МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное Учреждение высшего образования

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

Инженерный институт

Кафедра строительства и управления недвижимостью

С. Х. Байрамуков
Б.А. Мекеров

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ: «ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ»

Для обучающихся направления 08.03.01 Строительство. Направленность (Профиль) «Промышленное и гражданское строительство».

Черкесск, 2019

УДК 624.01; 624.07

ББК

И

Рассмотрено на заседании кафедры Строительство и управление недвижимостью.

Протокол № 7 от «13» февраля 2019 г.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом СКГА.

Протокол № ___ от «__»_____ 201_ г.

Рецензенты:
Кафедра строительства и управления недвижимостью
(к.т.н., доцент К.У. Алиев, к.т.н., доцент А. С. Багдасаров)

Байрамуков С. Х. , Мекеров Б.А. Расчет элементов монолитного перекрытия многоэтажного здания. Методические рекомендации к курсовому проекту по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции». 2019. - 44с.

В методических указаниях приведены примеры расчета монолитной плиты, второстепенной балки, разрезного ригеля, колонны и фундамента по первой и второй группе предельных состояний. Подробно изложено подбор площади поперечного сечения рабочей арматуры и бетонного сечения указанных элементов.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся направления 08.03.01 Строительство. Направленность (Профиль) «Промышленное и гражданское строительство».

УДК 624.01; 624.07
ББК

© Байрамуков С. Х., 2019
© ФГБОУ ВО СКГА, 2019

Оглавление

1 Общие положения и исходные данные курсового проекта 4
2 Структура и содержание курсового проекта 4
3 Расчет элементов монолитного перекрытия..... 13
3.1 Расчет монолитной плиты перекрытия 13
3.1.1 Расчет монолитной плиты по нормальным сечениям 16
3.1.2 Расчет монолитной плиты по наклонным сечениям..... 19
3.2 Расчет монолитной второстепенной балки..... 20
3.2.1 Расчет прочности нормального сечения 22
3.2.2 Расчет прочности наклонного сечения балки..... 26
Литература 27
Приложения 28

1 Общие положения и исходные данные курсового проекта

В курсовом проекте по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» предусматривается расчет и конструирование железобетонных элементов перекрытия многоэтажного промышленного и гражданского здания (без подвала) с неполным каркасом. Курсовой проект выполняется в соответствии с заданием, вариант которого определяется по двум последним цифрам шифра зачетной книжки студента или по шифру, предложенному преподавателем. При четной последней цифре шифра зачетки студента проектируется гражданское здание, а при нечетной - промышленное.

В курсовом проекте предусматривается разработка двух конструктивных вариантов междуэтажных перекрытий: монолитное ребристое с балочными плитами, балочное сборное из плит по неразрезным ригелям (из сборных элементов). Общие размеры в плане, сетка колонн, тип и конструкция пола, а также другие исходные данные принимаются по таблицам 1, 2, 3 и по рис. 1, 2.

2 Структура и содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки в объеме 35-40 страниц и 5-6 листа чертежей формата А3.

В пояснительной записке необходимо:

1. Осуществить сбор нагрузок на 1 м^2 монолитного перекрытия.

2. Выполнить компоновку монолитного варианта перекрытия.

3. Расчет монолитной плиты перекрытия.

4. Расчет второстепенной балки перекрытия по первой группе предельных состояний.

5. Расчет пустотной или ребристой плиты по первой и второй группе предельных состояний.

6. Расчет и конструирование однопролетного разрезного ригеля по первой и второй группе предельных состояний.

9. Расчет и конструирование колонны и фундамента.

В графической части проекта следует выполнить:

1. План и разрез монолитного перекрытия в масштабе 1:100 или 1:200.

2. Опалубочные и арматурные чертежи монолитной плиты перекрытия в масштабе 1:10, 1:20, 1:25.

3. Опалубочные и арматурные чертежи второстепенной балки монолитного перекрытия в масштабе 1:10, 1:20, 1:25.

4. Опалубочные и арматурные чертежи многопустотной или ребристой плиты сборного перекрытия в масштабе 1:10, 1:20, 1:25.

5. Опалубочные и арматурные чертежи однопролетного разрезного ригеля в масштабе 1:10, 1:20, 1:25.

6. Опалубочные и арматурные чертежи колонны и фундамента в масштабе 1:10, 1:20, 1:25.

Таблица 1- Параметры здания в плане

Предпослед-ня цифра	Последняя цифра шифра				
	0	1	2	3	4
	Параметры здания в плане, м				
	l_1 x l_2 и L_1 x L_2				
1	2	3	4	5	6
0	4,8x4,8 28,8x14,4	5,4x6,0 32,4x18	6,0x6,6 36x19,8	6,6x6,6 39,6x26,4	4,2x4,2 42x12,6
1	5,4x4,8 43,2x14,4	5,4x5,4 48,6x21,6	6,0x4,8 48x19,2	4,8x6,6 38,4x26,4	4,2x4,2 33,6x12,6
2	6,0x4,8 36,0x14,4	5,4x6,6 54x19,8	6,0x5,4 60x21,6	5,4x6,0 48,6x18	6,6x4,2 59,4x16,8
3	6,6x4,8 66x14,4	5,4x4,8 37,8x19,2	6,0x4,8 48x14,4	4,8x4,2 28,8x12,6	4,2x6,6 42x19,8
4	4,2x4,8 42x14,4	5,4x4,8 37,8x12,6	6,0x5,4 60x16,2	6,6x4,2 52,8x16,8	6,6x6,0 52,8x24
5	4,8x5,4 43,2x16,2	5,4x6,0 43,2x18	6,0x6,6 60x19,8	6,6x6,0 39,6x24	4,2x6,0 42x24

Предпослед-ня цифра	Последняя цифра шифра				
	0	1	2	3	4
	Параметры здания в плане, м				
	l_1 x l_2 и L_1 x L_2				
1	2	3	4	5	6
6	5,4x5,4 54x16,2	5,4x6,6 48,6x19,8	6,0x4,2 48x12,6	6,6x5,4 46,2x21,6	6,6x5,4 59,4x21,6
7	6,0x5,4 36x16,2	5,4x4,2 43,2x16,8	6,6x4,8 66x14,4	4,2x4,2 29,4x12,8	4,2x5,4 25,2x21,6
8	6,6x5,4 46,2x21,6	5,4x4,8 48,6x19,2	6,0x4,2 48x12,6	6,6x6,6 32,8x19,8	6,6x6,0 59,4x24
9	4,2x5,4 42x16,2	5,4x6,0 48,6x24	6,6x6,6 46,2x19,8	5,4x4,2 54x12,6	4,2x4,2 42x16,8

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра				
	5	6	7	8	9
	Параметры здания в плане, м				
	l_1 x l_2 и L_1 x L_2				
1	2	3	4	5	6
0	4,8x4,8 33,6x19,2	5,4x5,4 37,8x16,2	6,0x6,6 42x19,8	6,6x4,2 46,2x16,8	4,2x6,0 42x24
1	4,8x6,0 43,2x18	6,6x6,6 52,8x26,4	6,0x4,2 54x12,6	5,4x5,4 54x21,6	4,2x4,2 37,8x16,8
2	6,0x4,8 36x19,2	6,0x4,2 42x16,8	6,6x5,4 66x16,2	4,8x4,2 48x12,6	4,2x4,2 42x16,8
3	6,6x6,0 59,4x18	5,4x4,8 32,4x19,2	6,0x4,8 54x14,4	5,4x6,0 32,4x18,0	4,2x5,4 33,6x16,2
4	6,6x4,2 46,2x12,6	4,8x4,2 33,6x16,8	6,6x6,6 39,6x19,8	4,8x5,4 38,4x21,6	4,2x6,6 29,4x19,8

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра				
	5	6	7	8	9
	Параметры здания в плане, м				
	l_1 x l_2 и L_1 x L_2				
1	2	3	4	5	6
5	4,8x4,2 48x16,8	5,4x6,0 48,6x18	6,0x4,2 54x16,8	5,4x5,4 54x16,2	4,2x6,0 37,8x24,0
6	6,0x4,2 42x16,8	6,6x5,4 52,8x16,2	6,6x4,2 59,4x12,6	4,8x6,0 48x18	4,2x5,4 37,8x16,2
7	5,4x6,6 37,8x26,4	5,4x6,6 32,4x26,4	6,0x4,8 42x19,2	6,6x6,0 39,6x24	5,4x6,6 37,8x19,8
8	4,2x6,0 33,6x18	4,8x4,2 43,2x12,6	6,6x5,4 66x16,2	4,2x6,0 37,8x18	6,6x6,0 39,6x24
9	4,8x4,2 48x12,6	5,4x6,0 43,2x18	6,0x4,2 54x16,8	4,8x4,2 33,6x16,8	4,2x6,6 42x19,8

Таблица 2 – Нагрузки и параметры здания

№ п/п	Параметры	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Нормативная непродолжительно действующая часть полезной нагрузки, кН/м^2	3	2,5	1	2	3,5	3,5	2,5	4	4,5	3
2.	Нормативная продолжительно действующая часть полезной нагрузки, кН/м^2	2	1	2,5	1,5	1	1,5	2,5	1	0,5	1,5

