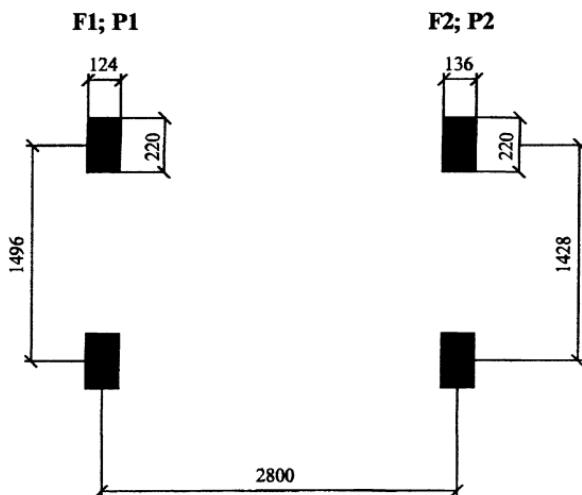


Рис. 1.1

где:

F1 - площадь отпечатка ( пятно ) шин переднего колеса легкового автомобиля,  $\text{см}^2$ ;

F2 - площадь отпечатка ( пятно ) шин заднего колеса легкового автомобиля,  $\text{см}^2$ ;

P1 - сосредоточенная нагрузка на пол от переднего колеса легкового автомобиля,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

P2 - сосредоточенная нагрузка на пол от заднего колеса легкового автомобиля,  $\text{кг}/\text{см}^2$ ;

Площадь отпечатка ( пятна ) шин от переднего колеса легкового автомобиля -  $F_1=273$  см<sup>2</sup>.

Площадь отпечатка ( пятна ) шин от заднего колеса легкового автомобиля -  $F_2=300 \text{ см}^2$ .

Расчет сосредоточенной нагрузки на пол от переднего колеса легкового автомобиля:

$$P_1 = \frac{M_{no}}{N_n x F_1} \quad P_1 = \frac{855}{2x273} = 1,56 \text{ kN/cm}^2$$

Расчет сосредоточенной нагрузки на пол от заднего колеса легкового автомобиля:

$$P_2 = \frac{M_{30}}{N_3 x F_2} \quad P_1 = \frac{855}{2x273} = 1,56 \text{ kN/cm}^2$$

## 2. Нагрузки на полы от легкового автомобиля "Джип Land Rover Defender" 110. 3,5 (95 г.)

**Габариты автомобиля и схема парковки машин при максимальном их сближении и максимальной предельной массой каждого автомобиля - 2794 кг**

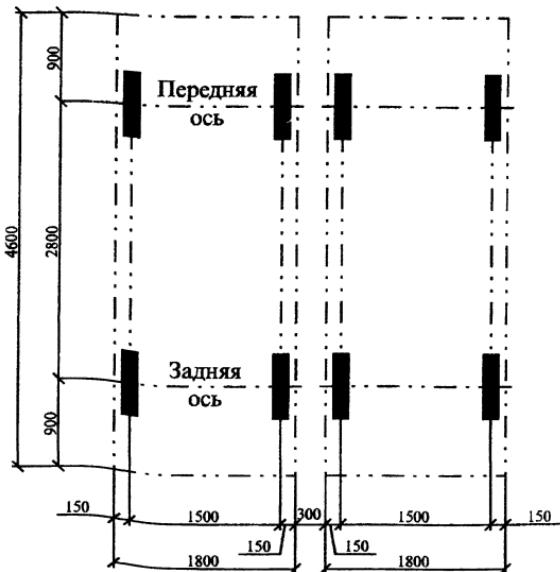


Рис. 21

## Схема нормативных нагрузок давления колес на перекрытие

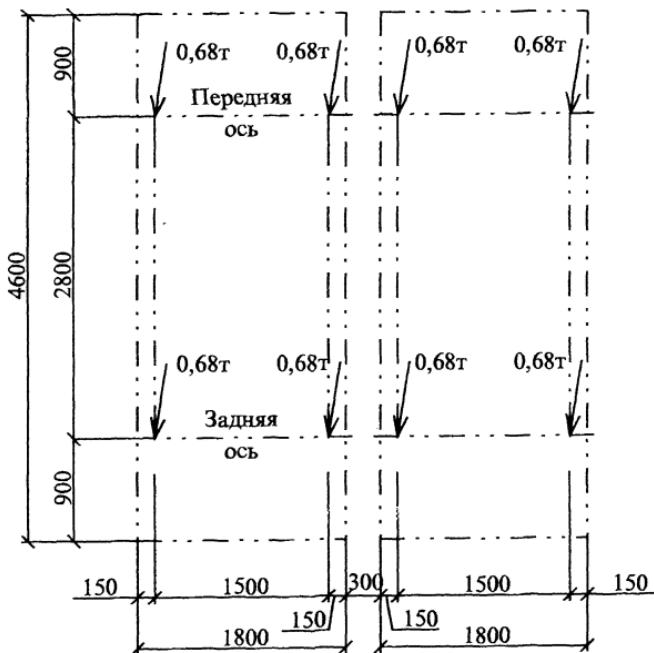


Рис. 2.2