РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ ПОЛОВ С ПОДСТИЛАЮЩИМ СЛОЕМ И ПО КОНСТРУКЦИЯМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛИТ ДЛЯ ПОЛОВ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

(разработаны ЦНИИПромзданий Госстроя СССР)

gost.e-ecolog.ru

I. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ПОЛОВ

РАСЧЕТ ПОЛОВ С НЕЖЕСТКИМ ПОДСТИЛАЮЩИМ СЛОЕМ

1. Расчет распространяется на полы с песчаными, шлаковыми, гравийными, щебеночными, глинобитными и булыжными подстилающими слоями.

Расчетные характеристики

2. Полы с нежестким подстилающим слоем рассчитывают на нагрузки неподвижные, а также подвижные от безрельсового транспорта.

Нагрузки от тележек, тачек и других транспортных средств, передвигаемых вручную, собственный вес пола, а также нагрузки, равномерно распределенные по площади пола, при расчете не учитывают.

3. При неподвижных нагрузках определяют:

а) величину нагрузки P в *кг*;

б) форму и площадь F в *см²* следа приложения нагрузки к поверхности пола;

в) удельную нагрузку на пол p в *кг/см²*;

г) диаметр D в *см* круга, равновеликого площади следа.

Для площади следа прямоугольной формы с отношением сторон $\frac{a}{b}$ от 1 до 3

$$D=\sqrt{\frac{4ab}{\pi}}=1{,}13\sqrt{ab}. \qquad (1)$$

4. Характеристики транспортных средств приведены в табл. 1.

5. Воздействия на пол с нежестким подстилающим слоем безрельсовых транспортных средств одной или нескольких марок следует привести к эквивалентным воздействиям от условных автомобилей с расчетной нагрузкой Н-13.

Для этого сначала определяют значение

$$N_i=K_1N_к, \qquad (2)$$

где $N_к$ — число транспортных средств данной марки, проходящих в одном направлении за одни сутки;

Таблица 1

Расчетные характеристики транспортных средств

Марки транспортных средств	Количество осей в шт.	Нагрузка на колесо P в *кг*	Площадь следа колеса F в *см²*	Удельное давление $p=\frac{P}{F}$ в *кг/см²* на пол	Диаметр круга следа колеса $D=\sqrt{\frac{4F}{\pi}}$ в *см*	Коэффициент $\gamma_i=\frac{pD}{170}$
Условный автомобиль с расчетной нагрузкой Н-13	2	4550	910	5	34	1
Автомобили:						
ГАЗ-51А; ГАЗ-52-03; ГАЗ-53Ф; ГАЗ-53	2	2000	500	4	25	0,59
	2	2250	640	3,5	28,5	0,59
ЗИЛ-585	2	2725	650	4,2	29	0,72
Урал-377	3	2750	640	4,3	28,5	0,72
ГАЗ-93А	2	2850	710	4	30	0,72
ГАЗ-53А	2	2800	580	4,8	27	0,76
ЗИЛ-164	2	3080	720	4,3	30	0,76
ЗИЛ-ММЗ-585	2	2850	570	5	2,7	0,8
ЗИЛ-164А	2	3100	620	5	28	0,82
ЗИЛ-ММЗ-555	2	3250	540	6	26	0,92
ЗИЛ-130	2	3500	600	5,8	28	0,95
МАЗ-205	2	4200	700	6	30	1,06
ЯАЗ-210	3	4500	750	6	31	1,1
КрАЗ-219Б	3	4700	780	6	31,5	1,1
МАЗ-503	2	4700	780	6	31,5	1,1
МАЗ-500; МАЗ-200	2	5000	830	6	33	1,16
КрАЗ-221	3	8100	1590	5,1	45	1,35
Автопогрузчики 4000; 4043М	2	3640	490	7,4	25	1,1
4003; 4045М	2	5120	850	6	33	1,16
Электрокары:						
ЭК-1,5	2	625	42	15	7,3	0,64
ЭК-2	2	675	56	15,7	8,3	0,76
ТС	2	1200	78	15,3	10	0,9
Трейлер Т-101	3	6440	1073	6	37	1,31

Примечания: 1. Для автопогрузчиков увеличение нагрузки на колеса в момент подъема груза учтено в таблице в размере 10%.

2. Расчетные данные для нагрузки от транспортных средств, не указанных в таблице, определяют по п. 5.

K_1 — коэффициент, учитывающий воздействия на пол транспортных средств в зависимости от количества осей у них; принимают по табл. 2.

Таблица 2

Значения K_1

Транспортные средства	Значения K_1 при количестве осей у транспортных средств		
	2	3	4
Автомобили, автопогрузчики, электрокары .	1	1,8	—
Трейлеры	1,8	2,4	3

Для каждого значения N_i по графику рис. 1 определяют эквивалентное, по воздействию на пол, количество условных автомобилей с расчетной нагрузкой Н-13 ($N_{iн}$) следующим образом: из точки на оси n, отвечающей значению N_i, восстанавливают перпендикуляр до пересечения с наклонной линией, соответствующей данной марке транспортного средства; из полученной точки пересечения проводят линию, параллельную оси n, до пересечения с наклонной линией Н-13 и из точки пересечения опускают перпендикуляр на ось n. Полученное значение на оси n соответствует значению $N_{iн}$.

Для определения значения $N_{iн}$ для транспортного средства, не указанного в табл. 1, на рис. 1 проводят специальную для него наклонную прямую линию, ординаты точек которой равны ординатам точек наклонной линии Н-13, умноженным на коэффициент $\eta = \frac{pD}{170}$ данного транспортного средства (см. табл. 1).

Расчетную интенсивность движения определяют по формуле

$$N_p = \gamma \sum N_{iн}, \qquad (3)$$

где $\Sigma N_{iн}$ — определяется суммированием значений $N_{iн}$ для каждой марки транспортных средств;

γ — коэффициент распределения движения по ширине проезда, принимаемый по табл. 3.

Таблица 3

Коэффициент распределения движения по ширине проезда

Количество полос движения	1	2	3
γ	2	1	0,75

6. За критерий несущей способности нежестких подстилающих слоев принимают относительную деформацию $\delta = \frac{S}{D}$ (S — осадка в *см* покрытия пола под действием нагрузки). Допускаемые значения δ приведены в табл. 4.

Прочность покрытия, подстилающего слоя и грунта основания характеризуется соответствующим модулем деформации E в *кгс/см²*, зависящим от прочности материала, а для грунтов, кроме того, от их влажности и возможности промерзания.

Значения модуля деформации E принимают: для покрытий и подстилающих слоев — по табл. 4, а для грунтов основания — по табл. 5.

Таблица 4

Допускаемые значения относительной деформации δ и значения модуля деформации E для покрытий и подстилающих слоев

Покрытия, подстилающие слои и характеристики применяемых материалов	Допускаемые значения относительной деформации δ	Модуль деформации E в *кгс/см²* при расположении низа подстилающего слоя	
		в зоне опасного капиллярного поднятия грунтовых вод	выше зоны опасного капиллярного поднятия грунтовых вод
Земляные из песчаных смесей оптимального гранулометрического состава	0,06	250	300
Шлаковые с применением шлака из высококалорийных углей (донецких, кузнецких, карагандинских) с содержанием зерен мельче 2 *мм* не свыше 20%	0,06	450	600
Шлаковые с применением шлаков из бурых углей (подмосковных, черемховских) с содержанием зерен мельче 2 *мм* и золы не свыше 30%	0,06	200	300
Гравийные с применением гравия из каменных материалов прочностью при сжатии не менее 500 *кгс/см²*, с содержанием зерен крупнее 2 *мм*:			

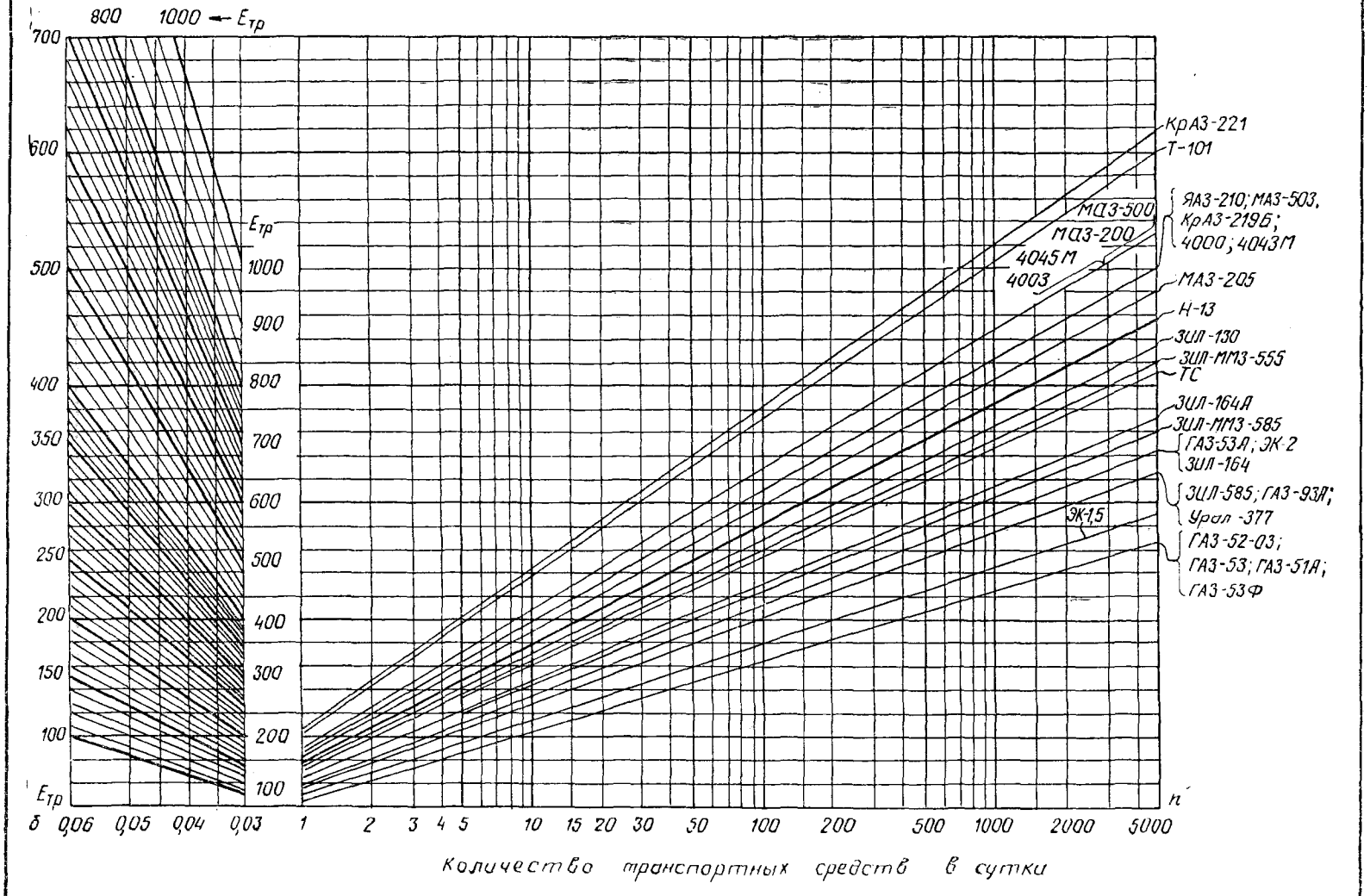


Рис. 1. График для приведения интенсивности движения транспортных средств к интенсивности движения условного автомобиля с расчетной нагрузкой Н-13 и для определения требуемого модуля деформации $E_{тр}$ пола

Продолжение табл. 4

Покрытия, подстилающие слои и характеристики применяемых материалов	Допускаемые значения относительной деформации	Модуль деформации E в *кгс/см²* при расположении низа подстилающего слоя	
		в зоне опасного капиллярного поднятия грунтовых вод	выше зоны опасного капиллярного поднятия грунтовых вод
85% и более . . .	0,06	800	900
70—85%	0,06	600	700
50—70%	0,06	400	500
Щебеночные из сортированного щебня из каменных материалов или доменных шлаков прочностью при сжатии в *кгс/см²*:			
800 и более	0,05	1300	1300
500—800	0,05	1100	1100
То же, пропитанные битумом при прочности щебня в *кгс/см²*:			
800 и более . . .	0,04	1800	1800
500—800	0,04	1500	1500
Глинобитные	0,05	150	200
Глинобетонные с содержанием щебня или гравия 50—65% . . .	0,05	300	400
Асфальтобетонные . .	0,035	2400	2400
Булыжные, из каменной и шлаковой брусчатки, из клинкерного кирпича на ребро, уложенных на песке при их высоте:			
более 15 *см*	0,05	1600	1600
15 *см* и менее . . .	0,05	1300	1300
Из брусчатки и кирпича всех видов на ребро, по прослойке из раствора или мастики . . .	0,035	2500	2500
Торцовые	0,04	1200	1200

Примечание. Значения модуля деформации песчаного подстилающего слоя принимают по табл. 5, как для песчаных грунтов.

Таблица 5

Значения модуля деформации грунта основания

Грунт	Содержание (по весу) зерен, крупнее	Модуль деформации E в *кгс/см²* при расположении низа подстилающего слоя			
		выше зоны опасного капиллярного поднятия грунтовых вод		в зоне опасного капиллярного поднятия грунтовых вод	
		отапливаемые здания	неотапливаемые здания	отапливаемые здания	неотапливаемые здания
Песок крупный и гравелистый	0,5 *мм*, более 50%	450	420	370	350
Песок средней крупности	0,25 *мм*, более 50%	400	370	300	250
Песок мелкий	0,1 *мм*, более 75%	350	300	200	150
Супесь	0,05 *мм*, более 50%	280	240	160	120
Песок пылеватый	0,1 *мм*, менее 75%	220	200	140	—
Суглинок, глина	0,05 *мм*, более 40%	220	190	130	—
Супесь, суглинок и глина пылеватые	0,05 *мм*, более 40%	190	160	120	—

7. Необходимую прочность пола, характеризуемую требуемым модулем деформации $E_{тр}$ в *кгс/см²*, определяют:

а) для нагрузок от безрельсовых транспортных средств по формуле

$$E_{тр} = \frac{\pi p}{2\delta} K_3 |\mu = \frac{7{,}85}{\delta} K_3 |\mu, \qquad (4)$$

где δ — допускаемая относительная деформация покрытия, принимаемая по табл. 4;

$K_з = 0{,}5 + 0{,}65 \lg N_р$ — коэффициент, учитывающий повторность воздействий нагрузок при движении транспортных средств;

$N_р$ — расчетная интенсивность движения;

$\mu = 1{,}2$ — коэффициент запаса на неоднородность условий работы пола.

Значение $E_{тр}$ можно также определить по рис. 1. Для этого из точки на оси n, соответствующей расчетной интенсивности движения $N_р$ условных автомобилей с расчетной нагрузкой Н-13, проводят перпендикуляр к оси n до пересечения с наклонной линией Н-13. Полученную точку пересечения переносят параллельно оси n на ординату со значением δ, допускаемой для данного типа покрытия (см. табл. 4), затем по наклонной линии, проходящей через полученную точку, на ординате определяют требуемый модуль деформации $E_{тр}$.

слоя пола и грунта основания, а также толщину h каждого слоя пола, за исключением нижнего слоя, устраиваемого непосредственно на грунте, толщина которого определяется расчетом.

Модули деформации материала отдельных слоев пола принимают по табл. 4 настоящих Рекомендаций, а грунта основания — по табл. 5 настоящих Рекомендаций. Толщину покрытий асфальтобетонных, булыжных и из брусчатки назначают по приложению 1 к главе СНиП II-В.8-71; толщину покрытий других типов устанавливают по табл. 1 главы СНиП II-В.8-71, а толщину других слоев пола назначают по конструктивным соображениям, но не менее указанных в приложении 2 к главе СНиП II-В.8-71. Толщину прослоек и мастик, а также гидроизоляционных слоев от сточных вод и других жидкостей включают в толщину покрытия. Толщину прослоек, расположенных на подстилающем слое, не учитывают.

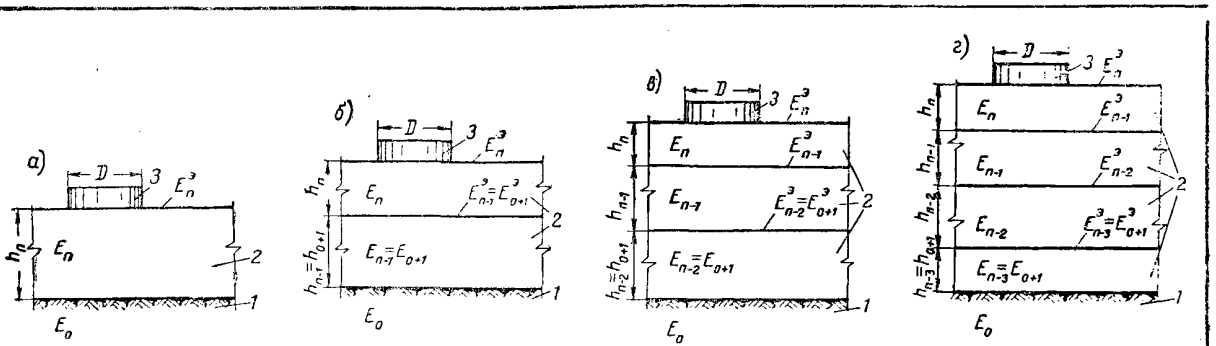


Рис. 2. Расчетные схемы полов с нежестким подстилающим слоем

а — покрытие на грунте основания; *б* — покрытие на однослойном подстилающем слое; *в* — покрытие на двухслойном подстилающем слое или однослойном подстилающем слое по искусственному основанию; *г* — покрытие на двухслойном подстилающем слое по искусственному основанию; *1* — грунт основания; *2* — слой пола; *3* — нагрузка на пол

б) для неподвижных нагрузок по формуле

$$E_{тр} = 1{,}57 \frac{p}{\delta} \mu, \qquad (5)$$

где p — удельное давление на пол в *кгс/см²*;

δ — принимают по табл. 4;

$\mu = 1{,}2$.