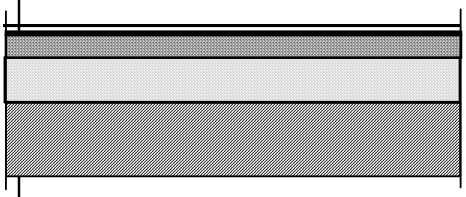
№ п/п	Параметры	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.	Нормативная снеговая нагрузка, кН/м^2	0,9	0,6	2,9	2,3	1,7	0,6	1,3	1,7	2,3	2,3
4.	$H_{эт}$ – высота этажа, м	3,6	4,5	4,2	5,7	3,9	3	4,8	3,3	5,1	5,4
5.	$n_{эт}$ – количество этажей	5	4	8	6	7	5	5	6	7	8
6.	Конструкция пола (рис. 2)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
7.	Нормативная нагрузка от веса кровли, кН/м^2	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,4	0,75	0,5	0,55	0,6

Таблица 3 – Параметры кровли

№ п/п	Параметры		Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Рулонный ковер из рубероида, *t*, см		2	2,5	2,2	2,2	2,4	2,4	2,1	1,8	2,3	2,2
2.	Стяжка из цементно-песчаного раствора, *t*, см		3,5	4	4,5	4,2	4,8	5	5,2	5,4	5,6	6,0
3.	Утеплитель	t, см	40	10	12	10	35	15	18	15	38	20
		Материал	К	П	МВ	U	К	П	МВ	U	К	U
4.	Пароизоляция из битума, *t*, см		0,5	0,4	0,6	0,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,8	0,5

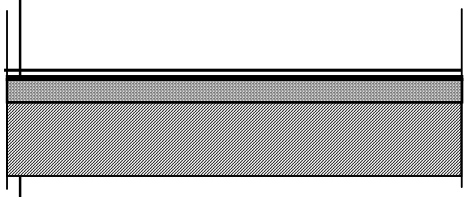
Примечание: К – керамзит; П – Пенополистирол; МВ – минераловатные плиты; U – Ursa.

1



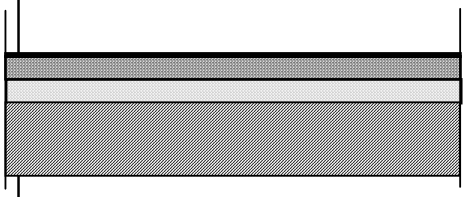
Линолеум $t = 10$ мм
Битум $t = 3$ мм
Цементно-песчанная стяжка $t = 30$ мм
Засыпка $t = 60$ мм
Железобетонная плита

2



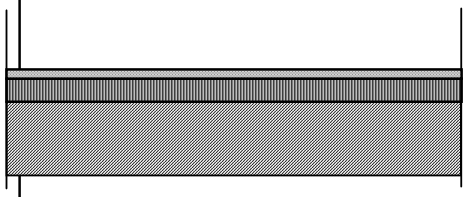
Линолеум $t = 10$ мм
Битум $t = 3$ мм
Цементно-песчанная стяжка $t = 30$ мм
Железобетонная плита

3



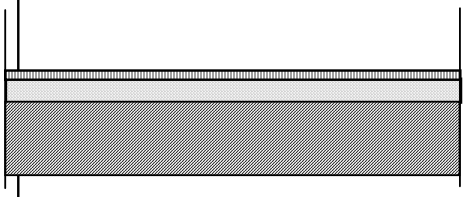
Бетон $t = 30$ мм
Цементно-песчанная стяжка $t = 40$ мм
Засыпка $t = 60$ мм
Железобетонная плита

4



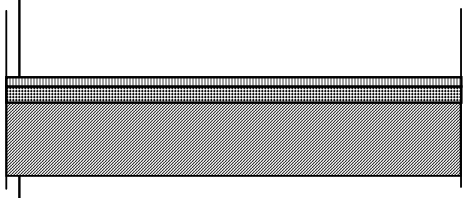
Паркет $t = 10$ мм
асфальтобетон $t = 30$ мм
Битум $t = 3$ мм
Железобетонная плита

5



Керамическая плитка $t = 10$ мм
Цементно-песчанная стяжка $t = 20$ мм
Битум $t = 3$ мм
Железобетонная плита

6



Керамическая плитка $t = 10$ мм
Цементно-песчанная стяжка $t = 20$ мм
Железобетонная плита

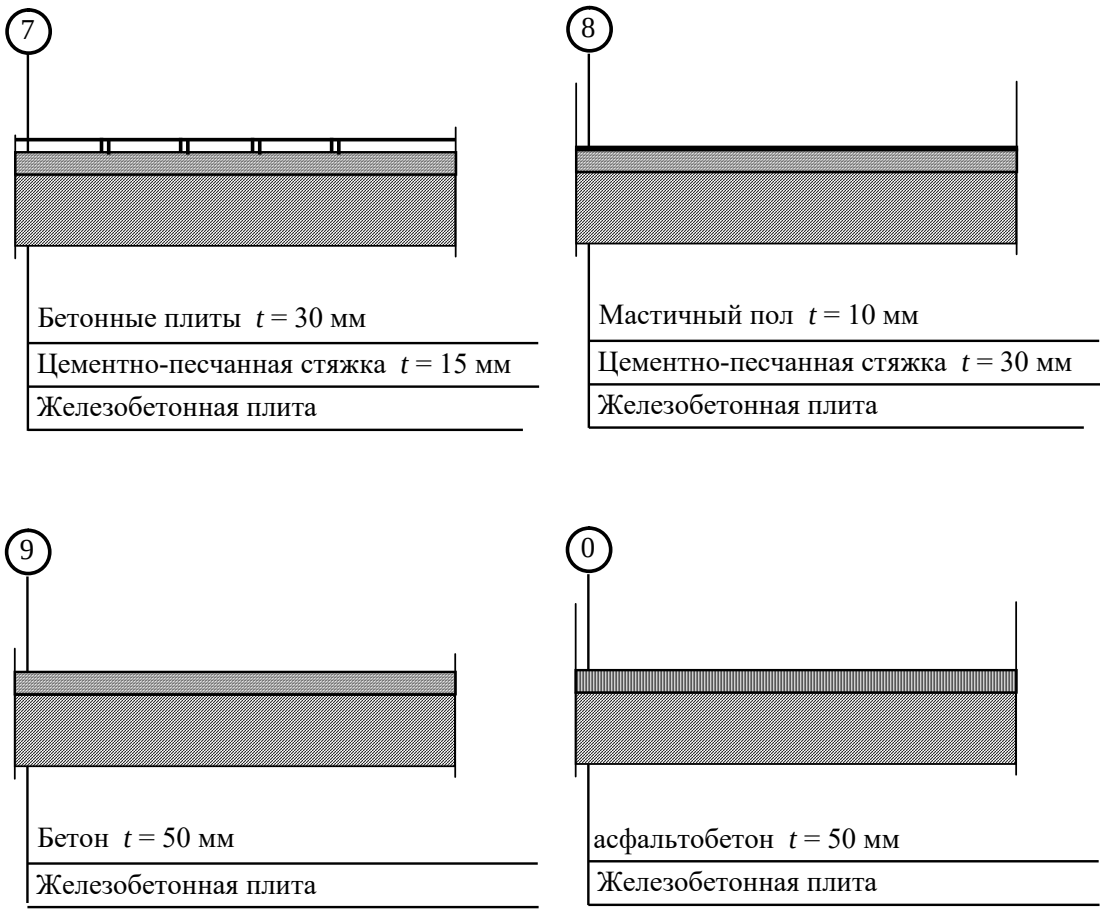
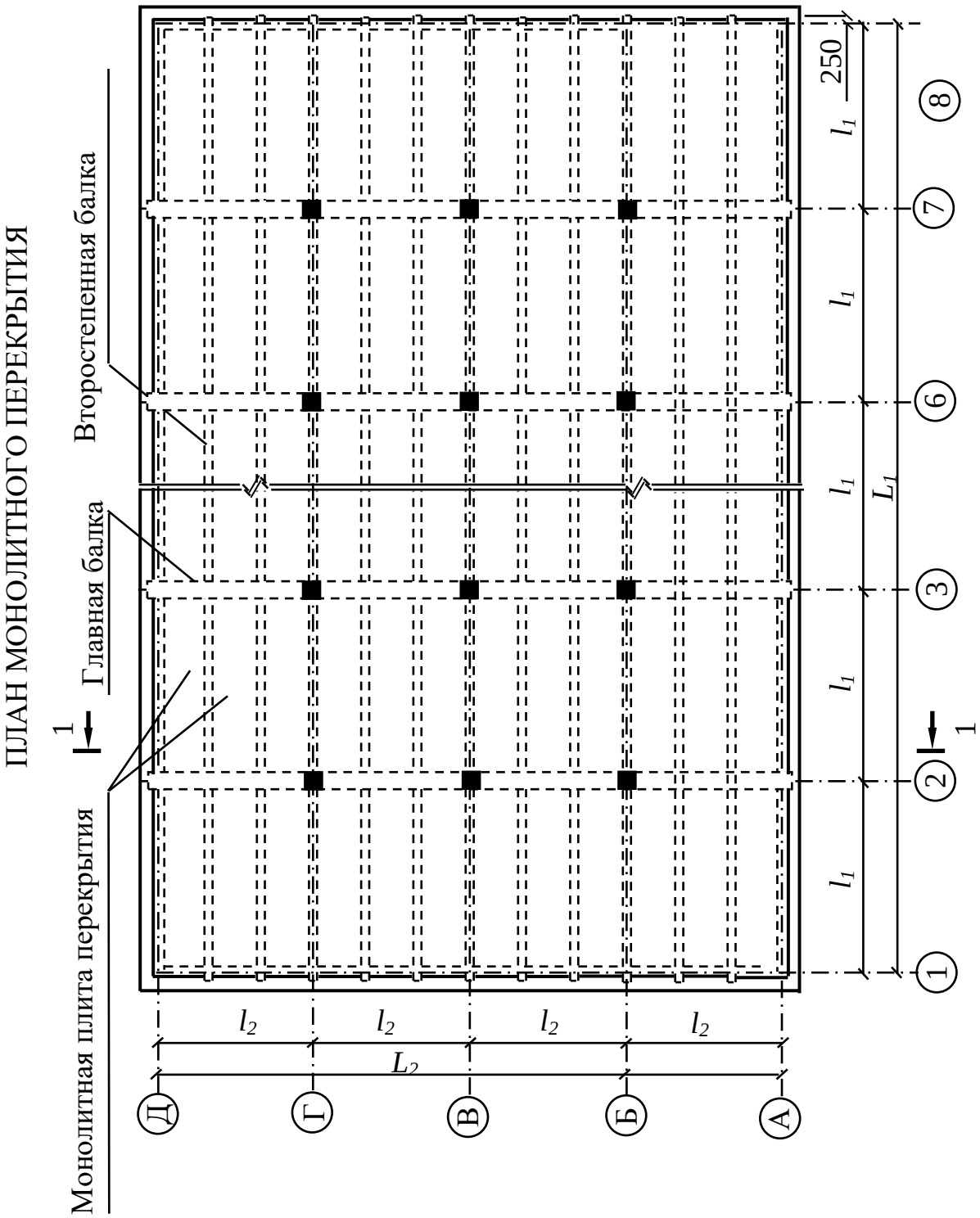
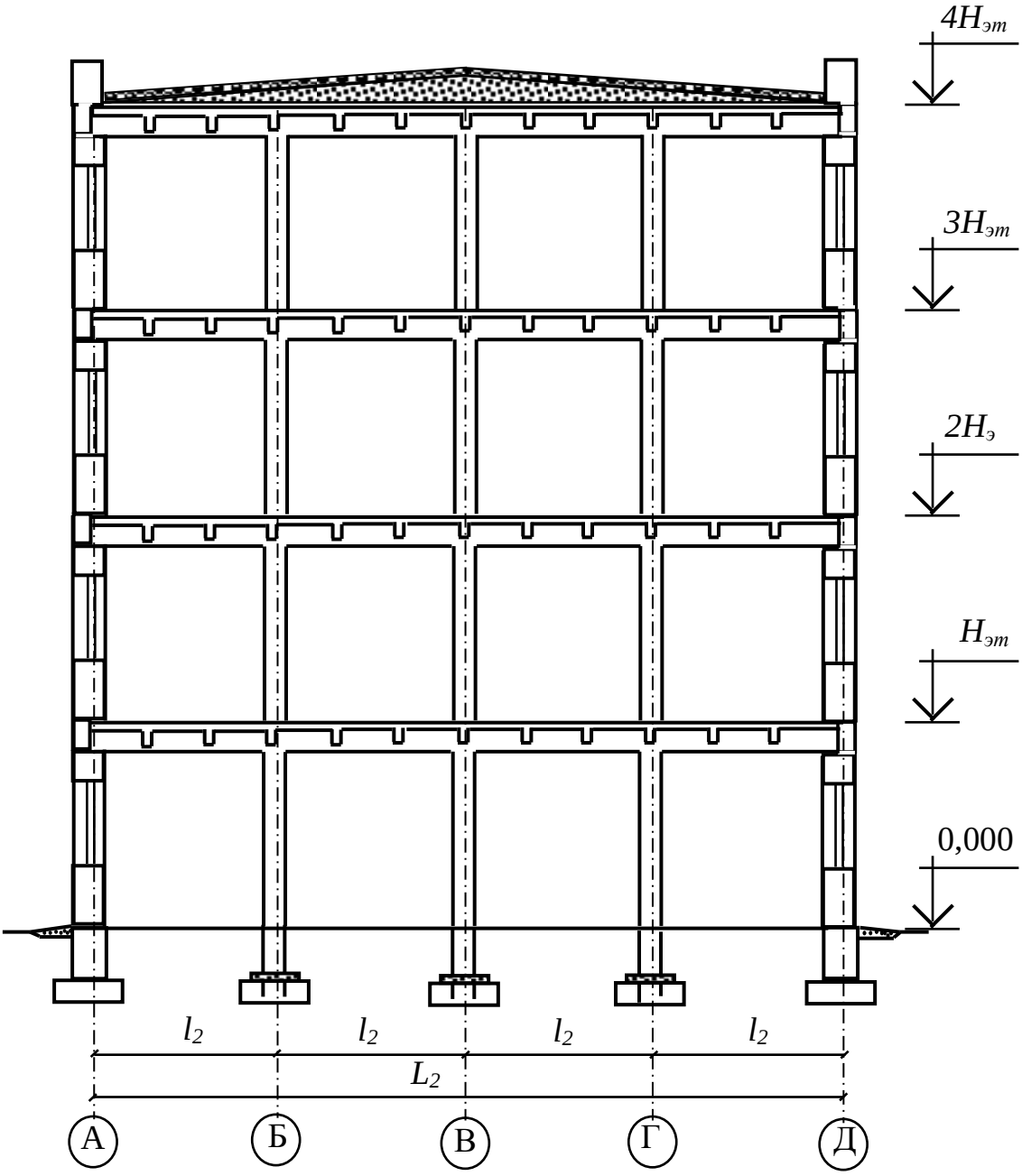


Рис. 2. конструкция пола


ПЛАН МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ
Второстепенная балка
Главная балка
Монолитная плита перекрытия
1
1
250
l_1
l_1
l_1
l_1
L_1
l_2
l_2
l_2
l_2
L_2
1
2
3
6
7
8
А
Б
В
Г
Д

Разрез здания



3 РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ.

3.1 Расчет монолитной плиты перекрытия

Монолитная плита изготавливается из тяжелого бетона, естественного твердения.

Здание - отапливаемое. Относительная влажность ниже 75%. Конструкции находятся в неагрессивной среде.

При исходных данных, указанных ниже, требуется: выполнить расчет и конструирование плиты и второстепенной балки монолитного перекрытия; разработать рабочие чертежи плиты и второстепенной балки монолитного перекрытия при действии эксплуатационных нагрузок; составить спецификацию арматурных изделий монолитной плиты и второстепенной балки.

Рекомендуемая высота плиты принимается для: жилых зданий не менее 40 мм, гражданских зданий не менее 50 мм, промышленных зданий не менее 60 мм.

Временная нагрузка $V^n = 5,0$кН/м^2; длительно-действующая и непродолжительно действующая части временной нагрузки принимаются соответственно $V_{ld}^n = 2,0$кН/м^2; $V_{cd}^n = 3,0$кН/м^2. Высоту сечения монолитной плиты, исходя из вышесказанного, принимаем $h_f' = 6$см. Общие размеры здания в плане $L_1 \times L_2 = 54,00 \times 16,20$м. Привязка наружных стен к разбивочным осям - $\delta = 250$мм. Сетка колонн $l_1 \times l_2 = 5,40 \times 5,40$м. Направление главных балок принято поперек здания (наиболее экономичный вариант из опыта проектирования). Высота этажа - 3,6 м. Количество этажей - 5. Глубина зоны опирания второстепенной балки C_b = 250 мм, а монолитной плиты перекрытия C_p = 120 мм.

Сбор нагрузок на 1 м^2 монолитного перекрытия.

№ п/п	Нагрузка	t, м	ρ, кН/м^3	g^n, кН/м^2	γ_f	g, кН/м^2
1.	Линолеум	0,010	18	0,18	1,3	0,23
2.	Битум	0,003	14	0,04	1,3	0,05

3.	Цементно-песчаная стяжка	0,030	18	0,54	1,3	0,70
4.	Засыпка	0,060	8	0,48	1,3	0,62
	Итого нагрузка от пола			0,76		0,99
5.	Железобетонная плита	0,060	25	1,50	1,1	1,65
	Итого постоянная		Σg^n=	2,26	Σg=	2,64
6.	Временная		V^n=	5,00	1,2	6,00
7.	Полная		g_1^n=	7,26	g_1=	8,64

Примечание: $g^n = t \cdot \rho,\ g = g^n \cdot \gamma_f,\ \sum g^n = \sum_{i=1}^{n} g_i^n,\ \sum g = \sum_{i=1}^{n} g_i,$ полная нагрузка $g_1^n = \sum g^n + V^n,\ g_1 = \sum g + V, где\ V = V_n \cdot \gamma_f.$

Расчетные характеристики бетона и арматуры.

Бетон класса В15: $R_b = 8,5$ МПа, $R_{bt} = 0,75$ МПа, $E_b = 24000$ МПа.

Арматура класса В500:

$R_s = 415$ МПа, $R_{sn} = 500$ МПа, $E_s = 200000$ МПа, $d = 4$ мм.

Рабочая высота сечения плиты $h_0 = h'_f - a = 6 - 1,5 = 4,5$ см, где высота защитного слоя и коэффициент γ_{b1} принимаются с учетом рекомендаций $a = 1,5$ см; $\gamma_{b1} = 0,9$; $q = g_1 \cdot b = 8,64 \cdot 1 = 8,64$ кН/м.