Расчет прочности пола

8. При расчете прочности пола составляют расчетную схему конструкций пола в соответствии с рис. 2 и принимают материал каждого его слоя. На схеме указывают расчетные модули деформации E материала каждого

Материалы для подстилающего слоя следует выбирать так, чтобы расчетный модуль деформации материала каждого вышележащего слоя превышал в 1,5—3,5 раза расчетный модуль деформации материала нижележащего слоя пола или грунта основания.

9. Расчет прочности пола производят следующим образом. По значению D и $E_n^э = E_{тр}$, а также E_n и h_n для n-го верхнего слоя (рис. 2) вычисляют отношения $\frac{h_n}{D}$ и $\frac{E_n^э}{E_n}$, и по рис. 3 определяют эквивалентный модуль деформации $E_{n-1}^э$ всех слоев пола и основания, расположенных ниже верхнего слоя. Для это-

го из точки на оси $\frac{h}{L}$, соответствующей значению $\frac{h}{D}$, проводят перпендикуляр до пересечения с кривой со значением, равным $\frac{E_n^э}{E_n}$. Полученная точка пересечения переносится параллельно оси $\frac{h}{D}$ влево на ось $\left(\frac{h}{D}=0\right)$. Полученное значение на этой оси соответствует отношению $\frac{E_{n-1}^э}{E_n}=K_n^э$, откуда определяют $E_{n-1}^э=K_n^э E_n$.

Зная $E_{n-1}^э$; E_{n-1}; h_{n-1}; D, аналогичным путем определяют $E_{n-2}^э$ и т. д., пока не определят эквивалентный модуль деформации $E_{0+1}^э$ на поверхности первого снизу слоя пола. По значениям $E_{0+1}^э$; E_{0+1}; E_0 вычисляют отношения $\frac{E_{0+1}^э}{E_{0+1}}$ и $\frac{E_0}{E_{0+1}}$; здесь E_0 — модуль деформации грунта основания, принимаемый по табл. 5, а E_{0+1} — модуль деформации нижнего слоя пола. Точку на оси $(\frac{h}{D}=0)$, соответствующую значению $\frac{E_0}{E_{0+1}}$, переносят параллельно оси $\frac{h}{D}$ на кривую со значением $\frac{E_{0+1}^э}{E_{0+1}}$. Из полученной точки на этой кривой опускают перпендикуляр на ось $\frac{h}{D}$. Значение на этой оси соответствует отношению $\frac{h_{0+1}^э}{D}=a_1$, откуда $h_{0+1}=a_1 D$.

Если толщина подстилающего слоя получается меньше величин, приведенных в приложении 2 к главе СНиП II-В.8-71, или если $E_{0+1}^э$ больше, чем E_{0+1}, то толщина подстилающего слоя принимается согласно указаниям приложения 2 к главе СНиП II-В.8-71.

10. Полученная по расчету толщина подстилающего слоя может быть уменьшена путем повышения прочности основания, например путем устройства искусственного основания (песчаного и др.) или путем понижения уровня грунтовых вод и др.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ПОЛА С НЕЖЕСТКИМ ПОДСТИЛАЮЩИМ СЛОЕМ

Пример 1.

Требуется определить толщину нежесткого подстилающего слоя в неотапливаемом складе. По полу склада при ширине проезда 3,5 *м* за сутки проходит следующее количество транспортных средств:

электрокары ЭК-2 (двухосные) — 30 машин;

автопогрузчики 4000 (двухосные) — 20 машин;

автомобили ЗИЛ-585 (двухосные) — 20 автомобилей;

автомобили ЯАЗ-210 (трехосные) — 5 автомобилей.

Покрытие пола из асфальтобетона толщиной 4 *см*.

Подстилающий слой из щебня прочностью при сжатии 900 *кгс/см²*.

Грунт основания супесчаный.

Горизонт грунтовых вод находится на глубине 0,4—0,5 *м*.

Расчет. При покрытии из асфальтобетона $\delta=0{,}035$ (табл. 4). По формуле (2) приведем количество трехосных автомобилей ЯАЗ-210 к двухосным:

$N_i=1{,}8\cdot 5=9$ автомобилей.

По рис. 1 определим эквивалентное по воздействию на пол количество условных автомобилей с расчетной нагрузкой Н-13:

30 электрокаров ЭК-2 соответствуют 11 условным автомобилям;

20 автопогрузчиков 4000 соответствуют 30 условным автомобилям;

20 автомобилей ЗИЛ-585 соответствуют 5 условным автомобилям;

9 автомобилей ЯАЗ-210 (в двухосном исчислении) соответствуют 13 условным автомобилям. Всего $\Sigma N_{iн}=59$ условным автомобилям с расчетной нагрузкой Н-13.

Расчетную интенсивность движения $N_р$ при ширине проезда 3,5 *м* (одна полоса движения) и $\gamma=2$ (табл. 3) определим по формуле (3); $N_р=\gamma\Sigma N_{iн}=2\cdot 59=118$ условных автомобилей в сутки.

По рис. 1 или по формуле (4), по значениям $N_р=118$ и $\delta=0{,}035$ определяем требуемый модуль деформации пола $E_{тр}=495$ *кгс/см²*.

Грунт основания находится в зоне опасного капиллярного поднятия грунтовых вод (см. п. 6 приложения 3 к главе СНиП II-В.8-71). При этом по табл. 5 настоящих Рекомендаций расчетный модуль деформации грунта основания $E_0=120$ *кгс/см²*.

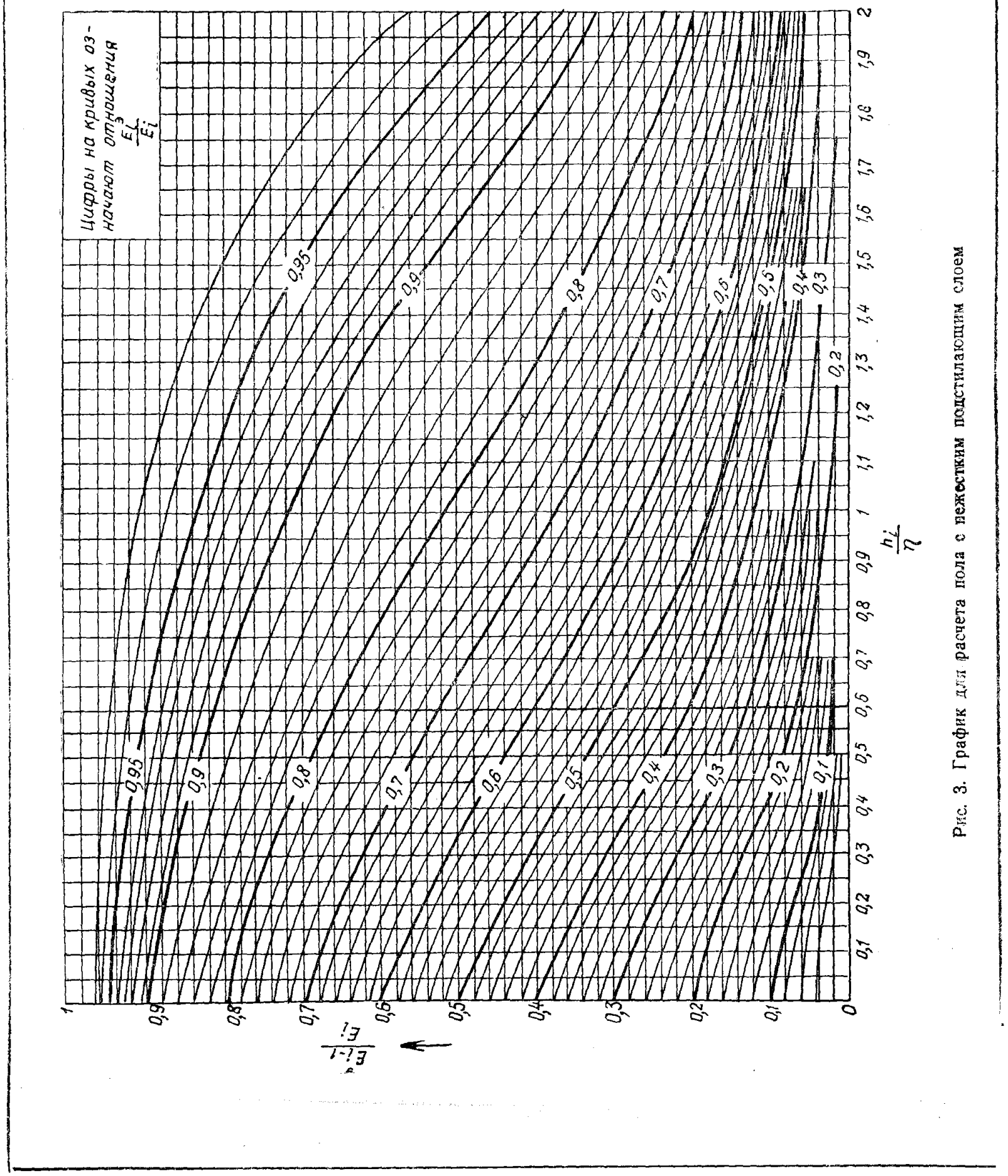


Рис. 3. График для расчета пола с нежестким подстилающим слоем

Принимаем расчетную схему *б* по рис. 2. Расчетный модуль деформации (табл. 4) асфальтобетонного покрытия $E_2=2400$ *кгс/см²*, щебеночного подстилающего слоя $E_1=1300$ *кгс/см²*; толщина покрытия $h_2=4$ *см*; $E_2^э=E_{тр}=495$ *кгс/см²*.

Для условного автомобиля диаметр приведенного круга следа колеса $D=34$ *см* (табл. 1).

Для определения $E_1^э$ сначала вычислим значения отношений $\frac{h_2}{D}=\frac{4}{34}=0{,}1175$; $\frac{E_2^э}{E_2}=\frac{495}{2400}=0{,}206$.

По рис. 3 определяем $\frac{E_1^э}{E_2}=0{,}184$, откуда $E_1^э=0{,}184\cdot2400=442$ *кгс/см²*. Определим h_1, для чего сначала вычислим отношения $\frac{E_1^э}{E_1}=\frac{442}{1300}=0{,}34$; $\frac{E_0}{E_1}=\frac{120}{1300}=0{,}0923$, по которым, пользуясь рис. 3, определяем $\frac{h_1}{D}=0{,}97$, откуда $h_1=0{,}97\cdot34=33$ *см*.

Согласно п. 10 полученная толщина h_1 подстилающего слоя может быть уменьшена, например, путем понижения уровня грунтовых вод ниже их опасного капиллярного поднятия. В этом случае $E_0=220$ *кгс/см²* (табл. 5).

Определяем вновь:

$$\frac{E_1^э}{E_1}=\frac{442}{1300}=0{,}34;\quad \frac{E_0}{E_1}=\frac{220}{1300}=0{,}169,$$

$\frac{h_1}{D}=0{,}55$, откуда $h_1=0{,}55\cdot34=18{,}7$ *см*.

Уменьшение толщины подстилающего слоя может быть также достигнуто устройством искусственного основания, например из крупного песка, уложенного на грунте основания. Для этого случая принимаем расчетную схему *в* по рис. 2.

Задаемся толщиной щебеночного подстилающего слоя, равной 15 *см*. Расчетные модули деформации: покрытия $E_3=2400$ *кгс/см²*; подстилающего слоя $E_2=1300$ *кгс/см²*; искусственного основания $E_1=350$ *кгс/см²*; грунта основания $E_0=120$ *кгс/см²*.

Толщина асфальтобетонного покрытия $h_3=4$ *см*.

Толщина подстилающего слоя из щебня $h_2=15$ *см*.

$E_3^э=E_{тр}=495$ *кгс/см²*; $D=34$ *см*; $\frac{E_2^э}{E_3}=0{,}184$; $E_2^э=0{,}184\cdot2400=442$ *кгс/см²*.

Определим $E_1^э$, для чего сначала вычислим отношения

$$\frac{h_2}{D}=\frac{15}{34}=0{,}441;\quad \frac{E_2^э}{E_2}=\frac{442}{1300}=0{,}34.$$

По рис. 3 определяем $\frac{E_1^э}{E_2}=0{,}203$, откуда $E_1^э=0{,}203\cdot1300=264$ *кгс/см²*.

Определим h_1, для чего сначала вычислим отношения

$$\frac{E_1^э}{E_1}=\frac{264}{350}=0{,}754;\quad \frac{E_0}{E_1}=\frac{120}{350}=0{,}343.$$

По рис. 3 определим $\frac{h_1}{D}=1{,}28$, откуда $h_1=1{,}28\cdot34=43{,}5$ *см*.

Таким же путем определяется толщина искусственного основания, если задаться иными толщинами подстилающего слоя (например, 12 *см*, 18 *см* и т. д.). Из рассмотренных вариантов толщины подстилающего слоя наиболее целесообразный определяют по технико-экономическим соображениям.

Пример 2.

Требуется определить толщину нежесткого подстилающего слоя пола. Нагрузка $P=10$ *т*. Форма следа опирания на пол — прямоугольник размером 50×40 *см*, площадь $F=2000$ *см²*. Удельное давление $p=5$ *кгс/см²*. Помещение неотапливаемое.

Покрытие пола из торцовой шашки толщиной 8 *см*. Подстилающий слой гравийный, с содержанием зерен крупнее 2 *мм* 75%. Грунт основания — пылеватый суглинок. Грунтовые воды находятся на глубине 3 *м*.

Расчет. Определим расчетные параметры по формуле (1): $D=1{,}13\sqrt{50\cdot40}=50$ *см*. При покрытии пола из торцовой шашки $\delta=0{,}04$ (табл. 4).

Примем расчетную схему *б* по рис. 2.

Расчетные модули деформации: покрытия $E_2=1200$ *кгс/см²* (табл. 4); подстилающего слоя $E_1=700$ *кгс/см²* (табл. 4); грунта основания $E_0=160$ *кгс/см²* (табл. 5).

Толщина покрытия $h_1=8$ *см*.

По формуле (5) определяем требуемый модуль деформации пола $E_{тр}=1{,}57\frac{5}{0{,}04}1{,}2=236$ *кгс/см²*.

Эквивалентный модуль деформации пола $E_2^э=E_{тр}=236$ *кгс/см²*.

Определим $E_1^э$, для чего сначала вычислим отношения

$$\frac{h_2}{D}=\frac{8}{50}=0{,}16; \qquad \frac{E_2^э}{E_2}=\frac{236}{1200}=0{,}197.$$

По рис. 3 определяем $\frac{E_1^э}{E_2}=0{,}163$, откуда $E_1^э=0{,}163\cdot 1200=196$ *кгс/см²*.

Определим h_1, для чего сначала вычислим отношения

$$\frac{E_1^э}{E_1}=\frac{196}{700}=0{,}28; \qquad \frac{E_0}{E_1}=\frac{160}{700}=0{,}228.$$

По рис. 3 определим $\frac{h_1}{D}=0{,}21$, откуда $h_1=0{,}21\cdot 50=10{,}5$ *см*. Принимаем толщину подстилающего слоя $h_1=11$ *см*.

РАСЧЕТ ПОЛОВ С ЖЕСТКИМ ПОДСТИЛАЮЩИМ СЛОЕМ

11. Расчет распространяется на сплошные подстилающие слои бетонные и из жаропорного бетона на грунте и на теплоизоляционном слое из сыпучих материалов (шлак и др.), уложенных на плите перекрытия, а также из кислотоупорного бетона на грунте.

12. При расчете следует учитывать нагрузки на пол, приведенные в приложении 7 к главе СНиП II-В.8-71.

На схеме нагрузок в плане должна быть указана их наибольшая величина, размеры и форма следов опирания на пол и наименьшие расстояния между этими следами.

Собственный вес пола, а также нагрузки, равномерно распределенные по всей площади пола, при расчете не учитывают.

13. В зависимости от формы и величины площади следа опирания различают следующие нагрузки.

а) Простого вида — равномерно распределенные по площади следа, расположенного в плане так, что наименьшее расстояние от центра следа одной нагрузки до следа другой нагрузки превышает $6l$.

При подстилающем слое на грунте основания:

след в виде круга радиусом $r_р \leqslant 6l$ (в том числе от колес безрельсовых транспортных средств);

след в виде прямоугольника длиной $a_р$ и шириной $b_р$ при $a_р \geqslant b_р$;

след, ограниченный с одной стороны прямой и имеющий размеры, при которых квадрат со стороной $a_р = 12{,}2l$ вписывается в этот след, в этом случае расчет ведут на нагрузку, равномерно распределенную по условному квадратному следу со стороной $a_р = 12{,}2l$;

след, ограниченный с двух сторон параллельными прямыми и имеющий размеры, при которых прямоугольник длиной $a_р = 12{,}2l$ и шириной $b_р < 12{,}2l$ вписывается в этот след, в этом случае расчет ведут на нагрузку, равномерно распределенную по условному прямоугольному следу длиной $a_р = 12{,}2l$ и шириной $b_р$.

При подстилающем слое на теплоизоляционном слое из сыпучих материалов, уложенных по плите перекрытия:

след в виде прямоугольника с отношением сторон от 1 до 1,5, равновеликий следу в виде круга радиусом $r_р \leqslant 2l$;

след в виде прямоугольника длиной $a_р \leqslant 0{,}6l$, шириной $b_р < a_р$;

след в виде круга радиусом $r_р < 2l$ (в том числе от колес безрельсовых транспортных средств).

б) Сложного вида (рис. 4 и 5) — при подстилающем слое на грунте основания:

равномерно распределенные по площади следа, отличающегося по величине площади или форме следа от указанных в подпункте «а»;

неравномерно распределенные по площади следа;

расположенные так, что наименьшее расстояние от центра следа одной нагрузки до следа другой нагрузки менее $6l$.

Примечание. Определение l приведено в п. 20, а $a_р$; $b_р$; $r_р$ — в п. 14.

14. Для нагрузок простого вида расчетные размеры следа определяются по формулам:

$$a_р = a + 2h_1; \qquad (6)$$

$$b_р = b + 2h_1; \qquad (7)$$

$$r_р = r + h_1, \qquad (8)$$

где a и b — длина и ширина прямоугольного следа на поверности покрытия в *см*; при опирании предметов на пол по образующей цилиндрической поверхности или ребром след условно принимают прямоугольным, у которого $b = 0{,}1l$;

h_1 — толщина слоев пола, расположенных выше подстилающего слоя, в *см*;

r — радиус круга, равновеликого пло-

щади следа опирания на поверхности покрытия, в *см*: при прямоугольном следе

$$r=\sqrt{\frac{ab}{\pi}}=0{,}564\sqrt{ab}; \qquad (9)$$

для следа колес безрельсовых транспортных средств $r=\frac{D}{2}$; D в *см* принимают по табл. 1 настоящих Рекомендаций; при опирании предметов на пол углом след условно принимают круглым, у которого $r=0{,}1l$, в *см*.

Если бетонный подстилающий слой используется в качестве покрытия, то принимают $a_р=a$; $b_р=b$; $r_р=r$.

15. Расчетную нагрузку $P_р$ в *т* от колеса транспортных средств определяют по формуле

$$P_р=KP, \qquad (10)$$

где P — нагрузка на колесо в *т*, принимается по табл. 1 настоящих Рекомендаций;
K — коэффициент, учитывающий влияние нагрузки от других колес; для транспортных средств с двумя осями $K=1{,}2$, с тремя и четырьмя осями $K=1{,}8$.

16. Характеристика бетона, применяемого для подстилающего слоя полов, приведена в табл. 6.

Таблица 6

Характеристика бетона

Показатели	Обозначение	Характеристика бетона в *кгс/см²* при марке бетона			
		100	150	200	300
Сопротивление растяжению при расчете на неподвижные нагрузки	$R_р$	4	5,2	6,4	9,5
Сопротивление растяжению при расчете на динамические, многократно повторяющиеся нагрузки (от безрельсовых транспортных средств, от предметов, устанавливаемых на пол при помощи кранов и пр.) и на одновременное действие неподвижных и динамических нагрузок . . .	$R_р$	3,2	4,2	5,1	7,6
Модуль упругости бетона .	$E_б$	160 000	195 000	225 000	270 000

Продолжение табл. 6

Для бетонов на глиноземистом цементе значения сопротивления растяжению $R_р$ следует умножить на коэффициент 0,7.

Для кислотоупорного и жароупорного бетонов принимают $R_р=4$ *кгс/см²*, $E_б=60\,000$ *кгс/см²*.

17. Значения коэффициента постели K_0 грунтов основания и теплоизоляционных засыпок на перекрытиях приведены в табл. 7.

Таблица 7

Значения коэффициента постели грунтов основания и теплоизоляционных засыпок на перекрытиях

Грунт и засыпка	Содержание по весу зерен, крупнее	Коэффициент постели K_0 в *кг/см³* при расположении грунта основания	
		выше зоны опасного капиллярного поднятия грунтовых вод (см. приложение 3 к главе СНиП II-В. 8-71)	в зоне опасного капиллярного поднятия грунтовых вод
Песок крупный и гравилистый	0,5 *мм*, более 50%	8,5	8
Песок средней крупности	0,25 *мм*, более 50%	7	6,5
Песок мелкий	0,1 *мм*, более 75%	6	4,5
Супесь	0,05 *мм*, более 50%	4	3
Песок пылеватый	0,1 *мм*, менее 75%	5	3,5

Продолжение табл. 7

Грунт и засыпка	Содержание по весу зерен, крупнее	Коэффициент постели K_0 в *кг/см*³ при расположении грунта основания	
		выше зоны опасного капиллярного поднятия грунтовых вод (см. приложение 3 к главе СНиП II-В.8-71)	в зоне опасного капиллярного поднятия грунтовых вод
Суглинок, глина	0,05 *мм*, более 40%	6,5	4,5
Супесь, суглинок и глина пылеватные	0,05 *мм*, менее 40%	7,5	5,5
Засыпки шлаковые с применением шлака из высококалорийных углей (донецких, кузнецких, карагандинских)	2 *мм*, более 80%	7	—
Засыпки шлаковые с применением шлака из бурых углей (подмосковных, черемховских)	2 *мм*, более 70%	6	—

Расчет прочности пола

18. Расчет прочности пола с бетонным подстилающим слоем производят на изгиб.

При нескольких нагрузках простого или сложного вида расчет ведут на каждую из них в отдельности.

19. Напряжение растяжения при изгибе $\sigma_р$ в *кгс/см*² в плите бетонного подстилающего слоя определяют по формуле

$$\sigma_р = 3{,}5\frac{M_р}{h^2} \leqslant R_р. \qquad (11)$$

Толщину h в *см* бетонного подстилающего слоя определяют по формуле

$$h = 1{,}87\sqrt{\frac{M_р}{R_р}}. \qquad (12)$$

В формулах (11) и (12): $M_р$ — расчетный изгибающий момент в *кгс·см/см* (отнесенный к одному сантиметру ширины сечения плиты), определяемый при нагрузках простого вида по формулам (13), (15) и (16), при нагрузках сложного вида по формуле (17);

$R_р$ — принимают по табл. 6.

Расчет при нагрузках простого вида

20. Расчетный изгибающий момент $M_р$ в плите бетонного подстилающего слоя, расположенного на грунте основания, при действии на пол нагрузки простого вида, равномерно распределенной по площади следа в виде прямоугольника (см. п. 13), определяют по формуле

$$M_р = K_1 P_р, \qquad (13)$$

где $P_р$ — расчетная нагрузка на всю площадь следа в *т*, принимаемая по п. 12; для следа, условно принятого прямоугольным (см. пп. 13 и 14), $P_р$ равняется нагрузке на площади этого условного следа;

K_1 — коэффициент, принимаемый по табл. 9 в зависимости от отношений

$$\frac{a_р}{l} = \alpha \quad \text{и} \quad \frac{b_р}{l} = \beta,$$

где $a_р$ и $b_р$ — расчетные длина и ширина прямоугольного следа ($a_р \geqslant b_р$) в *см*, определяемые по п. 14;

l — характеристика гибкости плиты бетонного подстилающего слоя в *см*, принимаемая по табл. 8 или определяемая по формуле

$$l = 0{,}541\sqrt[4]{\frac{E_б h^3}{K_0}}, \qquad (14)$$

где $E_б$ — модуль упругости бетона в *кгс/см*², принимаемый по табл. 6;

h — толщина бетонного подстилающего слоя в *см*;

K_0 — коэффициент постели грунта основания в *кг/см*³, принимаемый по табл. 7.

21. Расчетный изгибающий момент $M_р$ в плите бетонного подстилающего слоя, расположенного на грунте основания, при действии на пол нагрузки простого вида, равномерно распределенной по площади следа в виде круга (см. п. 13), определяют по формуле

$$M_р = K_3 P_р, \qquad (15)$$

где K_3 — коэффициент, принимаемый по табл. 11 в зависимости от отношения $\frac{r_р}{l} = \rho$;

$r_р$ — определяемый по п. 14;
$P_р$ и l — определяемые по п. 20.

22. Расчетный изгибающий момент $M_р$ в плите бетонного подстилающего слоя, расположенного на слое грунта или сыпучего материала толщиной h' в *см*, уложенного по жесткому основанию (например, на теплоизоляционной засыпке, уложенной по железобетонному перекрытию), при действии на пол нагрузки простого вида (см. п. 13) определяют по формуле

$$M_р = K_2 P_р, \qquad (16)$$

где K_2 — коэффициент, принимаемый по табл. 10 в зависимости от отношений $\frac{r_р}{l} = \rho$ и $\frac{h'}{l}$;

$r_р$ — определяемый по п. 14;
$P_р$ и l — определяемые по п. 20.

23. Расчет плиты бетонного подстилающего слоя на изгиб при нагрузках простого вида производят следующим образом. Вначале устанавливают $P_р$, K_0 и соответственно $a_р$, $b_р$ или $r_р$ и h'; принимают бетон марки 300, ориентировочно задаются значением $h = 10$ *см*, находят l и соответственно α, β или ρ и $\frac{h'}{l}$; определяют K_1, K_2 или K_3, $M_р$ и вычисляют $\sigma_р$.

Если полученное значение $\sigma_р$ равно или на 1—5% меньше $R_р$, то ориентировочно принятое значение $h = 10$ *см* принимают за окончательное, в противном случае расчет повторяют.

При повторном расчете надо учитывать следующее:

а) если при ранее произведенном расчете получилось $\sigma_р > R_р$, то задаются бо́льшим значением h;

б) если при предварительно принятом $h = 10$ *см* по расчету получилось $\sigma_р < R_р$ для бетона марки 300, то, сохраняя $h = 10$ *см*, повторным расчетом устанавливают более низкую марку бетона.

Таблица 8

Характеристика l гибкости плиты бетонного подстилающего слоя

Марка бетона	h в *см*	Значения l в *см* при K_0 в *кг/см*³					
		3	3,5	4	4,5	5	5.5
100	10	46,2	44,5	43,1	41,8	40,6	39,7
150	10	48,5	46,8	45,2	43,9	42,7	41,7
200	10	50,3	48,5	46,8	45,4	44,2	43,2
300	10	52,6	50,8	49	47,6	46,3	45,2

Продолжение табл. 8

Марка бетона	h в *см*	Значения l в *см* при K_0 в *кг/см*³					
		3	3,5	4	4,5	5	5,5
300	11	56,6	54,5	52,7	51,1	49,8	48,6
300	12	60,4	58,2	56,2	54,6	53,1	51,9
300	13	64,1	61,8	59,7	57,9	56,4	55,1
300	14	67,7	65,3	63,1	61,2	59,6	58,2
300	15	71,4	68,7	66,4	64,5	62,8	61,3
300	16	75	72,1	69,7	67,7	65,9	64,4
300	17	78,4	75,5	73	70,8	68,9	67,4
300	18	81,8	78,8	76,2	73,9	71,9	70,4
300	19	85,2	82	79,4	76,9	74,9	73,3
300	20	88,5	85,2	82,4	80	77,9	76,1
300	21	91,8	88,4	85,5	83	80,8	78,8
300	22	95	91,6	88,5	85,9	83,6	81,6
300	23	98,3	94,7	91,5	88,8	86,4	84,4
300	24	101,5	97,8	94,5	91,7	89,2	87,2
300	25	104,7	100,9	97,5	94,6	92	89,9
300	26	107,8	103,9	100,4	97,4	94,7	92,6
300	27	110,9	106,8	103,3	100,2	97,4	95,3
300	28	114	109,7	106,1	103	100,1	97,9
300	29	117	112,6	108,9	105,7	102,8	100,5
300	30	120	115,5	111,7	108,4	105,5	103,1

Продолжение табл. 8

Марка бетона	h в *см*	Значения l в *см* при K_0 в *кг/см*³					
		6	6,5	7	7,5	8	8,5
100	10	38,9	38,1	37,4	36,8	36,2	35,8
150	10	40,9	40,1	39,3	38,7	38,1	37,6
200	10	42,3	41,6	40,8	40	39,4	38,9
300	10	44,3	43,4	42,6	41,9	41,2	40,7
300	11	47,6	46,7	45,8	45	44,3	43,7
300	12	50,8	49,9	48,9	48,1	47,3	46,7
300	13	54	53	52	51,1	50,2	49,6
300	14	57,1	56	54,9	54	53,1	52,3
300	15	60,1	58,9	57,8	56,8	55,9	55,1
300	16	63,1	61,8	60,7	59,7	58,7	57,9
300	17	66,1	64,6	63,6	62,5	61,4	60,5
300	18	69	67,6	66,4	65,1	64,1	63,2
300	19	71,8	70,3	69,1	67,8	66,7	65,8
300	20	74,6	73,1	71,8	70,4	69,3	68,3
300	21	77,3	75,8	74,4	73,1	71,9	70,8
300	22	80	78,4	77	75,6	74,4	73,3
300	23	82,7	81,1	79,6	78,2	77	75,8
300	24	85,4	83,8	82,2	80,8	79,5	78,3
300	25	88,1	86,4	84,8	83,4	82	80,8

Продолжение табл. 8

Марка бетона	h в *см*	Значения l в *см* при K_0 в *кг/см*³					
		6	6,5	7	7,5	8	8,5
300	26	90,8	89	87,3	85,9	84,5	83,2
300	27	93,4	91,6	89,8	88,4	86,9	85,6
300	28	96	94,1	92,3	90,9	89,3	88
300	29	98,5	96,6	94,8	93,2	91,7	90,4
300	30	101	99,1	97,3	95,6	94,1	92,7

Таблица 9

Значения коэффициента K_1

α	Значения K_1 при β						
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
0,1	140,4	—	—	—	—	—	—
0,2	135,7	132,5	—	—	—	—	—
0,4	127,1	123,9	118,3	—	—	—	—
0,6	119,3	116,2	110,8	105,9	—	—	—
0,8	112,2	109,3	103,9	99,2	95,0	—	—
1,0	105,7	102,9	97,7	93,1	89,0	85,4	—
1,2	99,7	97,0	91,9	87,5	83,5	80,0	76,9
1,4	94,3	91,6	86,7	82,4	78,5	75,2	72,1
1,6	89,4	86,8	82,0	77,8	74,0	70,7	67,7
1,8	84,8	82,3	77,6	73,5	69,9	66,6	63,7
2,0	80,6	78,1	73,5	69,5	66,0	62,9	60,0
2,2	76,7	74,3	69,8	65,9	62,5	59,4	56,6
2,4	73,1	70,7	66,4	62,6	59,3	56,2	53,5
2,6	69,7	67,4	63,2	59,6	56,3	53,3	50,6
2,8	66,6	64,4	60,3	56,8	53,5	50,6	47,9
3,0	63,7	61,5	57,6	54,1	50,9	48,1	45,4
3,2	61,0	58,9	55,1	51,6	48,5	45,7	43,2
3,4	58,5	56,4	52,7	49,3	46,3	43,6	41,1
3,6	56,1	54,1	50,5	47,2	44,3	41,6	39,1
3,8	53,9	51,9	48,4	45,3	42,4	39,8	37,3
4,0	51,9	50,0	46,6	43,5	40,7	38,1	35,7
4,2	49,9	48,1	44,8	41,7	39,0	36,5	34,2
4,4	48,0	46,3	43,1	40,1	37,4	35,0	32,7
4,6	46,3	44,6	41,5	38,6	36,0	33,6	31,4
4,8	44,7	43,0	40,0	37,2	34,7	32,4	30,2
5,0	43,2	41,5	38,6	35,9	33,5	31,2	29,0
5,2	41,8	40,2	37,3	34,7	32,3	30,0	27,9
5,4	40,4	38,9	36,1	33,5	31,1	28,9	26,9
5,6	39,1	37,6	34,9	32,4	30,1	27,9	25,9
5,8	37,9	36,4	33,8	31,3	29,1	26,9	24,9
6,0	36,7	35,3	32,7	30,3	28,1	26,0	24,1

Продолжение табл. 9

α	Значения K_1 при β						
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
6,5	34,0	32,7	30,2	28,0	26,0	24,0	22,1
7,0	31,7	30,5	28,2	26,1	24,1	22,3	20,5
7,5	29,7	28,5	26,4	24,4	22,5	20,8	19,15
8,0	27,8	26,7	24,7	22,9	21,1	19,5	17,95
9,0	24,7	23,7	21,9	20,3	18,77	17,31	15,93
10,0	22,2	21,3	19,73	18,27	16,88	15,56	14,32
11,0	20,2	19,39	17,94	16,59	15,33	14,13	13,01
12,2	18,18	17,48	16,16	14,95	13,81	12,73	11,72