Расчетная полоса монолитной плиты принята шириной b =1 м. Предварительно принимаем проволоку диаметром 4 мм для арматурных сеток плиты, тогда площадь поперечного сечения a_s=0,126 см^2. Расстояние между осями второстепенных балок определяем из условия

$$M \le \alpha_m \cdot \gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_o^2, \qquad (1)$$

где $M = q \cdot l_o^2 / 16$ для средних пролетов плиты; α_m=ξ(1-0,5ξ), значение этого параметра также можно принимать по таблице 11 приложения.

Предварительно принимаем ξ=0,1, определяем α_m=ξ(1-0,5ξ)=0,1(1-0,5·0,1)=0,095, затем из формулы (1) определяется значение l

$$l_f = \sqrt{\frac{16 \cdot \alpha_m \cdot \gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}{q}} + 20 = \sqrt{\frac{16 \cdot 0,095 \cdot 0,85 \cdot 100 \cdot 4,5^2}{0,0864}} + 20 = 194 \text{ см}.$$

При $\xi = 0,25;\ \alpha_m = 0,219$

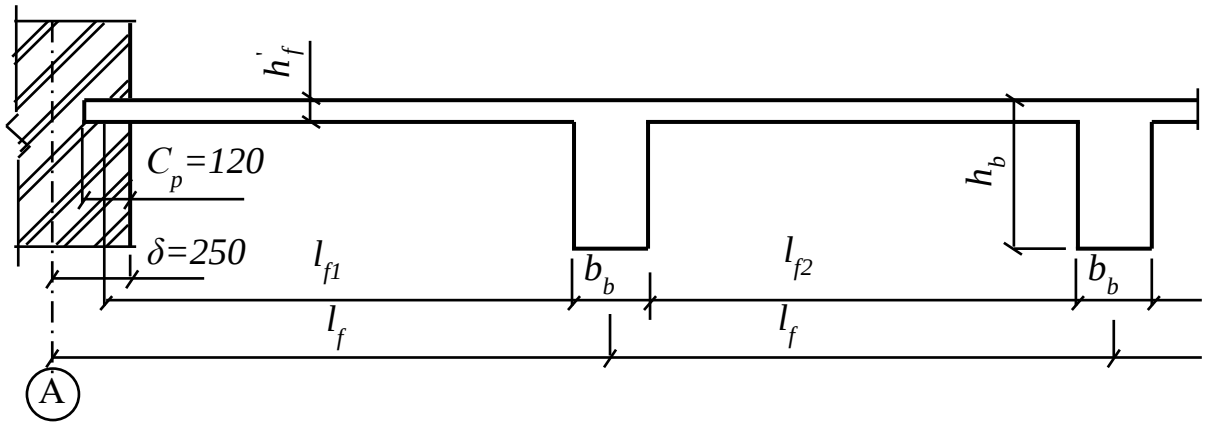
$$l_f = \sqrt{\frac{16 \cdot \alpha_m \cdot \gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2}{q}} + 20 = \sqrt{\frac{16 \cdot 0,219 \cdot 0,85 \cdot 100 \cdot 4,5^2}{0,0864}} + 20 = 284\,\text{см}.$$

С учетом конструктивных требований (в т. ч. условие жесткости) $l_f \le 40 \cdot h'_f = 40 \cdot 6 = 240\,\text{см}$.

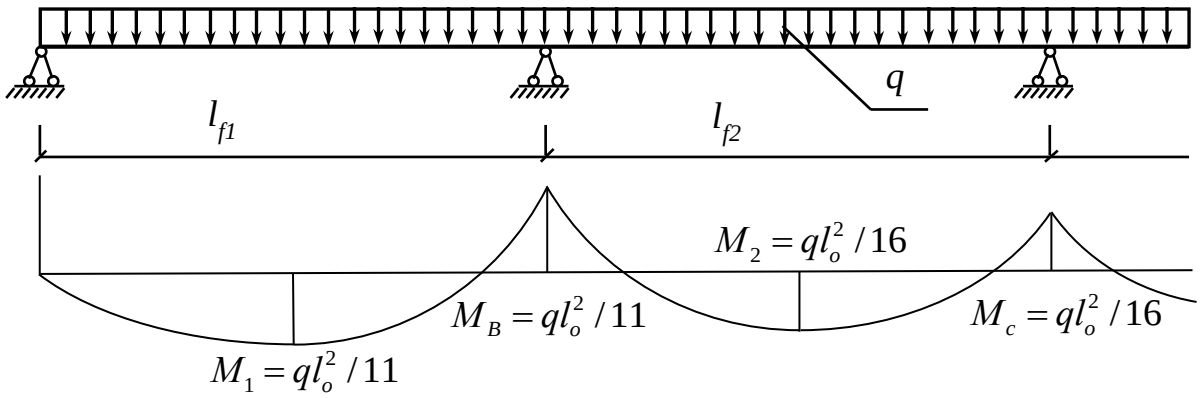
Требование кратности размещения плит по длине главной балки, количество пролетов плиты для данного примера равно $n = l_2 / l_f$ =540/194=2,78, принимаем n=3; тогда $l_f = l_2/n$=540/3=180 см. Принимаем пролет плиты наименьшее из полученных значений l_f=180 см.

При ширине главной балки b=30 см размеры плиты 6000х1600. Отношение длинной стороны к короткой 6000/1600=3,75>3, т. е. плита может рассматриваться как балочное (если данное значение менее 3, то плита должна рассчитываться как опертая по контуру).

Схема для определения пролетов плиты



Расчетная схема монолитной плиты



Расчетные пролеты плиты.

Размеры сечения монолитной второстепенной балки принимаем

$b_b \times h_b = 20 \times 40\,см.$

$$l_{f1} = l_f - \frac{b_b}{2} - \delta + \frac{C_p}{2} = 180 - \frac{20}{2} - 25 + \frac{12}{2} = 151\text{см}.$$

$$l_{f2} = l_f - b_b = 180 - 20 = 160\,\text{см}.$$

Изгибающие моменты в характерных сечениях и максимальная поперечная сила.

$$M_1 = \frac{q \cdot l_{f1}^2}{11} = \frac{8,64 \cdot 1,51^2}{11} = 1,79\,\text{кНм}$$

$$M_B = \frac{q \cdot l_{f1}^2}{11} = \frac{8,64 \cdot 1,51^2}{11} = 1,79\,\text{кНм}$$

$$M_2 = -M_c = \frac{q \cdot l_{f2}^2}{16} = \frac{8,64 \cdot 1,6^2}{16} = 1,38\,\text{кНм}$$

$$Q_{\max} = 0,6 \cdot q \cdot l_{f1} = 0,6 \cdot 8,6 \cdot 1,51 = 7,83\,\text{кН}.$$

3.1.1 Расчет монолитной плиты по нормальным сечениям

Для определения количества рабочей арматуры воспользуемся формулой 1, а в средних пролетах, учитывая благоприятное влияние распора. Так как l_f/h_f=160/6=26,7<30 изгибающий момент принимаем с учетом k=0,8.

Сечение продольной арматуры по полосе «А»

а) в средних пролетах и над средними опорами

$$\alpha_m = \frac{k \cdot M_2}{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{0,8 \cdot 138}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 100 \cdot 4,5^2} = 0,071 \rightarrow$$

$$\rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,071} = 0,074 \rightarrow$$

Определяется сечение продольной рабочей арматуры

Относительная деформация арматуры растянутой зоны $\varepsilon_{s,el}$, вызванная внешней нагрузкой при достижении в этой арматуре напряжения, равного R_s

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{415}{200\,000} = 0,00208;$$

Относительная деформация сжатого бетона $\varepsilon_{b,ult}$ при напряжениях, равных R_b, принимаемая равной 0,0035.

Значение ξ_R определяют по формуле

$$\xi_R = \frac{0,8}{1+\frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,ult}}} = \frac{0,8}{1+\frac{0,00208}{0,0035}} = 0,502$$

Проверяем условие $\xi \le \xi_R$

$\xi = 0,074 < \xi_R = 0,502$.

Площадь поперечного сечения арматуры определяем из условия

$A_s R_s - \gamma_{b1} R_b b \xi h_o = 0$, откуда

$$A_{s2} = \frac{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot \xi \cdot h_0}{R_s} = \frac{0,9 \cdot 0,85 \cdot 100 \cdot 0,074 \cdot 4,5}{41,5} = 0,61 \text{ см}^2,$$

Число стержней диаметром 4 мм на расчетной полосе шириной 1 м $n = \frac{A_{s2}}{a_s} = \frac{0,61}{0,126} = 4,84$, принимаем n=5 шт.

Шаг стержней на расчетной полосе $S = \frac{b}{n} = \frac{100}{5} = 200$ см. Принимаем $S = 200$ мм. Число стержней n_1=5.

Фактическая площадь поперечного сечения рабочей арматуры $A_{s2} = n_1 \cdot a_{sw} = 5 \cdot 0,126 = 0,63 \text{см}^2$.

Шаг продольных рабочих стержней принимается не более 200 мм, а поперечных распределительных стержней не более 300 мм, диаметр рабочей арматуры принимается не менее 4 мм, а распределительной не менее 3 мм.