Продолжение табл. 9

α	Значения K_1 при β						
	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
1,2	76,9	—	—	—	—	—	—
1,4	72,1	69,3	—	—	—	—	—
1,6	67,7	64,9	62,3	—	—	—	—
1,8	63,7	60,9	58,4	56,1	—	—	—
2,0	60,0	57,3	54,9	52,6	50,4	—	—
2,2	56,6	54,0	51,6	49,3	47,2	45,2	—
2,4	53,5	50,9	48,5	46,3	44,3	42,3	40,4
2,6	50,6	48,1	45,7	43,5	41,5	39,6	37,8
2,8	47,9	45,4	43,2	41,0	39,0	37,1	35,4
3,0	45,4	43,0	40,8	38,7	36,7	34,9	33,2
3,2	43,2	40,8	38,6	36,6	34,7	32,9	31,2
3,4	41,1	38,8	36,6	34,6	32,8	31,0	29,4
3,6	39,1	36,9	34,8	32,8	31,0	29,2	27,6
3,8	37,3	35,1	33,1	31,2	29,4	27,6	26,0
4,0	35,7	33,5	31,5	29,7	27,9	26,1	24,5
4,2	34,2	32,1	30,1	28,3	26,5	24,8	23,3
4,4	32,7	30,7	28,8	27,0	25,2	23,6	22,1
4,6	31,4	29,4	27,5	25,7	24,0	22,4	21,0
4,8	30,2	28,2	26,3	24,5	22,9	21,4	19,96
5,0	29,0	27,0	25,2	23,5	21,9	20,4	19,00
5,2	27,9	25,9	24,1	22,5	20,9	19,43	18,11
5,4	26,9	24,9	23,1	21,5	19,96	18,57	17,28
5,6	25,9	24,0	22,2	20,6	19,13	17,78	16,51
5,8	24,9	23,1	21,4	19,82	18,37	17,04	15,81
6,0	24,1	22,3	20,6	19,08	17,67	16,36	15,16

Продолжение табл. 9

α	Значения K_1 при β						
	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4
6,5	22,2	20,4	18,89	17,43	16,08	14,85	13,72
7,0	20,5	18,89	17,40	16,02	14,75	13,59	12,53
7,5	19,15	17,60	16,16	14,84	13,63	12,54	11,55
8,0	17,95	16,49	15,14	13,87	12,71	11,66	10,72
9,0	15,93	14,65	13,43	12,29	11,24	10,28	9,43
10,0	14,32	13,15	12,07	11,05	10,09	9,22	8,44
11,0	13,01	11,95	10,95	10,03	9,17	8,37	7,66
12,2	11,72	10,76	9,87	9,04	8,26	7,54	6,91

Продолжение табл. 9

α	Значения K_1 при β						
	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6
2,4	40,4	—	—	—	—	—	—
2,6	37,8	36,1	—	—	—	—	—
2,8	35,4	33,8	32,2	—	—	—	—
3,0	33,2	31,6	30,0	28,5	—	—	—
3,2	31,2	29,6	28,0	26,6	25,2	—	—
3,4	29,4	27,8	26,3	24,9	23,5	22,1	—
3,6	27,6	26,1	24,7	23,3	21,9	20,7	19,47
3,8	26,0	24,5	23,2	21,9	20,6	19,43	18,23
4,0	24,5	23,1	21,8	20,6	19,38	18,21	17,08
4,2	23,3	21,9	20,6	19,4	18,22	17,1	16,03
4,4	22,1	20,7	19,47	18,29	17,16	16,09	15,08
4,6	21,0	19,64	18,43	17,28	16,19	15,17	14,22
4,8	19,96	18,65	17,46	16,35	15,31	14,34	13,44
5,0	19,0	17,73	16,57	15,5	14,51	13,59	12,74
5,2	18,11	16,88	15,75	14,72	13,78	12,91	12,1
5,4	17,28	16,09	15,0	14,0	13,1	12,28	11,52
5,6	16,51	15,36	14,3	13,34	12,48	11,7	10,99
5,8	15,81	14,69	13,66	12,74	11,92	11,18	10,5
6,0	15,16	14,07	13,08	12,19	11,4	10,70	10,06
6,5	13,72	12,71	11,8	10,99	10,28	9,65	9,08
7,0	12,53	11,59	10,75	10,01	9,35	8,78	8,27
7,5	11,55	10,66	9,88	9,19	8,58	8,06	7,6
8,0	10,72	9,89	9,15	8,5	7,94	7,45	7,03
9,0	9,43	8,68	8,02	7,44	6,94	6,52	6,15
10,0	8,44	7,76	7,15	6,63	6,18	5,8	5,48
11,0	7,66	7,04	6,49	6,01	5,59	5,25	4,95
12,2	6,91	6,34	5,84	5,4	5,03	4,72	4,46

Продолжение табл. 9

α	Значения K_1 при β						
	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8
3,6	19,47	—	—	—	—	—	—
3,8	18,23	17,07	—	—	—	—	—
4,0	17,08	15,98	14,91	—	—	—	—
4,2	16,03	15,0	13,99	13,0	—	—	—
4,4	15,08	14,11	13,18	12,25	11,31	—	—
4,6	14,22	13,31	12,45	11,60	10,76	9,89	—
4,8	13,44	12,59	11,79	11,02	10,28	9,52	8,72
5,0	12,74	11,94	11,2	10,50	9,84	9,16	8,38
5,2	12,1	11,35	10,67	10,03	9,43	8,82	8,06
5,4	11,52	10,82	10,19	9,6	9,05	8,5	7,76
5,6	10,99	10,34	9,75	9,2	8,70	8,19	7,47
5,8	10,5	9,89	9,34	8,83	8,37	7,9	7,2
6,0	10,06	9,48	8,96	8,49	8,06	7,62	6,94
6,5	9,08	8,58	8,13	7,73	7,36	6,99	6,36
7,0	8,27	7,83	7,44	7,08	6,77	6,45	5,85
7,5	7,6	7,2	6,85	6,54	6,25	5,97	5,42
8,0	7,03	6,67	6,35	6,07	5,81	5,56	5,05
9,0	6,15	5,83	5,56	5,32	5,09	4,88	4,41
10,0	5,48	5,21	4,97	4,75	4,55	4,35	3,93
11,0	4,95	4,7	4,48	4,29	4,12	3,93	3,55
12,2	4,46	4,23	4,03	3,86	3,7	3,53	3,19

Продолжение табл. 9

α	Значения K_1 при β						
	4,8	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6
4,8	8,72	—	—	—	—	—	—
5,0	8,38	7,73	—	—	—	—	—
5,2	8,06	7,43	6,91	—	—	—	—
5,4	7,76	7,14	6,64	6,23	—	—	—
5,6	7,47	6,87	6,38	5,98	5,65	—	—
5,8	7,20	6,62	6,15	5,76	5,43	5,15	—
6,0	6,94	6,38	5,93	5,55	5,23	4,96	4,73
6,5	6,36	5,84	5,41	5,07	4,77	4,53	4,32
7,0	5,85	5,37	4,98	4,65	4,38	4,17	3,99
7,5	5,42	4,96	4,59	4,29	4,06	3,88	3,73
8,0	5,05	4,62	4,26	3,99	3,8	3,65	3,51
9,0	4,41	4,04	3,75	3,53	3,39	3,26	3,14
10,0	3,93	3,6	3,35	3,18	3,06	2,94	2,83
11,0	3,55	3,25	3,03	2,89	2,77	2,67	2,57
12,2	3,19	2,92	2,73	2,61	2,51	2,41	2,32

Продолжение табл. 9

α	Значения K_1 при β								
	6,0	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,2
6,5	4,32	3,92	—	—	—	—	—	—	—
7,0	3,99	3,63	3,33	—	—	—	—	—	—
7,5	3,73	3,4	3,12	2,91	—	—	—	—	—
8,0	3,51	3,2	2,94	2,74	2,57	—	—	—	—
9,0	3,14	2,86	2,64	2,46	2,31	2,05	—	—	—
10,0	2,83	2,58	2,38	2,22	2,09	1,853	1,668	—	—
11,0	2,57	2,34	2,17	2,02	1,897	1,687	1,518	1,38	—
12,2	2,32	2,11	1,956	1,825	1,711	1,521	1,368	1,244	1,122

Таблица 10

Значения коэффициента K_2

ρ	Значения K_2 при h'/l						
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2
0,1	99	107	115	119	122	124	130
0,2	82	90	99	105	108	111	117
0,3	67	76	86	92	96	99	106
0,4	55	65	75	81	85	88	95
0,5	45	55	65	71	75	78	85
0,6	36	46	56	62	66	69	77
0,7	29	38	48	54	58	62	69
0,8	23	32	42	47	51	55	63
0,9	19	27	36	41	45	49	57
1,0	15	23	31	36	40	43	51
1,1	12	19	27	32	35	38	46
1,2	9	15	23	28	31	34	41
1,3	—	12	19	24	27	30	36
1,4	—	10	16	20	23	26	32
1,5	—	—	13	17	20	22	28
1,6	—	—	11	14	17	19	25
1,7	—	—	—	12	14	16	22
1,8	—	—	—	10	12	14	19
1,9	—	—	—	—	10	12	17
2,0	—	—	—	—	9	10	15

Таблица 11

Значения коэффициента K_3

ρ	K_3	ρ	K_3	ρ	K_3	ρ	K_3
0,02	145,9	0,42	97,9	2,1	17,88	4,1	2,92
0,04	142,9	0,44	96,0	2,2	15,95	4,2	2,78
0,06	139,9	0,46	94,2	2,3	14,13	4,3	2,65
0,08	137,1	0,48	92,4	2,4	12,5	4,4	2,53
0,1	134,3	0,5	90,7	2,5	11,05	4,5	2,43

Продолжение табл. 11

ρ	K_3	ρ	K_3	ρ	K_3	ρ	K_3
0,12	131,6	0,6	82,6	2,6	9,73	4,6	2,34
0,14	128,9	0,7	75,2	2,7	8,55	4,7	2,25
0,16	126,3	0,8	68,6	2,8	7,56	4,8	2,16
0,18	123,8	0,9	62,5	2,9	6,74	4,9	2,08
0,2	121,3	1,0	56,9	3,0	6,08	5,0	2,0
0,22	118,9	1,1	51,7	3,1	5,52	5,1	1,925
0,24	116,6	1,2	47,0	3,2	5,05	5,2	1,855
0,26	114,3	1,3	42,6	3,3	4,65	5,3	1,79
0,28	112,1	1,4	38,6	3,4	4,31	5,4	1,729
0,3	109,9	1,5	34,8	3,5	4,02	5,5	1,671
0,32	107,8	1,6	31,4	3,6	3,77	5,6	1,616
0,34	105,7	1,7	28,2	3,7	3,56	5,7	1,563
0,36	103,7	1,8	25,3	3,8	3,38	5,8	1,511
0,38	101,7	1,9	22,6	3,9	3,21	5,9	1,46
0,4	99,8	2,0	20,2	4,0	3,06	6,0	1,41

Таблица 12

Значения коэффициента K_4

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при $X_{i/l}$						
	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
0	—	255,8	191,7	154,4	128,0	107,8	91,6
0,05	322,1	257,0	194,6	156,2	129,1	108,6	92,1
0,1	257,7	234,2	192,7	157,8	131,0	110,2	93,4
0,15	220,2	208,8	183,1	155,5	131,4	111,4	94,7
0,2	193,8	187,1	170,4	149,8	129,5	111,2	95,3
0,25	173,4	169,0	157,6	142,1	125,5	109,5	94,9
0,3	156,7	153,7	145,5	133,6	120,2	106,6	93,5
0,35	142,8	140,6	134,4	125,2	114,3	102,7	91,2
0,4	130,8	129,1	124,3	117,1	108,2	98,4	88,3
0,45	120,4	119,0	115,2	109,4	102,0	93,7	84,9
0,5	111,1	110,0	106,9	102,1	96,0	88,9	81,3
0,55	102,8	101,9	99,4	95,4	90,2	84,2	77,6
0,6	95,3	94,6	92,5	89,1	84,7	79,5	73,7
0,65	88,6	88,0	86,2	83,3	79,5	75,0	70,0
0,7	82,4	81,9	80,4	77,9	74,6	70,7	66,3
0,75	76,7	76,3	75,0	72,9	70,0	66,6	62,7
0,8	71,6	71,2	70,0	68,2	65,7	62,7	59,2
0,9	62,3	62,0	61,1	59,7	57,8	55,4	52,7
1,0	54,3	54,1	53,4	52,3	50,8	48,9	46,7
1,1	47,4	47,2	46,7	45,8	44,6	43,1	41,3
1,2	41,5	41,3	40,8	40,1	39,1	37,9	36,4

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при $X_{1/l}$						
	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
1,3	36,2	36,1	35,7	35,1	34,3	33,3	32,1
1,4	31,6	31,5	31,2	30,7	30,1	29,2	28,2
1,5	27,6	27,5	27,2	26,8	26,3	25,6	24,7

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при $X_{1/l}$						
	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
0	91,6	78,0	66,5	56,6	47,8	40,2	33,4
0,05	92,1	78,4	66,8	56,8	48,1	40,4	33,5
0,1	93,4	79,5	67,7	57,5	48,7	40,9	34,0
0,15	94,7	80,7	68,8	58,5	49,5	41,6	34,6
0,2	95,3	81,6	69,8	59,6	50,5	42,5	35,5
0,25	94,9	82,0	70,5	60,4	51,4	43,4	36,3
0,3	93,5	81,5	70,6	60,8	52,0	44,2	37,1
0,35	91,2	80,3	70,2	60,9	52,4	44,7	37,8
0,4	88,3	78,5	69,2	60,5	52,4	45,0	38,3
0,45	84,9	76,2	67,7	59,6	52,0	45,0	38,5
0,5	81,3	73,6	65,9	58,4	51,3	44,7	38,5
0,55	77,6	70,7	63,7	56,9	50,4	44,1	38,2
0,6	73,7	67,6	61,4	55,2	49,2	43,4	37,8
0,65	70,0	64,5	58,9	53,3	47,8	42,4	37,2
0,7	66,3	61,4	56,4	51,3	46,2	41,2	36,4
0,75	62,7	58,4	53,9	49,3	44,6	39,9	35,4
0,8	59,2	55,4	51,3	47,1	42,8	38,6	34,4
0,9	52,7	49,6	46,3	42,8	39,2	35,6	32,0
1,0	46,7	44,2	41,5	38,7	35,7	32,6	29,6
1,1	41,3	39,3	37,1	34,7	32,2	29,6	27,0
1,2	36,4	34,8	33,0	31,0	28,9	26,7	24,5
1,3	32,1	30,7	29,2	27,6	25,8	24,0	22,1
1,4	28,2	27,1	25,8	24,4	22,9	21,4	19,75
1,5	24,7	23,8	22,7	21,5	20,3	18,96	17,57

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при $X_{1/l}$						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1,5	27,6	27,2	26,3	24,7	22,7	20,3	17,57
1,6	24,0	23,7	22,9	21,6	19,92	17,87	15,56

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при $X_{1/l}$						
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1,7	20,8	20,6	19,94	18,85	17,41	15,67	13,7
1,8	18,06	17,87	17,3	16,38	15,17	13,69	12,01
1,9	15,64	15,46	14,98	14,20	13,17	11,91	10,47
2,0	13,47	13,33	12,93	12,27	11,39	10,31	9,08
2,1	11,57	11,45	11,11	10,56	9,81	8,89	7,83
2,2	9,91	9,81	9,52	9,05	8,41	7,63	6,72
2,3	8,45	8,37	8,12	7,71	7,17	6,51	5,73
2,4	7,17	7,10	6,89	6,54	6,08	5,51	4,84
2,5	6,05	5,99	5,81	5,51	5,12	4,63	4,05
2,6	5,07	5,02	4,87	4,61	4,27	3,85	3,36
2,7	4,22	4,18	4,05	3,82	3,53	3,17	2,75
2,8	3,48	3,44	3,33	3,14	2,89	2,58	2,22
2,9	2,83	2,8	2,71	2,55	2,34	2,07	1,76
3,0	2,28	2,25	2,17	2,04	1,86	1,63	1,36
3,2	1,4	1,38	1,33	1,23	1,1	0,94	0,74
3,4	0,77	0,76	0,72	0,65	0,56	0,44	0,3
3,6	0,33	0,32	0,29	0,25	0,19	0,1	—0,01
3,8	0,03	0,03	0,01	—0,02	—0,07	—0,13	—0,21
4,0	—0,16	—0,16	—0,18	—0,21	—0,24	—0,28	—0,33
4,5	—0,36	—0,36	—0,36	—0,37	—0,39	—0,4	—0,41
5,0	—0,31	—0,31	—0,32	—0,32	—0,33	—0,33	—0,33
5,5	—0,21	—0,21	—0,21	—0,21	—0,21	—0,21	—0,21
6,0	—0,13	—0,13	—0,13	—0,12	—0,12	—0,12	—0,12

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при $X_{1/l}$						
	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
0	33,4	27,3	21,8	16,95	12,55	8,59	5,02
0,1	34,0	27,8	22,3	17,38	12,95	8,95	5,34
0,2	35,5	29,2	23,6	18,53	14,0	9,92	6,24
0,3	37,1	30,8	25,2	20,0	15,43	11,27	7,52
0,4	38,3	32,1	26,5	21,5	16,88	12,71	8,93
0,5	38,5	32,7	27,4	22,5	18,08	14,0	10,26
0,6	37,8	32,6	27,7	23,1	18,85	14,94	11,33
0,7	36,4	31,7	27,3	23,1	19,16	15,5	12,1
0,8	34,4	30,3	26,4	22,6	19,03	15,66	12,49

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9
0,9	32,0	28,5	25,1	21,7	18,52	15,46	12,55
1,0	29,6	26,5	23,5	20,6	17,71	14,96	12,32
1,1	27,0	24,4	21,8	19,21	16,69	14,24	11,88
1,2	24,5	22,3	20,0	17,75	16,54	13,37	11,27
1,3	22,1	20,1	18,19	16,24	14,31	12,4	10,54
1,4	19,75	18,1	16,42	14,73	13,04	11,37	9,73
1,5	17,57	16,14	14,69	13,23	11,76	10,31	8,86
1,6	15,56	14,33	13,08	11,81	10,53	9,26	7,99
1,7	13,7	12,66	11,58	10,48	9,37	8,26	7,15
1,8	12,01	11,12	10,19	9,24	8,28	7,32	6,35
1,9	10,47	9,71	8,91	8,09	7,26	6,42	5,58
2,0	9,08	8,42	7,74	7,03	6,31	5,58	4,85
2,1	7,83	7,26	6,67	6,06	5,44	4,81	4,17
2,2	6,72	6,22	5,71	5,19	4,65	4,1	3,55

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2
0	5,02	1,80	—1,1	—3,71	—6,07	—8,19	—10,07
0,1	5,34	2,09	—0,83	—3,46	—5,84	—7,97	—9,86
0,2	6,24	2,93	—0,07	—2,75	—5,16	—7,33	—9,27
0,3	7,52	4,14	1,08	—1,66	—4,13	—6,35	—8,35
0,4	8,93	5,51	2,42	—0,37	—2,89	—5,16	—7,2
0,5	10,25	6,86	3,78	0,98	—1,56	—3,86	—5,94
0,6	11,33	8,03	5,01	2,25	—0,28	—2,58	—4,67
0,7	12,09	8,94	6,02	3,34	0,87	—1,4	—3,46
0,8	12,49	9,53	6,77	4,21	1,84	—0,34	—2,36
0,9	12,55	9,81	7,24	4,83	2,59	0,51	—1,41
1,0	12,32	9,82	7,46	5,23	3,13	1,17	—0,64
1,1	11,88	9,61	7,46	5,42	3,48	1,66	—0,04
1,2	11,27	9,23	7,29	5,43	3,65	1,98	0,41
1,3	10,54	8,72	6,98	5,29	3,68	2,15	0,71
1,4	9,73	8,11	6,55	5,04	3,6	2,22	0,89
1,5	8,86	7,44	6,05	4,71	3,43	2,18	0,98
1,6	7,99	6,75	5,53	4,34	3,19	2,08	1,0
1,7	7,15	6,07	5,0	3,94	2,9	1,9	0,95
1,8	6,35	5,4	4,45	3,51	2,59	1,7	0,86
1,9	5,58	4,74	3,9	3,08	2,27	1,49	0,74
2,0	4,85	4,11	3,36	2,66	1,95	1,26	0,59
2,1	4,17	3,53	2,89	2,26	1,63	1,02	0,43
2,2	3,55	2,99	2,43	1,88	1,33	0,8	0,28

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
0	—10,07	—13,26	—15,78	—17,72	—19,15	—20,15	—20,78
0,1	—9,86	—13,08	—15,62	—17,57	—19,01	—20,03	—20,67
0,2	—9,27	—12,55	—15,15	—17,14	—18,63	—19,68	—20,35
0,3	—8,35	—11,73	—14,41	—16,46	—18,02	—19,12	—19,85
0,4	—7,2	—10,69	—13,45	—15,59	—17,21	—18,38	—19,17
0,5	—5,94	—9,51	—12,34	—14,55	—16,24	—17,49	—18,35
0,6	—4,67	—8,26	—11,14	—13,41	—15,17	—16,5	—17,42
0,7	—3,46	—7,02	—9,92	—12,24	—14,05	—15,44	—16,42
0,8	—2,36	—5,85	—8,73	—11,08	—12,91	—14,34	—15,37
0,9	—1,41	—4,80	—7,62	—9,95	—11,77	—13,22	—14,29
1,0	—0,64	—3,88	—6,61	—8,87	—10,68	—12,12	—13,23
1,1	—0,04	—3,1	—5,71	—7,87	—9,66	—11,08	—12,2
1,2	0,41	—2,45	—4,91	—6,97	—8,71	—10,11	—11,21
1,3	071	—1,93	—4,22	—6,18	—7,84	—9,2	—10,27
1,4	0,89	—1,52	—3,65	—5,49	—7,06	—8,35	—9,39
1,5	0,98	—1,22	—3,18	—4,89	—6,36	—7,57	—8,58
1,6	1,0	—1,0	—2,79	—4,37	—5,73	—6,88	—7,83
1,7	0,95	—0,85	—2,48	—3,93	—5,18	—6,26	—7,14
1,8	0,86	—0,76	—2,23	—3,55	—4,7	—5,7	—6,52
1,9	0,74	—0,72	—2,04	—3,23	—4,27	—5,2	—5,96
2,0	0,59	—0,7	—1,88	—2,96	—3,9	—4,74	—5,45
2,1	0,43	—0,71	—1,75	—2,72	—3,58	—4,33	—4,98
2,2	0,28	—0,72	—1,66	—2,52	—3,29	—3,97	—4,56

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
2,2	6,72	4,65	2,43	0,28	—1,66	—3,29	—4,56
2,3	5,73	3,94	2,01	0,13	—1,58	—3,03	—4,18
2,4	4,84	3,3	1,63	—0,02	—1,53	—2,81	—3,83
2,5	4,05	2,73	1,29	—0,15	—1,49	—2,62	—3,52
2,6	3,36	2,22	0,98	—0,28	—1,45	—2,44	—3,24
2,7	2,75	1,78	0,7	—0,39	—1,41	—2,28	—2,99
2,8	2,22	1,39	0,46	—0,48	—1,37	—2,13	—2,76
2,9	1,76	1,05	0,25	—0,56	—1,33	—1,99	—2,54
3,0	1,36	0,75	0,07	—0,62	—1,28	—1,86	—2,34
3,2	0,74	0,3	—0,21	—0,71	—1,21	—1,63	—1,99
3,4	0,3	—0,02	—0,39	—0,75	—1,12	—1,43	—1,68
3,6	—0,01	—0,24	—0,49	—0,76	—1,02	—1,24	—1,42
3,8	—0,21	—0,37	—0,55	—0,74	—0,92	—1,08	—1,19
4,0	—0,33	—0,43	—0,57	—0,7	—0,82	—0,93	—1,0
4,2	—0,38	—0,45	—0,56	—0,64	—0,72	—0,79	—0,83

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
4,4	—0,41	—0,45	—0,52	—0,57	—0,62	—0,66	—0,68
4,6	—0,41	—0,43	—0,47	—0,5	—0,53	—0,54	—0,55
4,8	—0,38	—0,39	—0,4	—0,43	—0,44	—0,43	—0,43
5,0	—0,33	—0,33	—0,34	—0,35	—0,35	—0,34	—0,33
5,5	—0,21	—0,21	—0,21	—0,2	—0,19	—0,18	—0,17
6,0	—0,12	—0,12	—0,11	—0,11	—0,10	—0,08	—0,07

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
0	—20,78	—21,18	—20,72	—19,67	—18,21	—16,51	—14,71
0,2	—20,35	—20,83	—20,43	—19,43	—18,01	—16,35	—14,57
0,4	—19,17	—19,84	—19,61	—18,74	—17,43	—15,87	—14,17
0,6	—17,42	—18,35	—18,35	—17,67	—16,53	—15,11	—13,54
0,8	—15,37	—16,54	—16,77	—16,31	—15,37	—14,13	—12,72
1,0	—13,23	—14,58	—15,02	—14,77	—14,04	—12,99	—11,76
1,2	—11,21	—12,64	—13,22	—13,15	—12,61	—11,75	—10,71
1,4	—9,39	—10,82	—11,48	—11,54	—11,16	—10,48	—9,62
1,6	—7,83	—9,16	—9,85	—10,01	—9,76	—9,24	—8,52
1,8	—6,52	—7,71	—8,38	—8,6	—8,45	—8,04	—7,45
2,0	—5,45	—6,49	—7,09	—7,33	—7,24	—6,93	—6,44
2,2	—4,56	—5,45	—5,97	—6,2	—6,15	—5,91	—5,51
2,4	—3,83	—4,57	—5,0	—5,21	—5,19	—4,99	—4,67
2,6	—3,24	—3,83	—4,18	—4,35	—4,35	—4,18	—3,92
2,8	—2,76	—3,21	—3,49	—3,62	—3,62	—3,48	—3,26
3,0	—2,34	—2,69	—2,9	—2,99	—2,98	—2,87	—2,68
3,2	—1,99	—2,25	—2,4	—2,46	—2,44	—2,34	—2,18
3,4	—1,68	—1,87	—1,98	—2,01	—1,98	—1,89	—1,76
3,6	—1,42	—1,55	—1,62	—1,64	—1,6	—1,52	—1,4
3,8	—1,19	—1,28	—1,32	—1,33	—1,28	—1,21	—1,1
4,0	—1,0	—1,05	—1,07	—1,06	—1,01	—0,94	—0,85
4,5	—0,61	—0,61	—0,6	—0,57	—0,53	—0,47	—0,4
5,0	—0,33	—0,32	—0,3	—0,27	—0,24	—0,2	—0,15
5,5	—0,17	—0,15	—0,13	—0,11	—0,09	—0,06	—0,03
6,0	—0,07	—0,05	—0,04	—0,03	—0,01	0,01	0,02

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2
0	—14,71	—12,9	—11,15	—9,5	—7,96	—6,56	—5,3
0,2	—14,57	—12,79	—11,06	—9,42	—7,9	—6,5	—5,26
0,4	—14,17	—12,46	—10,79	—9,2	—7,72	—6,35	—5,14

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2
0,6	—13,54	—11,94	—10,36	—8,85	—7,43	—6,12	—4,96
0,8	—12,72	—11,26	—9,8	—8,39	—7,05	—5,81	—4,71
1,0	—11,76	—10,45	—9,12	—7,83	—6,59	—5,44	—4,41
1,2	—10,71	—9,56	—8,37	—7,2	—6,07	—5,02	—4,07
1,4	—9,62	—8,62	—7,57	—6,52	—5,51	—4,56	—3,7
1,6	—8,52	—7,67	—6,75	—5,83	—4,93	—4,09	—3,32
1,8	—7,45	—6,74	—5,95	—5,15	—4,36	—3,62	—2,94
2,0	—6,44	—5,85	—5,18	—4,49	—3,81	—3,16	—2,56
2,2	—5,51	—5,02	—4,45	—3,86	—3,28	—2,72	—2,19
2,4	—4,67	—4,25	—3,78	—3,28	—2,78	—2,3	—1,85
2,6	—3,92	—3,57	—3,17	—2,75	—2,33	—1,92	—1,54
2,8	—3,26	—2,97	—2,64	—2,28	—1,93	—1,58	—1,26
3,0	—2,68	—2,45	—2,17	—1,87	—1,57	—1,28	—1,01
3,2	—2,18	—1,99	—1,75	—1,51	—1,25	—1,01	—0,78
3,4	—1,76	—1,59	—1,4	—1,19	—0,98	—0,78	—0,59
3,6	—1,4	—1,25	—1,09	—0,92	—0,75	—0,58	—0,43
3,8	—1,1	—0,98	—0,84	—0,7	—0,56	—0,42	—0,29
4,0	—0,85	—0,75	—0,63	—0,52	—0,4	—0,29	—0,18
4,5	—0,4	—0,33	—0,27	—0,2	—0,13	—0,06	0
5,0	—0,15	—0,11	—0,07	—0,03	0,01	0,05	0,07
6,0	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
0	—5,3	—4,21	—3,27	—2,48	—1,81	—1,27	—0,83
0,2	—5,26	—4,18	—3,25	—2,46	—1,8	—1,26	—0,82
0,4	—5,14	—4,09	—3,18	—2,4	—1,76	—1,22	—0,79
0,6	—4,96	—3,94	—3,06	—2,31	—1,69	—1,17	—0,75
0,8	—4,71	—3,74	—2,9	—2,19	—1,6	—1,1	—0,7
1,0	—4,41	—3,5	—2,71	—2,04	—1,49	—1,02	—0,64
1,2	—4,07	—3,23	—2,5	—1,87	—1,36	—0,92	—0,57
1,4	—3,7	—2,94	—2,27	—1,69	—1,22	—0,82	—0,49
1,6	—3,32	—2,63	—2,03	—1,5	—1,07	—0,71	—0,41
1,8	—2,94	—2,32	—1,78	—1,31	—0,92	—0,59	—0,33
2,0	—2,56	—2,02	—1,53	—1,12	—0,77	—0,48	—0,24
2,2	—2,19	—1,72	—1,29	—0,93	—0,63	—0,37	—0,16
2,4	—1,85	—1,44	—1,07	—0,76	—0,5	—0,27	—0,09
2,6	—1,54	—1,18	—0,87	—0,6	—0,37	—0,18	—0,02
2,8	—1,26	—0,95	—0,69	—0,46	—0,26	—0,1	0,03
3,0	—1,01	—0,75	—0,52	—0,32	—0,16	—0,03	0,07

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
3,2	—0,78	—0,57	—0,38	—0,21	—0,08	0,03	0,11
3,4	—0,59	—0,41	—0,25	—0,12	—0,02	0,07	0,13
3,6	—0,43	—0,28	—0,15	—0,05	0,04	0,1	0,15
3,8	—0,29	—0,17	—0,07	0,01	0,08	0,12	0,16
4,0	—0,18	—0,09	—0,01	0,05	0,1	0,13	0,16
4,5	0	0,05	0,08	0,12	0,13	0,14	0,14
5,0	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,11	0,1
6,0	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04

Продолжение табл. 12

$\frac{Y_i}{l}$	Значения K_4 при X_i/l						
	5,4	5,6	5,8	6,0	6,5	7,0	8,0
0	—0,83	—0,48	—0,2	0	0,24	0,25	0,1
0,2	—0,82	—0,47	—0,2	0	0,24	0,25	0,1
0,4	—0,79	—0,45	—0,19	0,01	0,24	0,25	0,1
0,6	—0,75	—0,42	—0,17	0,02	0,24	0,25	0,1
0,8	—0,70	—0,38	—0,14	0,04	0,25	0,24	0,09
1,0	—0,64	—0,34	—0,11	0,06	0,25	0,23	0,09
1,5	—0,45	—0,2	—0,02	0,12	0,25	0,22	0,08
2,0	—0,24	—0,05	0,08	0,16	0,24	0,19	0,06
2,5	—0,05	0,07	0,15	0,19	0,22	0,17	0,05
3,0	0,07	0,14	0,19	0,2	0,19	0,14	0,04
3,5	0,14	0,17	0,18	0,18	0,15	0,1	—
4,0	0,16	0,16	0,15	0,15	0,11	0,07	—
5,0	0,1	0,09	0,08	0,07	0,05	—	—
6,0	0,04	0,03	0,02	0,02	—	—	—

Расчет при нагрузках сложного вида

24. При нагрузках сложного вида (см. п. 13) расчетный изгибающий момент в плите бетонного подстилающего слоя, расположенного на грунте основания, определяют как сумму моментов от отдельных нагрузок по формуле

$$M_p = M_0 + \sum M_i, \qquad (17)$$

где M_0 — изгибающий момент в расчетном центре от нагрузки простого вида, равномерно распределенной по следу, центр тяжести которого совпадает с расчетным центром; при следе в виде круга M_0 определяют по формуле (15), а при следе в виде квадрата или прямоугольника, длинная сторона a которого расположена параллельно оси $0Y$ (рис. 4, *б*, 5*а*),— по формуле (13);

M_i — изгибающий момент в расчетном центре от сосредоточенной нагрузки P_i, приложенной в центре тяжести элементарной площадки; определяют по формуле

$$M_i = K_4 P_i, \qquad (18)$$

где P_i в $т$ — определяемый по п. 31;

K_4 — коэффициент, принимаемый по табл. 12 в зависимости от отношений $\frac{X_i}{l}$ и $\frac{Y_i}{l}$, в которых X_i и Y_i — координаты точки приложения нагрузки P_i, определяемые по схеме расположения нагрузок (рис. 4 и 5) в соответствии с п. 31.

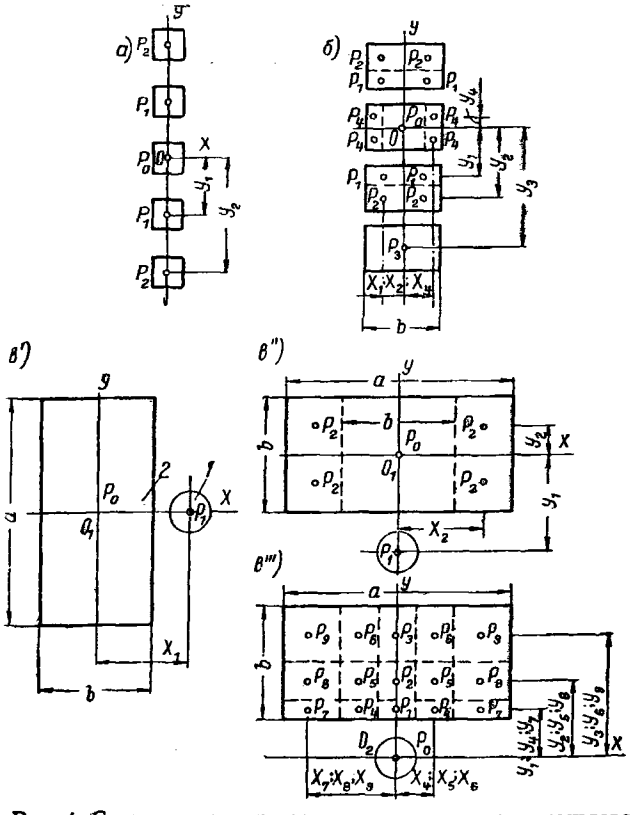


Рис. 4. Схемы расположения в плане нагрузок сложного вида, расчетного центра *0*, осей координат и разделения следов нагрузок на элементарные площадки

а — нечетное количество одинаковых нагрузок, расположенных в один ряд; *б* — то же, при четном количестве нагрузок $b<4{,}4l$; *в*(*в'*; *в"*; *в'"*) — нагрузки разной величины с различными площадями следов; *1* — след колеса транспортного средства; *2* — след станка, агрегата

25. Для определения расчетного изгибающего момента при нагрузках сложного вида вычерчивают схему расположения следов опирания нагрузок на пол, расчетного центра *0*, осей координат и схему разделения следов нагрузок на элементарные площадки с указанием на каждой из них центра тяжести приложения нагрузки (рис. 4 и 5). Нагрузки, расположение которых на полу может изменяться, следует располагать по возможности ближе к расчетному центру.