Распределительные стержни принимаем Ø3 В500 с шагом 300 мм.

Таким образом принята сетка С1 (4В500-150/3В500-300). Сетка С1 раскатывается поперек второстепенных балок на всю ширину здания (от оси А до оси D).

б) в крайнем пролете и над первой промежуточной опорой

$$\alpha_m = \frac{M_1}{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0^2} = \frac{179}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 100 \cdot 4,5^2} = 0,116 \rightarrow$$

$$\rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,116} = 0,12 \rightarrow$$

Определяется сечение продольной рабочей арматуры

Проверяем условие $\xi \le \xi_R$

$\xi = 0,12 < \xi_R = 0,502$.

Площадь поперечного сечения арматуры определяем по формуле

$$A_{s1} = \frac{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot \xi \cdot h_0}{R_s} = \frac{0,9 \cdot 0,85 \cdot 100 \cdot 0,12 \cdot 4,5}{41,5} = 0,995 \text{ см}^2,$$

Площадь сечения стержней дополнительной сетки С-2.

$$A_{sd} = A_{s1} - A_{s2} = 0,995 - 0,63 = 0,365 \text{см}^2.$$

Число стержней диаметром 4 мм на расчетной полосе шириной 1 м $n = \frac{A_{sd}}{a_s} = \frac{0,365}{0,126} = 2,9,$ принимаем число стержней *n*=3 шт. Фактическая площадь рабочей арматуры дополнительной сетки $A_{sd} = n \cdot a_{sw} = 3 \cdot 0,126 = 0,378 \text{см}^2$. Шаг стержней на расчетной полосе $S = \frac{b}{n} = \frac{100}{3} = 33,3 \text{см}$. Принимаем *S*=300 мм. Распределительные стержни принимаем Ø3 с шагом 300 мм. Таким образом принята сетка С2(4В500-300/3В500-300).

Сечение продольной арматуры по полосе «Б» в среднем пролете и над средними опорами с учетом *k*=0,8.

$$A_{s2Б} = 0,8 \cdot A_{s2} = 0,8 \cdot 0,63 = 0,504 \text{см}^2.$$

Число стержней диаметром 4 мм на расчетной полосе шириной 1 м $n = A_{s2Б}/a_s = 0,504/0,126 = 4$, принимаем число стержней *n*=4 шт. Фактическая площадь поперечного сечения рабочих стержней составляет $A_{s2Б} = n \cdot a_s = 4 \cdot 0,126 = 0,504$ см^2. Шаг стержней на расчетной полосе составляет $S = b/n = 100/4 = 25$ см. Принимаем *S*=250 мм. Распределительные стержни принимаем Ø3 В500 с шагом 300 мм. Таким образом подбираем сетку С-3 (4В500-250/3В500-300).

Сечение продольной арматуры по полосе «Б» в крайнем пролете и над первой опорой

$$A_{s1Б} = A_{s2} + A_{sd} - A_{s2Б} = 0,63 + 0,378 - 0,504 = 0,504\,\text{см}^2.$$

Число стержней диаметром 4 мм на расчетной полосе шириной 1м $n = \frac{A_{s1Б}}{a_s} = \frac{0,504}{0,126} = 4,$ принимаем число стержней n=4 шт. $A_{s1Б}=n\cdot a_{sw}$=4·0,126=0,504 см^2. Шаг стержней на расчетной полосе «Б» $S=b/n$=100/4=25 см. Принимаем S=250 мм. Распределительные стержни принимаем Ø3 В500 с шагом 300 мм. Таким образом подбираем сетку С-4 (4В500-250/3В500-300).

Условие минимального армирования согласно п.8.3.4 СП 52-101-2003. В изгибаемых элементах принимается не менее 0,1%.

При определении условия минимального армирования площадь поперечного армирования A_s принимается наименьшее значение из всех значений принятых фактических площадей поперечного сечения стержней по полосе «А» и «Б». Для данного случая эта величина $A_{s.min}$=0,504 см^2.

$\mu = \frac{A_{s\min}}{b \cdot h_0} \cdot 100\% = \frac{0,54}{100 \cdot 4,5} \cdot 100\% = 0,12\% > 0,1\%,$ следовательно, условие минимального армирования соблюдается.

3.1.2 Расчет монолитной плиты по наклонным сечениям

Прочность наклонного сечения при отсутствии поперечной арматуры.

$Q_{\max} = 7,83\,\text{кН} < Q_{b,min} = 0,5 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 = 0,5 \cdot 0,075 \cdot 100 \cdot 4,5 = 16,9\,\text{кН},$ то есть прочность наклонного сечения обеспечена.

Проверяем условие исключения проскальзывания продольной арматуры. Фактическая длина запуска продольной арматуры за грань опоры составляет $C_p - a = 120 - 15 = 105\,\text{мм} > 5 \cdot d = 5 \cdot 4 = 20\,\text{мм},$ следовательно, проскальзывание продольной рабочей арматуры исключено.

3.2 Расчет монолитной второстепенной балки

Бетон класса В15: $R_b = 8,5$ МПа, $R_{bt} = 0,75$ МПа, $E_b = 24000$ МПа.

Арматура класса А400: $R_s = 355$ МПа, $E_s = 200000$ МПа.

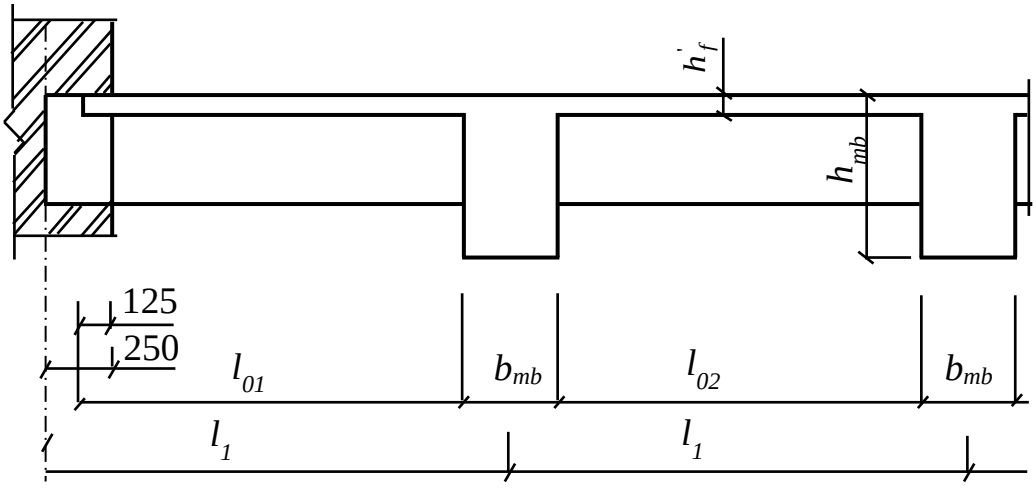
Арматура для сеток класса В500:

$R_s = 415$ МПа, $R_{sw} = 300$ МПа, $E_s = 200000$ МПа.

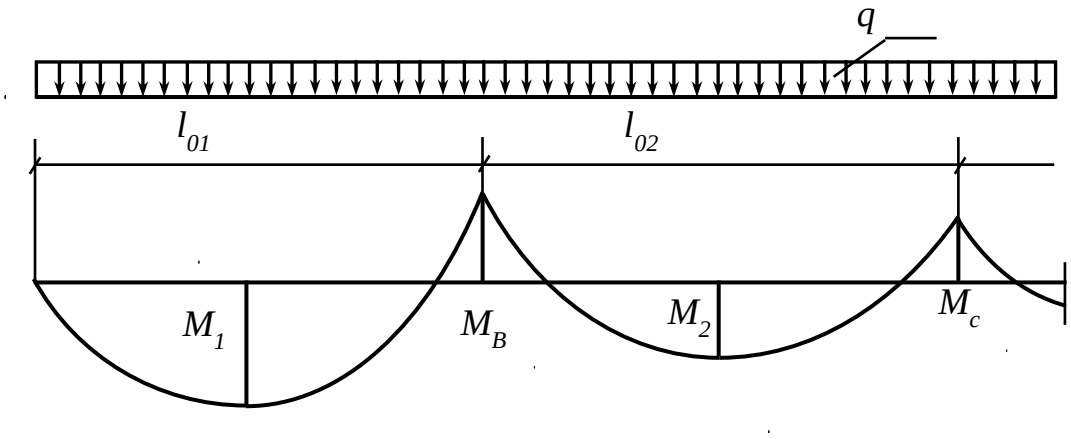
Рекомендуемая ширина второстепенной балки b=(0,4÷0,5)·h

Размеры сечения второстепенной балки предварительно можно принимать $b_b \times h_b = 20 \times 40$см, $a_b = 2$см, $d = 2$см, $\Delta = 3$см.

Схема для определения расчетных пролетов второстепенной балки.



Расчетная схема и эпюра изгибающих моментов второстепенной балки.



Нагрузка на второстепенную балку: $\gamma_f = 1,1$; $\gamma_n = 0,95$.

а) постоянная от веса пола плиты и ребра балки при $\rho = 25$ кН/м^3

$q_1 = \sum g \cdot l_f + \rho \cdot \gamma_f \cdot \gamma_n \cdot b_b \cdot \left(h_b - h'_f\right) = 2,64 \cdot 1,80 + 25 \cdot 1,1 \cdot 0,95 \cdot 0,2 \cdot$
$\cdot \left(0,4 - 0,06\right) = 6,53$ кН/м.