26. Расположение расчетного центра *0* выбирают из условия получения наибольшего значения изгибающего момента от заданных нагрузок. Для нагрузок, равномерно распределенных по следу, приведенных на рис. 4 и 5, расположение и количество расчетных центров следует принимать по табл. 13.

Таблица 13

Количество и расположение расчетных центров

Характеристика нагрузок	№ рисунка	Расчетные центры	
		количество	расположение — в центре тяжести следа
Нечетное количество одинаковых нагрузок, расположенных в одном ряду	4, *а*	1	Средней нагрузки
То же, четное количество нагрузок	4, *б*	1	Одной из двух средних нагрузок
Различные по площади следа опирания	4, *в*	2	Каждой отдельной нагрузки
Нагрузки с удлиненными следами, расположенными в зоне загружения шириной $b \leqslant 4{,}4l$, длиной $a > b$	5, *а, в*	1	Нагрузки, ближайшей к центру тяжести зоны загружения
Нагрузки с удлиненными следами, расположенными параллельно оси *0Y* в зоне загружения шириной $b > 4{,}4l$, длиной $a > b$	5*б*′, *б*″	2—3	Каждой отдельной нагрузки, кроме крайних
То же, перпендикулярно оси *0Y*	5, *г*	1	Средней нагрузки на расстоянии *L* от края ее следа (см. табл. 14)

Таблица 14

Значение *L* в зависимости от *b* (по рис. 5, *г*)

$b_{см}$	4,4*l*	4,5*l*	4,6*l*	4,8*l*	5*l*	5,5*l*	6*l*	6,5*l*	7*l* и более
$L_{см}$	2,2*l*	1,84*l*	1,67*l*	1,52*l*	1,4*l*	1,26*l*	1,18*l*	1,13*l*	1,1*l*

27. В расчетном центре располагают начало прямоугольных координат и размещают ось *OY* так, чтобы центры тяжести элементарных площадок (см. п. 28), на которые разделены площади одного или нескольких следов опирания, располагались возможно ближе к этой оси.

В тех случаях когда недостаточно ясно, какое следует установить направление оси *OY*, изгибающий момент определяют сначала для одного направления оси, а затем для другого, перпендикулярного первому направления (рис. 4, *в*′ и 4, *в*″) и из полученных изгибающих моментов принимают наибольший.

28. Следы опирания нагрузок разделяют на элементарные площадки простой геометрической формы (квадрат, прямоугольник, круг). Размеры элементарных площадок устанавливают равными 0,3—0,5 расстояния от их центра тяжести до расчетного центра. Такой же величины следует принимать длину элементарных площадок следов опирания предметов ребром или по образующей цилиндрической поверхности (рис. 5).

Одинаковые элементарные площадки следует располагать симметрично относительно осей координат или во всяком случае относительно одной из них.

Следы нагрузок размерами менее $0{,}5l$ и след колеса безрельсового транспорта на элементарные площадки не разделяют.

29. С расчетным центром совмещают центр тяжести элементарной площадки, по форме и размерам соответствующей нагрузке простого вида со следами круглой (рис. 4, *в*″) или квадратной (рис. 4 *а*, *б*, *в*″) формы, а также прямоугольной формы (рис. 4,*в*′, 5*а*, *б*), если ось *OY* располагается параллельно длинной стороне прямоугольника; при расположении длинной стороны прямоугольника перпендикулярно оси *OY* длину этой стороны прямоугольника следует принимать не более $0{,}6l$ (рис. 5, *в*, *г*,) и для него определять радиус равновеликого круга r, $r_р$ (см. п. 14).

Для элементарной площадки определяют нагрузку, равную P_0 в *т*, передаваемую на эту площадку.

30. Нагрузку, приходящуюся на каждую элементарную площадку, расположенную вне расчетного центра, заменяют эквивалентной сосредоточенной нагрузкой P_i с точкой приложения в центре тяжести элементарной площадки.

Значение P_i в $т$ определяют по формуле

$$P_i = \frac{f_1}{F} P_р, \qquad (19)$$

где f_i — площадь элементарной площадки в $см^2$;

F — вся площадь следа нагрузки в $см^2$;

$P_р$ — расчетная нагрузка на всю площадь следа в $т$.

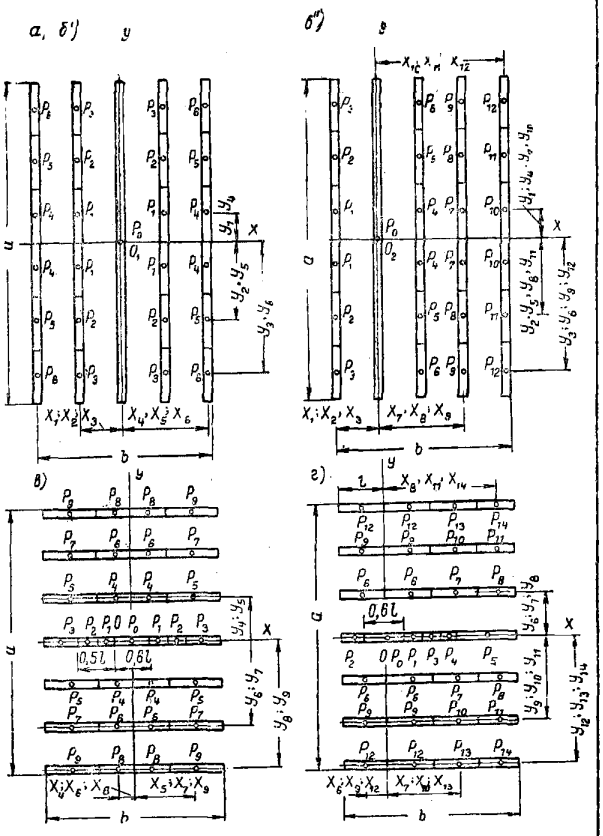


Рис. 5. Схемы расположения в плане нагрузок сложного вида, расчетного центра *0*, осей координат и разделения следов нагрузок на элементарные площадки

а, в — нагрузки, равномерно распределенные по длине параллельных следов (от подкладок под тяжелые предметы, от штабелей цилиндрических валов и др.) при $b < 4{,}4l$: $a > b$; *б*; *б'*; *г* — то же, при $b > 4{,}4l$; $a > b$

31. Для всех элементарных площадок определяют координаты X_i и Y_i точек приложения P_i относительно осей OX и OY и вычисляют приведенные координаты этих точек $\frac{X_i}{l}$ и $\frac{Y_i}{l}$.

Нагрузки и элементарные площадки с приведенными координатами точек приложения P_i; $\frac{X_i}{l} > 8$ или $\frac{Y_i}{l} > 6$ в расчете не учитывают.

32. Расчет плиты бетонного подстилающего слоя на изгиб при нагрузках сложного вида производят следующим образом. Вначале устанавливают K_0, принимают бетон марки 300, ориентировочно задаются значением $h = 10$ *см* и находят l. Для каждой схемы нагрузок, каждого расчетного центра и направления осей координат определяют P_0; P_i; M_0; X_i; Y_i; $\frac{X_i}{l}$; $\frac{Y_i}{l}$; M_i; ΣM_i; $M_р$ и по формуле (11) вычисляют $\sigma_р$.

Если наибольшее из полученных значений $\sigma_р$ равно или на 1—5% меньше $R_р$, то ориентировочно принятое значение $h = 10$ *см* принимают за окончательное. В противном случае расчет повторяют. Повторный расчет производится только по схеме загружения, по которой получен наибольший $M_р$. При повторном расчете следует выполнять указания, приведенные в п. 23.

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ПОЛА С БЕТОННЫМ ПОДСТИЛАЮЩИМ СЛОЕМ

Пример 1. Требуется определить толщину бетонного подстилающего слоя. Покрытие пола бетонное, толщиной $h_1 = 2{,}5$ *см*. Нагрузка на пол — от автомобилей МАЗ-205; грунт основания — суглинок. Грунтовые воды отсутствуют.

Определим расчетные параметры. Для автомобиля МАЗ-205 расчетная нагрузка на колесо по формуле (10) $P_р = 1{,}2 \cdot 4{,}2 = 5{,}04$ $т$.

Согласно п. 14 $r = \frac{D}{2} = 15$ *см*.

По формуле (8) $r_р = 15 + 2{,}5 = 17{,}5$ *см*.

Для суглинистого грунта основания при отсутствии грунтовых вод по табл. 7; $K_0 = 6{,}5$ $кг/см^3$.

Для подстилающего слоя примем бетон марки 300, тогда при нагрузке от безрельсовых транспортных средств по табл. 6; $R_р = 7{,}6$ $кгс/см^2$, $E_б = 270\,000$ $кгс/см^2$.

Расчет. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе $\sigma_р$. Нагрузка от автомобиля, согласно п. 13, является нагрузкой простого вида и передается по следу круглой формы. Поэтому расчетный изгибающий момент определим по формуле (15). Согласно п. 23 зададимся ориентировочно $h = 10$ *см*. Тогда по п. 20; $l = 43{,}4$ *см*. При $\rho = \frac{r_р}{l} = \frac{17{,}5}{43{,}4} = 0{,}404$, по табл. 11 найдем

$K_3=99{,}4$. По формуле (15) $M_р = K_3 P_р = 99{,}4 \cdot 5{,}04 = 500$ *кгс·см/см*; по формуле (11) $\sigma_р = 3{,}5 \frac{500}{10^2} = 17{,}5$ *кгс/см²*, т. е. напряжение в плите толщиной $h = 10$ *см* превышает $R_р = 7{,}6$ *кгс/см²*. В соответствии с п. 23 расчет повторим, задавшись бо́льшим значением $h=16$ *см*, тогда $l=61{,}8$ *см*; $\rho = \frac{17{,}5}{61{,}8} = 0{,}283$; $K_3=111{,}8$; $M_р = 111{,}8 \cdot 5{,}04 = 563{,}5$ *кгс·см/см*; $\sigma_р = 3{,}5 \frac{563{,}5}{16^2} = 7{,}7$ *кгс/см²*.

Принимаем подстилающий слой из бетона марки 300 толщиной $h=16$ *см*.

Пример 2. Требуется определить толщину бетонного подстилающего слоя, используемого в качестве пола, без устройства покрытия ($h_1=0$). Нагрузка на пол от станка весом $P_р = 8$ *т*, стоящего непосредственно на подстилающем слое, равномерно распределяется по следу в виде прямоугольника размером 220×120 *см*. Грунт основания — мелкий песок, находится в зоне капиллярного поднятия грунтовых вод.

Определим расчетные параметры.

Расчетная длина следа по формуле (6) $a_р = a = 220$ *см*. Расчетная ширина следа по формуле (7) $b_р = b = 120$ *см*. Для грунта основания из мелкого песка, находящегося в зоне капиллярного поднятия грунтовых вод, по табл. 7; $K_0=4{,}5$ *кг/см³*. Для подстилающего слоя примем бетон марки 300, тогда при неподвижной нагрузке по табл. 6; $R_р = 9{,}5$ *кгс/см²*, $E_б = 270\,000$ *кгс/см²*.

Расчет. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе $\sigma_р$. Нагрузка передается по следу прямоугольной формы и, согласно п. 13, является нагрузкой простого вида. Поэтому расчетный изгибающий момент определим по формуле (13). Согласно п. 23 зададимся ориентировочно $h=10$ *см*, тогда по п. 20; $l=47{,}6$ *см*.

По величине $\alpha = \frac{a_р}{l} = \frac{220}{47{,}6} = 4{,}622$ и $\beta = \frac{b_р}{l} = \frac{120}{47{,}6} = 2{,}521$, по табл. 9. найдем $K_1=19{,}95$. По формуле (13) $M_р = K_1 P_р = 19{,}95 \cdot 10 = 199{,}5$ *кгс·см/см*, по формуле (11) $\sigma_р = 3{,}5 \frac{199{,}5}{10^2} = 6{,}98$ *кгс/см²*, т. е. напряжение растяжения в плите толщиной 10 *см* значительно меньше $R_р = 9{,}5$ *кгс/см²*. Поэтому согласно п. 23 проведем повторный расчет и, сохраняя $h=10$ *см*, найдем более низкую марку бетона плиты подстилающего слоя, при которой $\sigma_р \approx R_р$. Примем бетон марки 200, для которого $R_р = 6{,}4$ *кгс/см²*; $E_б = 225\,000$ *кгс/см²*.

Тогда $l=45{,}4$ *см*, $\alpha = \frac{a_р}{l} = \frac{220}{45{,}4} = 4{,}846$, $\beta = \frac{b_р}{l} = \frac{120}{45{,}4} = 2{,}643$; $K_1=18{,}05$; $M_р = 18{,}05 \cdot 10 = 180{,}5$ *кгс·см/см*; $\sigma_р = 3{,}5 \frac{180{,}5}{10^2} = 6{,}32$ *кгс/см²*, т. е. напряжение растяжения в плите из бетона марки 200 меньше $R_р = 6{,}4$ *кгс/см²*. Принимаем подстилающий слой из бетона марки 200, толщиной $h=10$ *см*.

Пример 3. Требуется определить толщину бетонного подстилающего слоя пола при нагрузках от станков и автомобилей ЗИЛ-164. Схема расположения нагрузок приведена на рис. 4, *в′*, *в″* и *в‴*. Центр следа колеса автомобиля находится на расстоянии 50 *см* от края следа станка. Вес станка в рабочем состоянии $P_р = 15$ *т* распределяется равномерно по площади следа прямоугольной формы длиной 260 *см*, шириной 140 *см*.

Покрытие пола отсутствует. Грунт основания — супесь. Основание находится в зоне капиллярного поднятия грунтовых вод.

Определим расчетные параметры.

Для автомобиля ЗИЛ-164 расчетная нагрузка на колесо по формуле (10) $P_р = 1{,}2 \times 3{,}03 = 3{,}7$ *т*. Согласно п. 14 $r_р = r = \frac{D}{2} = 15$ *см*.

Для супесчаного грунта основания, находящегося в зоне капиллярного поднятия грунтовых вод, по табл. 7; $K_0=3$ *кг/см³*. Для подстилающего слоя примем бетон марки 300, тогда при одновременном действии неподвижных и динамических нагрузок по табл. 6 $R_р = 7{,}6$ *кгс/см²*, $E_б = 270\,000$ *кгс/см²*.

Зададимся ориентировочно $h=10$ *см*, тогда по п. 20; $l=52{,}6$ *см*. В этом случае расстояние от центра тяжести следа колеса автомобиля до края следа станка $50 = 0{,}95\, l < 6l$, т. е. согласно п. 13 вышеуказанные нагрузки относятся к нагрузкам сложного вида.

В соответствии с п. 26 установим положение расчетных центров в центрах тяжести следа станка (O_1) и колеса автомобиля (O_2). Из схемы расположения нагрузок (рис. 4, *в′*) следует, что для расчетного центра O_1 неясно, какое следует установить направление оси OY, поэтому изгибающий момент определим, как при направлении оси OY, параллельном длинной стороне следа станка (рис. 4, *в′*), так и перпендикулярном этой стороне (рис. 4, *в″*). Для расчетного центра O_2 примем направление OY через центры тяжести следов станка и колеса автомобиля (рис. 4, *в‴*).

Расчет 1. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе σ_p для расчетного центра O_1 при направлении оси OY параллельно длинной стороне следа станка (рис. 4, *в'*). При этом нагрузка от станка при следе прямоугольной формы относится к нагрузке простого вида. Для следа станка по п. 14 при отсутствии покрытия пола ($h_1=0$) $a_p=a=260$ *см*, $b_p=b=140$ *см*.

По величинам $\alpha=\frac{a_p}{l}=\frac{260}{52,6}=4,94$ и $\beta=\frac{b_p}{l}=\frac{140}{52,6}=2,662$ по табл. 9 найдем $K_1=17,51$; для станка $P_0=P_p=15$ *т*, по п. 24 и формуле (13) $M_0=17,51\cdot 15=262,7$ *кгс·см/см*.

Координаты центра тяжести следа колеса автомобиля $X_1=120$ *см*; $Y_1=0$.

По величине отношений $\frac{X_i}{l}=\frac{120}{52,6}=2,281$ и $\frac{Y_i}{l}=0$, по табл. 11 найдем $K_4=-20,3$.