Временная полезная нагрузка: $\gamma_f = 1,2$.

$V_1 = V^n \cdot \gamma_f \cdot l_f = 5,0 \cdot 1,2 \cdot 1,80 = 10,80$ кН/м.

Полная нагрузка $q = q_1 + V_1 = 6,53 + 10,80 = 17,33$ кН/м.

Расчетные пролеты второстепенной балки.

Для крайнего пролета при ширине главной балки $b_{mb} = 300$ мм,

$$l_{01} = l_1 - \frac{b_{mb}}{2} - \frac{C_b}{2} = 5,40 - \frac{0,30}{2} - \frac{0,25}{2} = 5,125 \text{ м.}$$

Для среднего пролета $l_{02} = l_1 - b_{mb} = 5,40 - 0,30 = 5,10$ м.

Изгибающие моменты:

В первом пролете $M_1 = 0,091 \cdot q \cdot l_{01}^2 = 0,091 \cdot 17,33 \cdot 5,125^2 = 41,421$ кНм.

По грани опоры В $M_B = 0,0715 \cdot q \cdot l_{01}^2 = 0,0715 \cdot 17,33 \cdot 5,125^2 = 32,545$ кНм.

В среднем пролете и по грани опоры С

$M_2 = -M_c = 0,0625 \cdot q \cdot l_{02}^2 = 0,0625 \cdot 17,33 \cdot 5,100^2 = 28,171$ кНм.

Поперечные силы:

На крайней опоре $Q_A = 0,4 \cdot q \cdot l_{01} = 0,4 \cdot 17,33 \cdot 5,125 = 35,5$ кН

На опоре В слева $Q_B^Л = 0,6 \cdot q \cdot l_{01} = 0,6 \cdot 17,33 \cdot 5,125 = 53,3$ кН

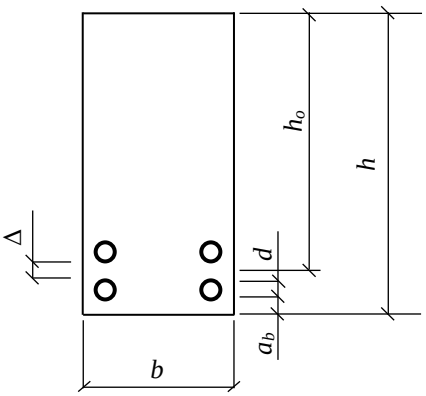
На опоре В справа $Q_B^п = 0,5 \cdot q \cdot l_{02} = 0,5 \cdot 17,33 \cdot 5,10 = 44,2$ кН

Уточнение размеров поперечного сечения второстепенной балки

Предварительно принимаем ξ=0,3 (рекомендуемое значение для балок 0,3÷0,4), тогда α_m=0,255 (таблица 11 приложения).

$$h_0 = \sqrt{\frac{M_B}{\alpha_m \cdot \gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b_b}} = \sqrt{\frac{3254}{0,255 \cdot 0,9 \cdot 0,85 \cdot 20}} = 29 \text{см.}$$

Расстояние от растянутой грани до центра тяжести растянутой арматуры при расположении арматуры в два ряда по высоте сечения второстепенной балки определяется следующим образом $a = a_b + d + 0,5 \cdot \Delta = 2 + 2 + 0,5 \cdot 3 = 5,5$ см.



К определению расстояния от центра тяжести арматуры, расположенной в два ряда по высоте сечения балки до низа элемента

Высота второстепенной балки

При $\xi = 0,3 \rightarrow h = h_0 + a = 29 + 5,5 = 34,4$ см.

Принимаем высоту второстепенной балки $h = 35$ см.

Определяем расчетную ширину полки. Так как h_f/h=6/35=0,17>0,1 ширину полки вычисляем по формуле

$b'_f = b_b + 2 \cdot \frac{l_1}{6} = 20 + 2 \cdot \frac{540}{6} = 200$ см, но не более $l_f = 180$ см и не более $(1/3) \cdot l_1$=540/3=180 см. Принимаем $b'_f = 180$ см.

Рабочая высота второстепенной балки

$h = h_0 - a = 35 - 5,5 = 29,5$ см.

3.2.1 Расчет прочности нормального сечения

При расчете по прочности расчетное поперечное сечение плиты принимается тавровым с полкой в сжатой зоне.

При расчете принимается вся ширина верхней полки $b'_f = 180$ см, так как

$$\frac{b'_f - b}{2} = \frac{180 - 20}{2} = 80 \text{ см} < \frac{1}{6} l_1 = \frac{1}{6} \cdot 540 = 90 \text{ см}.$$

Определяем положение нейтральной линии

Изгибающий момент, соответствующий $x = h'_f$

$$M_{c1} = \gamma_{b1} R_b b'_f h'_f \left(h_0 - 0{,}5h'_f\right) = 0{,}9 \cdot 8500 \cdot 1{,}8 \cdot 0{,}06 \cdot \left(0{,}295 - 0{,}5 \cdot 0{,}06\right) = 219\,\text{кНм},$$

M_1=41,42 кНм < M_{c1}=219 кНм, следовательно, нейтральная линия проходит в полке, и расчет ведется как для железобетонных элементов прямоугольного сечения с шириной 180 мм и h_o=29,5 см.

Сечение продольной арматуры

а) в первом пролете

$$\alpha_m = \frac{M_2}{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b'_f \cdot h_0^2} = \frac{4142}{0{,}9 \cdot 0{,}85 \cdot 180 \cdot 29{,}5^2} = 0{,}035 \rightarrow$$

$$\rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0{,}035} = 0{,}035 \rightarrow$$

Относительная деформация арматуры растянутой зоны $\varepsilon_{s,el}$, вызванная внешней нагрузкой при достижении в этой арматуре напряжения, равного R_s

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{415}{200\,000} = 0{,}00208;$$

Относительная деформация сжатого бетона $\varepsilon_{b,ult}$ при напряжениях, равных R_b, принимаемая равной 0,0035.

Значение ξ_R определяют по формуле

$$\xi_R = \frac{0{,}8}{1 + \dfrac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b,ult}}} = \frac{0{,}8}{1 + \dfrac{0{,}00208}{0{,}0035}} = 0{,}502 \qquad (2)$$

Проверяем условие $\xi \le \xi_R$, где ξ_R по формуле (2)

$\xi = 0{,}035 < \xi_R = 0{,}502$.

Площадь поперечного сечения арматуры определяем по формуле

$$A_{s1} = \frac{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b'_f \cdot \xi \cdot h_0}{R_s} = \frac{0{,}9 \cdot 0{,}85 \cdot 180 \cdot 0{,}035 \cdot 29{,}5}{35{,}5} = 4{,}05 \ \text{см}^2,$$

Принимаем 4 Ø 12 А400, A_{s1}=4,52 см^2 (по таблице 13 приложения к МУ).

б) во втором пролете

$$\alpha_m = \frac{M_2}{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b'_f \cdot h_0^2} = \frac{2817}{0{,}9 \cdot 0{,}85 \cdot 180 \cdot 29{,}5^2} = 0{,}024 \rightarrow$$

$$\rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,024} = 0,024 \rightarrow$$

Проверяем условие $\xi \leq \xi_R$, где ξ_R по формуле (2)

$\xi = 0,024 < \xi_R = 0,502$.

Площадь поперечного сечения арматуры определяем по формуле

$$A_{s2} = \frac{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b_f^{'} \cdot \xi \cdot h_0}{R_s} = \frac{0,9 \cdot 0,85 \cdot 180 \cdot 0,024 \cdot 29,5}{35,5} = 2,75 \text{ см}^2,$$

Принимаем 4 Ø 10 А400, $A_{s2} = 3,14 \text{см}^2$ (по таблице 13 приложения к МУ).

Над первой промежуточной опорой при однорядном армировании $a = 3\text{см}$, $h_0 = h - a = 35 - 3 = 32\,\text{см}$.

Так как сжатая зона расположена в нижней части балки, то расчет выполняем как для прямоугольного сечения с шириной b=20 см.

$$\alpha_m = \frac{M_B}{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b_b \cdot h_0^2} = \frac{3254}{0,9 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 32^2} = 0,208 \rightarrow$$

$$\rightarrow \xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,208} = 0,235 \rightarrow$$

Относительная деформация арматуры растянутой зоны $\varepsilon_{s,el}$, вызванная внешней нагрузкой при достижении в этой арматуре напряжения, равного R_s

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s} = \frac{415}{200\,000} = 0,00208;$$

Проверяем условие $\xi \leq \xi_R$, где ξ_R по формуле (2)

$\xi = 0,235 < \xi_R = 0,502$.