Изгибающий момент в расчетном центре O_1 от колеса автомобиля по формуле (18), $M_1=-20,3\cdot 3,7=-75,1$ *кгс·см/см*.

Расчетный изгибающий момент от колеса автомобиля и станка по формуле (17) $M'_p=262,7-75,1=187,6$ *кгс·см/см*.

Напряжение растяжения в плите при изгибе по формуле (11) $\sigma'_p=3,5\frac{187,6}{10^2}=6,57$ *кгс/см²*.

2. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе σ''_p для расчетного центра O_1 при направлении оси OY перпендикулярно длинной стороне следа станка (рис. 4, *в''*). Разделим площадь следа станка на элементарные площадки согласно п. 28. Совместим с расчетным центром O_1 центр тяжести элементарной площадки квадратной формы с длиной стороны $a_p=b_p=140$ *см*.

Определим нагрузки P_i, приходящиеся на каждую элементарную площадку, по формуле (19), для чего сначала определим площадь следа станка $F=260\cdot 140=36\,400$ *см²*; $P_0=\frac{140\cdot 140}{36\,400}15=8,08$ *т*; $P_1=3,7$ *т*; $P_2=\frac{60\cdot 70}{36\,400}15=1,731$ *т*.

Для определения изгибающего момента M_0 от нагрузки P_0 вычислим для элементарной площадки квадратной формы с центром тяжести в расчетном центре O_1 величины $\alpha=\beta=\frac{a_p}{l}=\frac{b_p}{l}=\frac{140}{52,6}=2,662$, для которых по табл. 9; $K_1=34,9$; по п. 24 и формуле (13) $M_0=34,9\cdot 8,08=282$ *кгс·см/см*.

Определим суммарный изгибающий момент ΣM_i от нагрузок, расположенных вне расчетного центра O_1. Расчетные данные приведены в табл. 15.

Таблица 15

Расчетные данные при расчетном центре O_1 и направлении оси OY, перпендикулярном длинной стороне следа станка

i	X_i в *см*	Y_i в *см*	$\frac{X_i}{l}$	$\frac{Y_i}{l}$	K_4 по табл. 12	P_i в *т*	n_i — количество нагрузок	$M_i=n_i\times K_4P_i$
1	0	120	0	2,28	8,7	3,7	1	32,2
2	100	35	1,90	0,666	—17,3	1,731	4	—119,7

$\Sigma M_i=-87,5$ *кгс·см/см*

Расчетный изгибающий момент по формуле (17) $M''_p=282-87,5=194,5$ *кгс·см/см*.

Напряжение растяжения в плите при изгибе по формуле (11) $\sigma''_p=3,5\frac{194,5}{10^2}=6,81$ *кгс/см²*.

3. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе σ'''_p для расчетного центра O_2 (рис. 4, *в'''*). Разделим площадь следа станка на элементарные площадки согласно п. 28. Определим нагрузки P_i, приходящиеся на каждую элементарную площадку, по формуле (19) $P_1=P_4=\frac{30\cdot 40}{36\,400}15=0,49$ *т*; $P_2=P_5=\frac{40\cdot 40}{36\,400}15=0,66$ *т*; $P_3=P_6=\frac{70\cdot 40}{36\,400}15=1,15$ *т*; $P_7=\frac{30\cdot 70}{36\,400}15=0,87$ *т*; $P_8=\frac{40\cdot 70}{36\,400}15=1,15$ *т*; $P_9=\frac{70\cdot 70}{36\,400}15=2,02$ *т*.

Определим изгибающий момент от нагрузки от колеса автомобиля, для чего найдем $\rho=\frac{r_p}{l}=\frac{15}{52,6}=0,285$; по табл. 11; $K_3=111,5$; по п. 24 и формуле (15) $M_0=111,5\cdot 3,7=412,6$ *кгс·см/см*.

Определим суммарный изгибающий момент ΣM_i от нагрузок, расположенных вне расчетного центра O_2. Расчетные данные приведены в табл. 16.

Расчетный изгибающий момент по формуле (17) $M_p=412,6+19,2=431,8$ *кгс·см/см*.

Напряжение растяжения в плите при изгибе по формуле (11) $\sigma'''_p=3,5\frac{431,8}{10^2}=15,1$ *кгс/см²*.

Полученное значение $\sigma'''_p=15,1$ *кгс/см²*

Таблица 16

Расчетные данные при расчетном центре O_2

i	X_i в *см*	Y_i в *см*	$\frac{X_i}{l}$	$\frac{Y_i}{l}$	K_4 по табл.12	P_i в *т*	n_i — количество нагрузок	$M_i=n_i\times K_4 P_i$
1	0	65	0	1,24	39,4	0,49	1	19,8
2	0	100	0	1,9	15,62	0,66	1	10,4
3	0	155	0	2,95	2,55	1,15	1	2,9
4	40	65	0,76	1,24	16,73	0,49	2	16,4
5	40	100	0,76	1,9	7,92	0,66	2	10,5
6	40	155	0,76	2,95	1,04	1,15	2	2,4
7	95	65	1,81	1,24	—10,9	0,87	2	—19,0
8	95	100	1,81	1,90	—6,02	1,15	2	—13,8
9	95	155	1,81	2,95	—2,46	2,02	2	—9,9

$\Sigma M_i = 19{,}2$ *кгс·см/см*.

более $R_p = 7{,}6$ *кгс/см²*, вследствие чего повторим расчет, задавшись бо́льшим значением h. Расчет проведем только по схеме загружения с расчетным центром O_2, для которой значение σ_p''' в первом расчете получилось наибольшим.

Для повторного расчета ориентировочно зададимся $h = 17$ *см*, тогда $l = 78{,}4$ *см*; $\rho = \frac{r_p}{l} = \frac{15}{78{,}4} = 0{,}1913$; $K_3 = 122{,}4$; $M_0 = 122{,}4 \cdot 3{,}7 = 452{,}9$ *кгс·см/см*.

Определим суммарный изгибающий момент от нагрузок, расположенных вне расчетного центра O_2. Расчетные данные приведены в табл. 17.

Таблица 17

Расчетные данные при повторном расчете

i	X_i в *см*	Y_i в *см*	$\frac{X_i}{l}$	$\frac{Y_i}{l}$	K_4 по табл.12	P_i в *т*	n_i — количество нагрузок	$M_i=n_i\times K_4 P_i$
1	0	65	0	0,83	68,7	0,49	1	33,6
2	0	100	0	1,275	37,5	0,66	1	24,8
3	0	155	0	1,98	13,9	1,15	1	16,0
4	40	65	0,51	0,83	40,9	0,49	2	40,0
5	40	100	0,51	1,275	26,2	0,66	2	34,6
6	40	155	0,51	1,98	10,51	1,15	2	24,2
7	95	65	1,21	0,83	—2,42	0,87	2	—4,2
8	95	100	1,21	1,275	0,37	1,15	2	0,9
9	95	155	1,21	1,98	0,49	2,02	2	2,0

$\Sigma M_i = 171{,}9$ *кгс·см/см*

$M_p = 452{,}9 + 171{,}9 = 624{,}8$ *кгс·см/см*;

$\sigma_p = 3{,}5\,\frac{624{,}8}{17^2} = 7{,}57$ *кгс/см²*.

Принимаем подстилающий слой из бетона марки 300, толщиной $h = 17$ *см*.

Пример 4. Требуется определить толщину бетонного подстилающего слоя при нагрузке от валов, укладываемых на пол кранами. Длина вала 7 *м*, диаметр 40 *см*, вес 1 *м* вала 0,98 *т*. Валы могут располагаться по отдельности или в штабелях в два ряда по высоте.

Покрытие пола отсутствует, бетонный подстилающий слой является покрытием.

Грунт основания — супесь. Грунтовые воды отсутствуют.

Определим расчетные параметры.

Нагрузка от одного вала со следом прямоугольной формы, согласно п. 13, относится к нагрузкам простого вида, а от нескольких рядом лежащих валов — к нагрузкам сложного вида.

Для грунта основания из супеси при отсутствии грунтовых вод по табл. 2; $K_0 = 4$ *кгс/см²*.

Для подстилающего слоя примем бетон марки 300, тогда, учитывая укладку валов на пол кранами, по табл. 6; $R_p = 7{,}6$ *кгс/см²*, $E_б = 270\,000$ *кгс/см²*. Согласно п. 25 рассмотрим расчетные схемы нагрузок (рис. 6). Расчетные центры O, согласно табл. 12, поместим в центре тяжести следа валов, а ось OY расположим параллельно следам валов.

Зададимся ориентировочно, согласно п. 32, $h = 10$ *см*, тогда по п. 20; $l = 49$ *см*. Длина следа вала $700 = 14{,}3l > 12{,}2l$, поэтому согласно пп. 13 и 20 принимаем расчетную длину следа вала $a_p = 12{,}2l = 598$ *см*. Расчетная ширина следа вала по п. 14; $b_p = b = 0{,}1l = 4{,}9$ *см*.

Расчет. 1. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе σ_p' для нагрузки от одного вала расчетной длиной $a_p = 598$ *см*. Расчетная нагрузка $P_p = 5{,}98 \times 0{,}98 = 5{,}86$ *т*.

По величинам $\alpha = \frac{a_p}{l} = 12{,}2$ и $\beta = \frac{b_p}{l} = 0{,}1$, по табл. 9 найдем $K_1 = 18{,}18$. По формуле (13) $M_p' = 18{,}18 \cdot 5{,}86 = 106{,}5$ *кгс·см/см*; по формуле (11) $\sigma_p' = 3{,}5\,\frac{106{,}5}{10^2} = 3{,}73$ *кгс/см²*.

2. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе σ_p'' для нагрузки, приведенной на рис. 6 *а*. Изгибающий момент

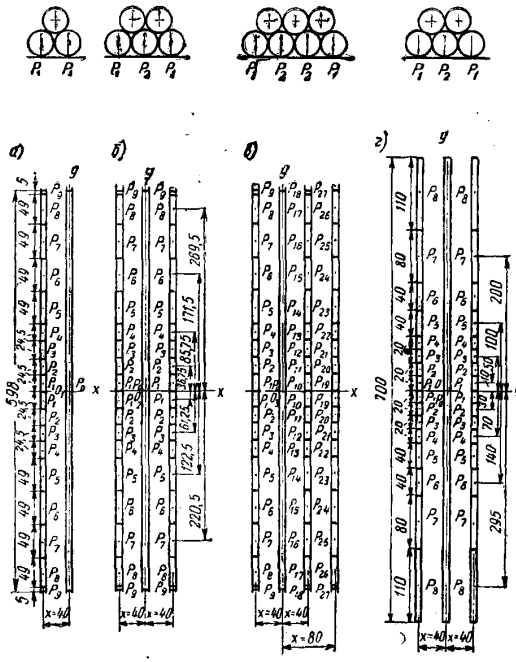


Рис. 6. Схемы расположения в плане нагрузок от валов, расчетных центров *0*, осей координат и разделения следов нагрузок на элементарные площадки

P_1 = 1,47 *т/м* вала; P_2 = 1,96 *т/м* вала; *а б, в, г* — разновидности нагрузок и количество следов опирания

от нагрузки по следу, для которого X=0, определим как от нагрузки простого вида со следом прямоугольной формы. Расчетная нагрузка $P_0 = 5{,}98 \cdot 1{,}47 = 8{,}8$ *т*. По величинам $\alpha = \frac{a_p}{l} = 12{,}2$ и $\beta = \frac{b_p}{l} = 0{,}1$, по табл. 4 найдем $K_1 = 18{,}18$. По п. 24 и формуле (13) $M_0 = 18{,}18 \cdot 8{,}8 = 160$ *кгс·см/см*. Для определения изгибающего момента в расчетном центре *0*, от нагрузки по следу, для которого $X = 40$ *см*, разделим этот след на элементарные площадки согласно п. 28. Нагрузки, приходящиеся на каждую элементарную площадку, определяем по формуле (19) $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{24{,}5}{100} 1{,}47 = 0{,}36$ *т*; $P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = \frac{49}{100} 1{,}47 = 0{,}72$ *т*; $P_9 = \frac{5}{100} 1{,}47 = 0{,}07$ *т*.

Определим суммарный изгибающий момент ΣM_i от нагрузок, расположенных вне расчетного центра 0_1. Расчетные данные приведены в табл. 18.

Расчетный изгибающий момент по формуле (17) $M_p = 160 + 41{,}6 = 201{,}6$ *кгс·см/см*.

Таблица 18

Расчетные данные при нагрузке с двумя следами опирания

i	X_i в *см*	Y_i *см*	$\frac{X_i}{l}$	$\frac{Y_i}{l}$	K_4 по табл.12	P_i в *т*	n_i — количество нагрузок	$M_i = n_i \times K_4 P_i$
1	40	12,25	0,816	0,25	13,36	0,36	2	9,6
2	40	36,75	0,816	0,75	18,03	0,36	2	13,0
3	40	61,25	0,816	1,25	14,27	0,36	2	10,3
4	40	85,75	0,816	1,75	8,5	0,36	2	6,1
5	40	122,5	0,816	2,5	2,61	0,72	2	3,8
6	40	171,5	0,816	3,5	—0,15	0,72	2	—0,2
7	40	220,5	0,816	4,5	—0,45	0,72	2	—0,7
8	40	269,5	0,816	5,5	—0,21	0,72	2	—0,3
9	40	296,5	0,816	6,04	—0,12	0,72	2	0

$\Sigma M_i = 41{,}6$ *кгс·см/см*

Напряжение растяжения в плите при изгибе по формуле (11) $\sigma_p'' = 3{,}5 \frac{201 \cdot 6}{10^2} = 7{,}06$ *кгс/см²*.

3. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе σ_p''' для нагрузки, приведенной на рис. 6, *б*. Изгибающий момент от нагрузки по следу, для которого $X = 0$, так же как и в предыдущем расчете, определим как от нагрузки простого вида со следом прямоугольной формы. Тогда расчетная нагрузка $P_0 = 5{,}98 \cdot 1{,}96 = 11{,}72$ *т*; $K_1 = 18{,}18$; $M_0 = 18{,}18 \times 11{,}72 = 213{,}1$ *кгс·см/см*.

Определим суммарный изгибающий момент ΣM_i от нагрузок, расположенных вне расчетного центра 0_2. Расчетные данные приведены в табл. 19.

Таблица 19

Расчетные данные при нагрузке с тремя следами опирания

i	X_i в *см*	Y_i в *см*	$\frac{X_i}{l}$	$\frac{Y_i}{l}$	K_4 по табл.12	P_i в *т*	n_i — количество нагрузок	$M_i = n_i \times K_4 P_i$
1	40	12,25	0,816	0,25	13,36	0,36	4	19,2
2	40	36,75	0,816	0,75	18,03	0,36	4	26,0
3	40	61,25	0,816	1,25	14,27	0,36	4	20,6
4	40	85,75	0,816	1,75	8,5	0,36	4	12,2
5	40	122,5	0,816	2,5	2,61	0,72	4	7,6
6	40	171,5	0,816	3,5	—0,15	0,72	4	—0,4
7	40	220,5	0,816	4,5	—0,45	0,72	4	—1,4
8	40	269,5	0,816	5,5	—0,21	0,72	4	—0,6
9	40	296,5	0,816	6,04	—0,12	0,72	4	0

$\Sigma M_i = 83{,}2$ *кгс·см/см*

$M_p''' = 213{,}1 + 83{,}2 = 296{,}3$ *кгс·см/см*;

$\sigma_p''' = 3{,}5 \frac{296{,}3}{10^2} = 10{,}37$ *кгс/см²*.

4. Аналогично определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе $\sigma^{IV}_{р}$ для нагрузки согласно рис. 6, *в*. Расчетная нагрузка $P_0=11{,}72$ *т*; $K_1=18{,}18$; $M_0=213{,}1$ *кгс·см/см*. Расчетные данные приведены в табл. 20.

Таблица 20

Расчетные данные при нагрузке с четырьмя следами опирания

i	X_i в *см*	Y_i в *см*	$\frac{X_i}{l}$	$\frac{Y_i}{l}$	K_4 по табл.12	P_i в *т*	n_i—количество нагрузок	$M_i=n_i\times K_4P_i$
1	40	12.25	0.816	0.25	13,36	0,36	2	9,6
2	40	36.75	0.816	0.75	18,03	0,36	2	13,0
3	40	61.25	0.816	1.25	14,27	0,36	2	10,3
4	40	85.75	0.816	1.75	8,5	0,36	2	6,1
5	40	122.5	0.816	2.5	2,61	0,72	2	3,8
6	40	171.5	0.816	3.5	—0,15	0,72	2	—0,2
7	40	220.5	0.816	4.5	—0,45	0,72	2	—0,7
8	40	269.5	0.816	5.5	—0,21	0,72	2	—0,3
9	40	296.5	0.816	6.04	—0,12	0,07	2	0
10	40	12.25	0.816	0.25	13.36	0,48	2	12,8
11	40	36.75	0.816	0.75	18.03	0,48	2	17,3
12	40	61.25	0.816	1.25	14,27	0,48	2	13,7
13	40	85.75	0.816	1.75	8.5	0,48	2	8,1
14	40	122.5	0.816	2.5	2,61	0,96	2	5,1
15	40	171.5	0.816	3.5	—0,15	0,96	2	—0,3
16	40	220.5	0.816	4.5	—0,45	0,96	2	—0,9
17	40	269.5	0.816	5.5	—0,21	0,96	2	—0,4
18	40	296.5	0.816	6.04	—0,12	0,1	2	0
19	80	12.25	1.63	0.25	—18,59	0,36	2	—13,4
20	80	36.75	1.63	0.75	—13.85	0,36	2	—10,0
21	80	61.25	1.63	1.25	—8.65	0,36	2	—6,2
22	80	85.75	1.63	1.75	—5,22	0,36	2	—3,8
23	80	122.5	1.63	2.5	—2,76	0,72	2	—4,0
24	80	171.5	1.63	3.5	—1,37	0,72	2	—2,0
25	80	220.5	1.63	4.5	—0,6	0,72	2	—0,9
26	80	269.5	1.63	5.5	—0,18	0,72	2	—0,3
27	80	296.5	1,63	6,04	—0,08	0,07	2	0

$$\Sigma M_i=56{,}4\ кгс\cdot см/см,$$

$$M^{IV}_{р}=213{,}1+56{,}4=269{,}5\ кгс\cdot см/см;$$

$$\sigma'''_{р}=3{,}5\ \frac{269{,}5}{10^2}=9{,}45\ кгс/см^2.$$

Таким образом, наибольшее напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе $\sigma'''_{р}=10{,}37$ *кгс/см²* получилось для нагрузки согласно рис. 6, *б*. Полученное значение $\sigma'''_{р}=10{,}37$ *кгс/см²* более $R_р=7{,}6$ *кгс/см²*, вследствии чего согласно п. 27 повторим расчет, задавшись большим значением h.