Площадь поперечного сечения арматуры определяем по формуле

$$A_{sB} = \frac{\gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b_b \cdot \xi \cdot h_0}{R_s} = \frac{0,9 \cdot 0,85 \cdot 20 \cdot 0,235 \cdot 32}{41,5} = 2,77 \text{ см}^2.$$

В качестве арматуры принимаются две рулонные сетки, раскатываемые вдоль главной балки. На одну сетку площадь составит

$$A_{sB(1)} = \frac{A_{sB}}{2} = \frac{2,77}{2} = 1,385 \text{ см}^2.$$

Число стержней диаметром 4 мм на расчетной полосе шириной 1м $n=\frac{A_{sB(1)}}{a_s}=\frac{1,385}{0,126}=10,99,$ принимаем число стержней n=11 шт. Шаг стержней на расчетной полосе $S=\frac{b}{n}=\frac{1000}{11}=90,9$мм. Принимаем шаг кратно 25 мм с округлением в меньшую сторону S=75 мм. Распределительные стержни принимаем Ø3 с шагом 250 мм. Подбираем две арматурные сетки С-3 (4В500-75/3В500-250). Количество стержней при шаге рабочих стержней 75 мм на рабочую полосу шириной 1 м составить n=100/75=13,33, принимаем n=14 штук, тогда площадь поперечного сечения рабочей арматуры одной сетки составит $A_{sB1}=n\cdot a_{sw}$=14·0,126=1,764 см^2, а двух сеток $A_{sB}=2\cdot A_{sB1}$=2·1,764=3,528 см^2.

Над средними опорами при однорядном армировании

$$\alpha_m=\frac{M_C}{\gamma_{b1}\cdot R_b\cdot b_b\cdot h_0^2}=\frac{2817}{0,9\cdot 0,85\cdot 20\cdot 32^2}=0,180\rightarrow$$

$$\rightarrow\xi=1-\sqrt{1-2\cdot\alpha_m}=1-\sqrt{1-2\cdot 0,180}=0,200\rightarrow$$

Проверяем условие $\xi\leq\xi_R$, где ξ_R по формуле (2) $\xi=0,2<\xi_R=0,502$.

Площадь поперечного сечения арматуры определяем по формуле

$$A_{sc}=\frac{\gamma_{b1}\cdot R_b\cdot b_b\cdot\xi\cdot h_0}{R_s}=\frac{0,9\cdot 0,85\cdot 20\cdot 0,2\cdot 32}{41,5}=2,36\ \text{см}^2,$$

В качестве арматуры принимаются две рулонные сетки, раскатываемые вдоль главной балки. На одну сетку площадь составит

$$A_{sc(1)}=\frac{A_{sc}}{2}=\frac{2,36}{2}=1,18\,\text{см}^2.$$

Число стержней диаметром 4 мм на расчетной полосе шириной 1 м $n=A_{sc(1)}/a_s$=1,18/0,126=9,4 см^2, принимаем число стержней n=10 шт. Шаг стержней на расчетной полосе S=b/n=1000/10=100 мм. Принимаем $S=100$мм. Площадь поперечного сечения рабочей арматуры на две сетки составит $A_{sc}=2\cdot n\cdot a_{sw}=2\cdot 10\cdot 0,126=2,52\,\text{см}^2$. Распределительные стержни принимаем Ø3 с шагом 250 мм. Подбираем две арматурные сетки С-4 (4В500-100/3В500-250).

Требование минимального армирования

$\mu = \frac{A_{s\min}}{b_b \cdot h_0} \cdot 100\% = \frac{2,52}{20 \cdot 29,5} \cdot 100 = 0,427\% > 0,1\%$, следовательно, условие выполняется.

Длина запуска арматуры за грань опоры принимается равной $10d$=10·10=100 мм, что меньше чем глубина опирания балки C_b=250 мм, следовательно, проскальзывание арматуры исключено.

3.2.2 Расчет прочности наклонного сечения балки

Расчет изгибаемых железобетонных элементов по бетонной полосе между наклонными сечениями производят из условия

Коэффициент, принимаемый равным φ_{b1}= 0,3 (СП 52-101-2004 п. 6.2.33).

$Q_{max} = Q_b^{л} = 53$кН $\leq \varphi_{b1} \cdot \gamma_{b1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0$=0,3·0,9·0,85·20·29,5= 135,4 кН, следовательно прочность на сжатие бетонной полосы между наклонными трещинами обеспечена.

Поперечная сила, воспринимаемая бетоном в наклонном сечении

Q_b=0,6·γ_{b1}· R_{bt} ·b· h_0=0,6·0,9·0,075·20·29,5=23,9 кН.

Проверяем условие Q_{max}=53 кН > Q_b=23,9 кН, следовательно поперечная арматура по расчету необходима для восприятия усилия Q_{sw} = Q_{max} - Q_b= 53 – 23,9 = 29,1 кН.

Погонное усилие в поперечной арматуре

$q_{sw} = \frac{Q_{sw}}{h_o} = \frac{29,1}{29,5} = 0,99$ кН/см > q_{sw}=0,2 $\gamma_{b1} \cdot R_{bt} \cdot b$=0,25·0,9·0,075·20=0,34 кН/см

Шаг поперечной арматуры на ¼ пролета балки принимаем S_1=10 см < 0,5h_o=0,5·29,5=14,75 см, на остальной части балки принимаем S_2=0,75h_o= 0,75· ·29,5 =22,13 см, то есть S_2=200 мм кратно 50 мм.

Площадь поперечного сечения хомутов (при числе каркасов в сечении n=2) $A_{sw} = \frac{q_{sw} \cdot S_{w1}}{R_{sw}} = \frac{0,99 \cdot 10}{30} = 0,33$см^2. Тогда a_{sw}=A_{sw}/n=0,33/2=0,165 см^2. Принимаем 2Ø5 В500, a_{sw}=0,196 см^2. A_{sw}= n· a_{sw}=2·0,196=0,392 см^2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Железобетонные и каменные конструкции [Электронный ресурс]: методические указания к практическим занятиям для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» /. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. - 41 с. - 2227-8397. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/72586.html

2. Кононов, Ю.И. Железобетонные и каменные конструкции. Монолитное железобетонное ребристое перекрытие с балочными плитами [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.И. Кононов, М.Ю. Кононова. - Электрон. текстовые данные. - СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2013. - 70 с. - 978-5-7422-4159-1. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/43944.html

3. Кузнецов, В.С. Железобетонные и каменные конструкции многоэтажных зданий [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.С. Кузнецов, Ю.А. Шапошникова. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. - 152 с. - 978-5-7264-1267-2. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/46045.html

4. Снегирева, А.И. Монолитные железобетонные конструкции. Пример расчета и конструирования монолитного балочного перекрытия с плитами, опертыми по контуру [Электронный ресурс]: учебное пособие /А.И. Снегирева, В.Г. Мурашкин. - Электрон. текстовые данные. - Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2010. - 104 с. - 978-5-9585-0377-3. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/20480.html

5. Тамразян, А.Г. Железобетонные и каменные конструкции. Специальный курс [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.Г. Тамразян. - 2-е изд. - Электрон. текстовые данные. - М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2018. - 732 с. - 978-5-7264-1812-4. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/75967.html

6. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. М.: МСиЖКХ РФ, 2016.

7. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М.: ФГУП ЦПП, 2004.

8. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. М: Минстрой России. – 2012.-163с.

9. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. М.: ФГУП ЦПП, 2005.

10. СП 52-102-2004. Предварительно напряженные железобетонные конструкции. М.: ФГУП ЦПП, 2005.

11. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры (к СП 52-101-2003). М.: ФГУП ЦПП, 2005.

12. Пособие по проектированию предварительно напряженных железобетонных конструкций из тяжелого бетона (к СП 52-101-2003). М.: ФГУП ЦПП, 2005.

13. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица 1 - Минимальный класс бетона элементов с предварительно напряженной арматурой

При арматуре классов:	Класс бетона не ниже
А540-А800	В20
А1000	В30
При арматуре классов:	
Вр1200, Вр1300	В30
Вр1400, Вр1500	В20
К1400,К1500	В30

Приложение 2

Таблица 2 - Предельно допустимая ширина раскрытия трещин

Для элементов, к которым не предъявляются требования непроницаемости, значения $a_{crc,ult}$ принимают равными:		
При арматуре	При продолжительном раскрытии трещин, мм	При непродолжительном раскрытии трещин, мм
А240-А600, В500	0,3	0,4
А800; А1000; Вр1200-Вр1400; К1400; К1500 (К-19); К1500 (К-7) диаметром 12 мм	0,2	0,3
Вр1500; К1500 (К-7) диаметром 6 и 9 мм	0,1	0,2

Приложение 3

Таблица 3 - Нормативные и расчетные значения сопротивления бетона соответственно для I и II предельных состояний

Вид сопротивления	Нормативные значения сопротивления бетона $R_{b,n}$ и $R_{bt,n}$ и расчетные значения сопротивления бетона для предельных состояний второй группы $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$, МПа, при классе бетона по прочности на сжатие									
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Сжатие осевое (призменная прочность) $R_{b,n}$, $R_{b,ser}$	11,0	15,0	18,5	22,0	25,5	29,0	32,0	36,0	39,5	43,0
Растяжение осевое $R_{bt,n}$, $R_{bt,ser}$	1,1	1,35	1,55	1,75	1,95	2,1	2,25	2,45	2,6	2,75

Приложение 4

Таблица 4 - Расчетные значения сопротивления бетона для I группы предельных состояний

Вид сопротивления	Расчетные значения сопротивления бетона для предельных состояний первой группы R_b и R_{bt} МПа, при классе бетона по прочности на сжатие									
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Сжатие осевое (призменная прочность) R_b	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
Растяжение осевое R_{bt}	0,75	0,9	1,05	1,15	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8

Приложение 5

Таблица 5 - Значения начального модуля упругости бетона

Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении E_b, при классе бетона по прочности на сжатие									
B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
24000	27500	30000	32500	34500	36000	37000	38000	39000	39500