Для повторного расчета ориентировочно зададимся $h=16$ *см*. Определим напряжение растяжения в бетоне плиты при изгибе $\sigma^{V}_{р}$ для нагрузки согласно рис. 6, *г*. По п. 20; $l=69{,}7$ *см*.

Длина следа вала $700=10{,}04\ l<12{,}2\ l$. Поэтому согласно п. 13 примем расчетную длину следа вала $a_р=10{,}04\ l=700$ *см*. Расчетная ширина следа вала по п. 14 $b_р=b=0{,}1l=7$ *см*. Расчетная нагрузка от вала длиной 700 *см*; $P_р=7\cdot1{,}96=13{,}62$ *т*. По величинам $\alpha=\frac{a_р}{l}=10{,}04$ и $\beta=\frac{b_р}{l}=0{,}1$; по табл. 9 найдем $K_1=22{,}1$, по п. 24 и формуле (13) $M_0=22{,}1\cdot13{,}62=301$ *кгс·см/см*. Нагрузки, приходящиеся на каждую элементарную площадку, определяем по формуле (19) $P_1=P_2=P_3=P_4=\frac{20}{100}1{,}47=0{,}294$ *т*; $P_5=P_6=\frac{40}{100}1{,}47=0{,}588$ *т*; $P_7=\frac{80}{100}1{,}47=1{,}176$ *т*; $P_8=\frac{110}{100}1{,}47=1{,}62$ *т*.

Определим суммарный изгибающий момент ΣM_i от нагрузок, расположенных вне расчетного центра *0*. Расчетные данные при повторном расчете приведены в табл. 21.

Таблица 21

Расчетные данные при повторном расчете

i	X_i в *см*	Y_i в *см*	$\frac{X_i}{l}$	$\frac{Y_i}{l}$	K_4 по табл.12	P_i в *т*	n_i—количество нагрузок	$M_i=n_i\times K_4P_i$
1	40	10	0,573	0,144	38,5	0,294	4	45,3
2	40	30	0,573	0,431	42,0	0,294	4	49,4
3	40	50	0,573	0,718	38,5	0,294	4	45,3
4	40	70	0,573	1,004	31,2	0,294	4	36,7
5	40	100	0,573	1,436	19,8	0,588	4	46,6
6	40	140	0,573	2,01	9,3	0,588	4	21,8
7	40	200	0,573	2,87	2,0	1,176	4	9,4
8	40	295	0,573	4,23	—0,4	1,62	4	—2,6

$$\Sigma M_i=251{,}9\ кгс\cdot см/см$$

Расчетный изгибающий момент по формуле (17) $M_р=301+251{,}9=552{,}9$ *кгс·см/см*.

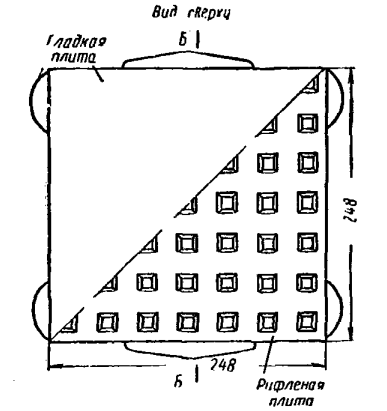
Напряжение растяжения в плите при изгибе по формуле (11) $\sigma^{V}_{р}=3{,}5\ \frac{552{,}9}{16^2}=7{,}56\ кгс/см^2\approx7{,}6\ кгс/см^2$.

Принимаем подстилающий слой из бетона марки 300, толщиной 16 *см*.

II. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУКЦИЯМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛИТ ДЛЯ ПОЛОВ

ПЛИТА ЧУГУННАЯ С ОПОРНЫМИ ВЫСТУПАМИ ДЛЯ ПОЛОВ, УКЛАДЫВАЕМАЯ НА ПЕСКЕ

В плите с нижней стороны имеются ребра жесткости, а по периметру — шесть опорных выступов, обеспечивающих взаимную связь между отдельными плитами, а также передачу нагрузки на смежные плиты и ровность пола (вследствие невозможности вертикального взаимного перемещения плит).



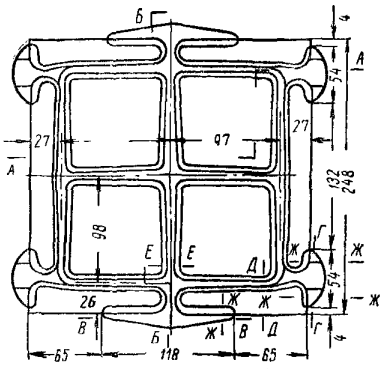


Рис. 7. Плита чугунная с опорными выступами для полов, укладываемая на песке. Общий вид. Вес плиты: гладкой 6,9 *кг*, рифленой 7,1 *кг*

По характеру лицевой поверхности различаются два вида плит: а) гладкая; б) рифленая.

Форма и размеры плит указаны на рис. 7 и 8.

Поверхность всех частей плиты должна быть плотной (без раковин и трещин, гладкой, без наплывов чугуна и очищенной от формовочной земли.

Лицевая поверхность, рифления и боковые грани плиты должны иметь четкие контуры с переходом одной плоскости в другую под углом, без закруглений.

Отклонение размеров от указанных на рис. 7 и 8 не должны превышать ±1 *мм*.

Разность длин обеих диагоналей плиты не должна превышать 2 *мм*.

Искривление (отклонение от плоскости) лицевой поверхности и боковых граней плиты не должно превышать 1 *мм*.

Марка чугуна, применяемого для изготовления плит, должна быть не ниже СЧ12-28. Чугун по прочности при изгибе должен удовлетворять требованиям ГОСТ 1412—70 «Отливки из серого чугуна».

Твердость поверхности плиты по Бринеллю должна быть не менее 143 и не более 248.

Для проверки правильности формы плиты и расположения ее опорных выступов производится пробная укладка плит на контрольном столе на участке размером 0,75 × 1,25 *м*.

При укладке опорные выступы должны легко заходить под соседние плиты. Ребра жесткости уложенных плит должны плотно прилегать к поверхности контрольного стола. Отдельные зазоры между плитами не должны превышать 3 *мм*.

ПЛИТА ЧУГУННАЯ ДЫРЧАТАЯ ДЛЯ ПОЛОВ, УКЛАДЫВАЕМАЯ НА РАСТВОРЕ

В плите имеются цилиндрические отверстия для выхода воздуха при укладке плит, а снизу — ребра жесткости и шипы треугольного сечения для сцепления с раствором, на котором укладывается плита.

По характеру лицевой поверхности различают два вида плит: а) гладкая, б) рифленая.

Форма и размеры плиты указаны на рис. 9 настоящего приложения.

Поверхность всех частей плиты должна быть плотной (без раковин и трещин), глад-

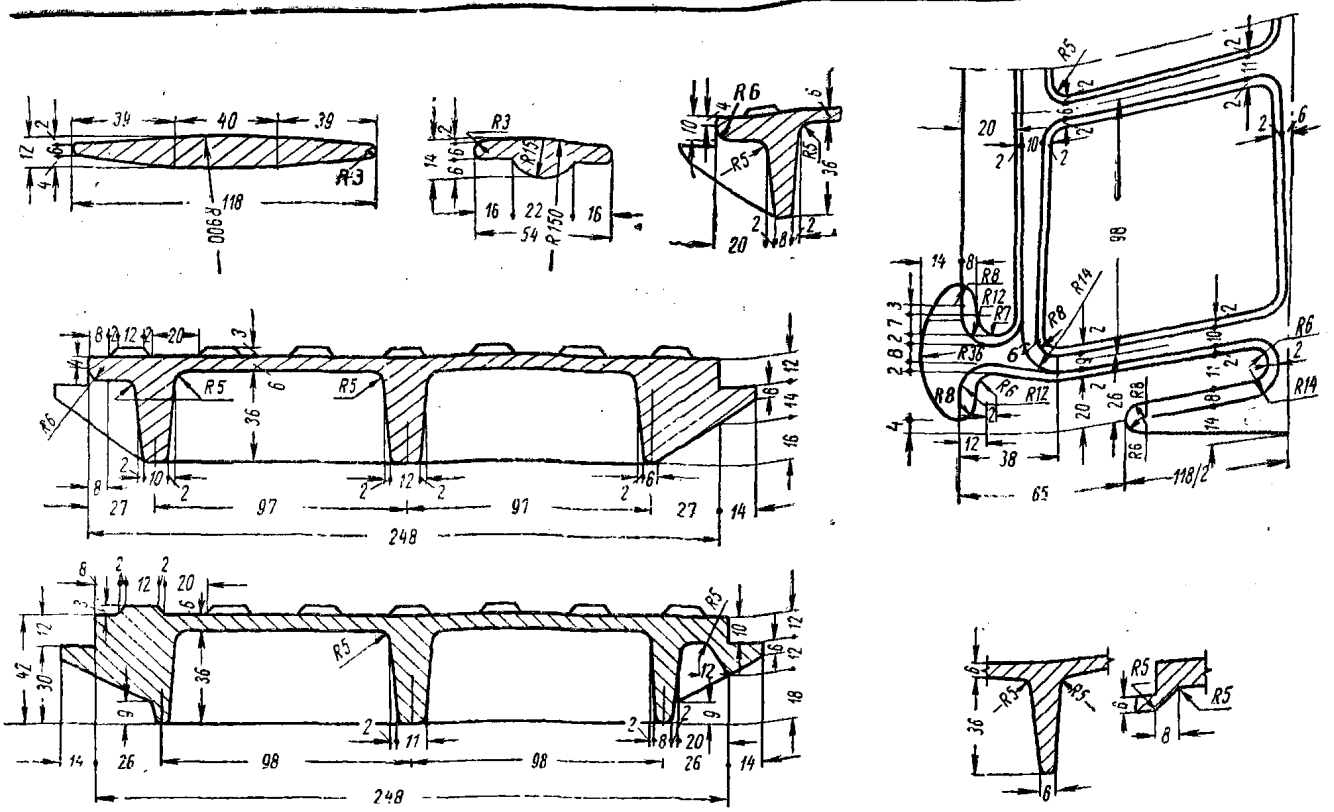


Рис. 8. Плита чугунная с опорными выступами для полов, укладываемая на песке. Детали

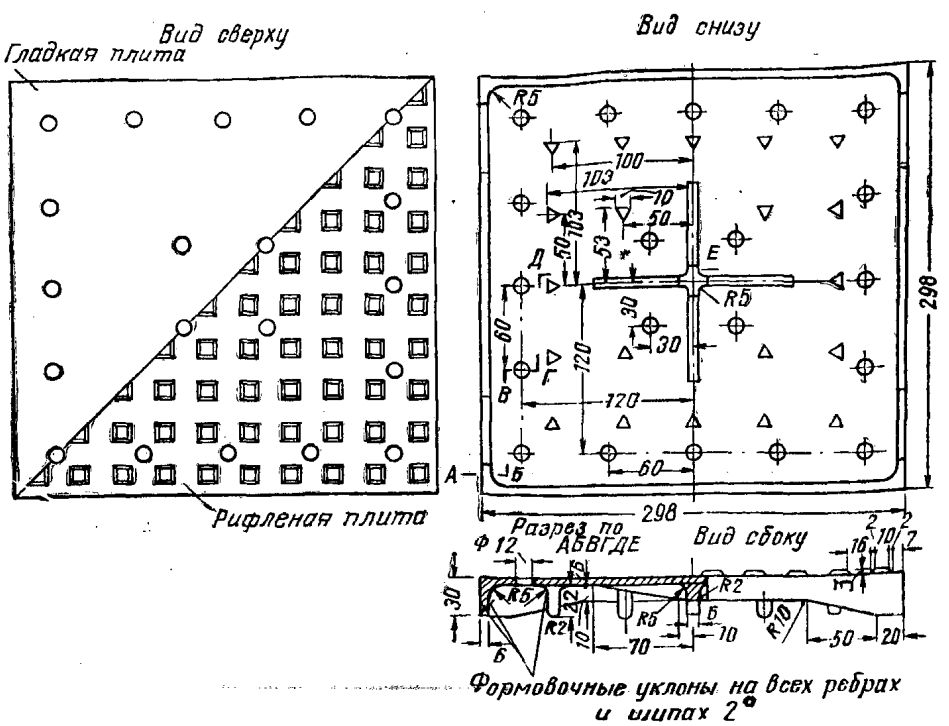


Рис. 9. Плита чугунная дырчатая с шипами для полов, укладываемая на растворе. Вес плиты: гладкой 4,5 *кг*, рифленой 4,8 *кг*

кой без наплывов чугуна и очищенной от формовочной земли.

Лицевая поверхность, рифления и боковые грани плиты должны иметь четкие контуры с переходом одной плоскости в другую под углом, без закруглений.

Отклонения размеров от указанных на рис. 9 не должны превышать ±1 *мм*.

Разность длин обеих диагоналей плиты не должна превышать 2 *мм*.

Искривление (отклонение от плоскости) лицевой поверхности и боковых граней плиты не должно превышать 1 *мм*.

Марка чугуна, применяемого для изготовления плит, должна быть не ниже СЧ12-28. Чугун по прочности при изгибе должен удовлетворять требованиям ГОСТ 1412—70 «Отливки из серого чугуна».

Твердость лицевой поверхности плиты по Бринеллю должна быть не менее 143 и не более 248.

ПЛИТА СТАЛЬНАЯ ШТАМПОВАННАЯ ПЕРФОРИРОВАННАЯ ДЛЯ ПОЛОВ

Форма и размеры плиты указаны на рис. 10.

Отклонения размеров от указанных на рис. 10 не должны превышать ±0,5 *мм*.

Разность длин обеих диагоналей не должна превышать 1 *мм*.

Искривление (отклонение от плоскости) лицевой поверхности и боковых граней плиты не должно превышать 1 *мм*.

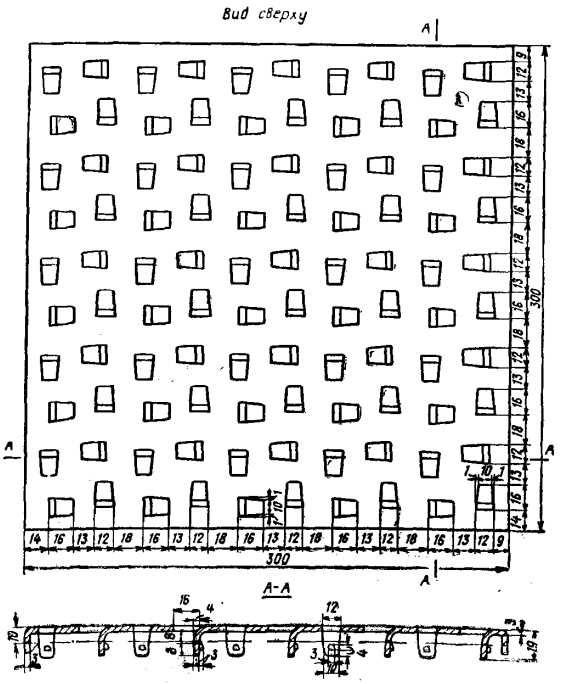


Рис. 10. Плита стальная штампованная перфорированная для полов. Вес плиты 2,34 *кг*

СОДЕРЖАНИЕ

Рекомендации по расчету полов с подстилающим слоем и по конструкциям металлических плит для полов производственных помещений

	Стр.
I. Рекомендации по расчету полов	50
Расчет полов с нежестким подстилающим слоем	50
Расчетные характеристики	50
Расчет прочности пола	54
Примеры расчета прочности пола с нежестким подстилающим слоем . .	55
Расчет полов с жестким подстилающим слоем	58
Примеры расчета прочности пола с бетонным подстилающим слоем .	70
II. Рекомендации по конструкциям металлических плит для полов . . .	76
Плита чугунная с опорными выступами для полов, укладываемая на песке	76
Плита чугунная дырчатая для полов, укладываемая на растворе . . .	76
Плита стальная, штампованная, перфорированная для полов . . .	78

ЦНТБ по строительству
393087

gost.e-ecolog.ru