Приложение 6

Таблица 6 - Значения коэффициента ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$

Относительная влажность воздуха окружающей среды, %	Значения коэффициента ползучести $\varphi_{b,cr}$ при классе бетона на сжатие									
	B15	B20	B25	B30	B35	B40	B45	B50	B55	B60
Выше 75	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
40-75	3,4	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
Ниже 40	4,8	4,0	3,6	3,2	3,0	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0

Приложение 7

Таблица 7 - Относительные деформации бетона при длительном действии нагрузки

Относительная влажность воздуха окружающей среды, %	Относительные деформации бетона при продолжительном действии нагрузки					
	при сжатии			при растяжении		
	$\varepsilon_{b0}\cdot10^3$	$\varepsilon_{b2}\cdot10^3$	$\varepsilon_{b1,red}\cdot10^3$	$\varepsilon_{bt0}\cdot10^3$	$\varepsilon_{bt2}\cdot10^3$	$\varepsilon_{bt1,red}\cdot10^3$
Выше 75	3,0	4,2	2,4	0,21	0,27	0,19
40-75	3,4	4,8	2,8	0,24	0,31	0,22
Ниже 40	4,0	5,6	3,4	0,28	0,36	0,26

Приложение 8

Таблица 8 - Нормативные и расчетные значения сопротивления арматуры

Класс арматуры	Номинальный диаметр арматуры, мм	Нормативные значения сопротивления растяжению $R_{s,n}$ и расчетные значения сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{s,ser}$, МПа
А240	6-40	240
А300	6-40	300
А400	6-40	400
А500	10-40	500
А600	10-40	600
А800	10-32	800
А1000	10-32	1000
В500	3-12	500
Вр1200	8	1200
Вр1300	7	1300
Вр1400	4; 5; 6	1400
Вр1500	3	1500
К1400(К-7)	15	1400
К1500(К-7)	6; 9; 12	1500
К1500(К-19)	14	1500

Приложение 9

Таблица 9 - Расчетные значения сопротивления арматуры

Класс арматуры	Расчетные значения сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа		
	растяжению R_s	растяжению поперечной (хомутов и отогнутых стержней) R_{sw}	сжатию R_{sc}
А240	215	170	215
А300	270	215	270
А400	355	285	355
А500	435	300	435(400*)
В500	415	300	415(360*)
А600	520	**	470(400*)
А800	695	**	500(400*)
А1000	830	**	500(400*)
Вр1200	1000	**	500(400*)
Вр1300	1070	**	500(400*)
Вр1400	1170	**	500(400*)
Вр1500	1250	**	500(400*)
К1400	1170	**	500(400*)
К1500	1250	**	500(400*)

Примечания:

* - Значения R_{sc} в скобках используют только при расчете на кратковременное действие нагрузки.

** - Расчетные значения сопротивления хомутов и отогнутой поперечной арматуры классов А600-А1000, Вр1200-Вр1500 и канатной R_{sw} принимают не более $0{,}8\sigma_{sp}$ (с учетом всех потерь) и не более 300 МПа. В расчетах принимают большее из указанных значений.

Приложение 10

Таблица 10 - Значения модуля упругости арматуры

Класс арматуры	Значения модуля упругости E_s, МПа (кгс/см^2)
Арматурные канаты	180 000 (1 800 000)
Арматура классов **А** и **В**	200 000 (2 000 000)

Приложение 11

Таблица 11 - Значения ξ, ζ, α_m

ξ	ζ	α_m	ξ	ζ	α_m	ξ	ζ	α_m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,01	0,995	0,01	0,26	0,870	0,226	0,51	0,745	0,380
0,02	0,990	0,02	0,27	0,865	0,234	0,52	0,740	0,385
0,03	0,985	0,03	0,28	0,860	0,241	0,53	0,735	0,390
0,04	0,980	0,039	0,29	0,855	0,248	0,54	0,730	0,394
0,05	0,975	0,049	0,30	0,850	0,255	0,55	0,725	0,399
0,06	0,970	0,058	0,31	0,845	0,262	0,56	0,720	0,403
0,07	0,965	0,068	0,32	0,840	0,269	0,57	0,715	0,407
0,08	0,960	0,077	0,33	0,835	0,276	0,58	0,710	0,412
0,09	0,955	0,086	0,34	0,830	0,282	0,59	0,705	0,416
0,10	0,950	0,095	0,35	0,825	0,289	0,60	0,700	0,420
0,11	0,945	0,104	0,36	0,820	0,295	0,62	0,690	0,428
0,12	0,940	0,113	0,37	0,815	0,302	0,64	0,680	0,435
0,13	0,935	0,122	0,38	0,810	0,308	0,66	0,670	0,442
0,14	0,930	0,130	0,39	0,805	0,314	0,68	0,660	0,449
0,15	0,925	0,139	0,40	0,800	0,320	0,70	0,650	0,455
0,16	0,920	0,147	0,41	0,795	0,326	0,72	0,640	0,461
0,17	0,915	0,156	0,42	0,790	0,332	0,74	0,630	0,466
0,18	0,910	0,164	0,43	0,785	0,338	0,76	0,620	0,471
0,19	0,905	0,172	0,44	0,780	0,343	0,78	0,610	0,476

ξ	ζ	α_m	ξ	ζ	α_m	ξ	ζ	α_m
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,20	0,900	0,180	0,45	0,775	0,349	0,80	0,600	0,480
0,21	0,895	0,188	0,46	0,770	0,354	0,85	0,575	0,489
0,22	0,890	0,196	0,47	0,765	0,360	0,90	0,550	0,495
0,23	0,885	0,204	0,48	0,760	0,365	0,95	0,525	0,499
0,24	0,880	0,211	0,49	0,755	0,370	1,00	0,500	0,500
0,25	0,875	0,219	0,50	0,750	0,375			

Приложение 12

Таблица 12 - Значение ξ_R, α_R

Класс арматуры	А240	А300	А400	А500	В500
Значение ξ_R	0,612	0,572	0,531	0,493	0,502
Значение α_R	0,425	0,411	0,390	0,372	0,376

Приложение 13

Таблица 13 - Расчетные площади поперечных сечений и масса арматуры

Диаметр стержня, мм	Расчетная площадь поперечного стержня, см^2, при числе стержней										Масса 1м длины, кг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	0,071	0,141	0,21	0,283	0,353	0,424	0,495	0,565	0,636	0,710	0,052
4	0,126	0,251	038	0,502	0,628	0,754	0,879	1,01	1,13	1,260	0,092
5	0,196	0,393	0,59	0,785	0,982	1,178	1,375	1,571	1,767	1,960	0,144
6	0,283	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,830	0,222
8	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,53	5,030	0,395
10	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,850	0,617
12	1,131	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	0,888

Диаметр стержня, мм	Расчетная площадь поперечного стержня, см^2, при числе стержней										Масса 1м длины, кг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	1,539	3,08	4,62	6,16	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	15,39	1,208
16	2,011	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	1,578
18	2,545	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45	1,998
20	314,2	6,28	9,42	12,56	15,71	18,85	21,99	25,13	28,28	31,42	2,466
22	3,801	7,60	11,40	15,20	19,00	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	2,984
25	4,909	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	3,84
28	6,158	12,32	18,47	24,63	30,79	36,85	43,10	49,26	55,42	61,58	4,83
32	8,043	16,09	24,13	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38	80,43	6,31
36	10,179	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	101,8	7,99
40	12,566	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,5	113,1	125,7	9,865
45	15,904	31,81	47,71	63,62	79,52	95,42	111,3	127,2	143,1	159,0	12,49
50	19,635	3927	58,91	78,54	98,18	117,8	137,5	157,1	176,7	196,4	15,41
55	23,76	47,52	71,28	95,04	118,8	142,6	166,3	190,1	213,8	237,6	18,65
60	28,27	56,54	84,81	113,1	141,4	169,6	197,9	226,2	254,4	282,7	22,19
70	38,48	76,96	115,4	153,9	192,4	230,9	269,4	307,8	346,3	384,8	30,46

Приложение 14

Таблица 14 - Сортамент арматуры

Диаметр, мм	Стержневая арматура классов							Проволочная арматура классов				
	А300	А400	А500	А540	А600	А800	А1000	В500	$В_р1200$	$В_р1300$	$В_р1400$	$В_р1500$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+
4	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
5	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-
6	-	+	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-
7	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
8	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
10	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
12	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
14	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
16	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
18	+	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
20	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
22	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
25	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
28	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
32	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
36	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
40	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
45	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
55	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Приложение 15

Таблица 15 - Расчетные площади арматурных канатов

Класс каната	Диаметр, мм	Масса 1 м, кг	Расчетная площадь поперечного сечения арматурных канатов, см^2, при их числе				
			1	2	3	4	5
К-7	6	0,173	0,227	0,454	0,681	0,908	1,135
	9	0,402	0,510	1,020	1,530	2,040	2,550
	12	0,714	0,906	1,812	2,718	3,624	4,530
	15	1,116	1,416	2,832	4,248	5,664	7,080
К-19	14	1,014	1,287	2,574	3,861	5,148	6,435

Класс каната	Диаметр, мм	Масса 1 м, кг	Расчетная площадь поперечного сечения арматурных канатов, см^2, при их числе				
			6	7	8	9	10
К-7	6	0,173	1,362	1,589	1,816	2,043	1,730
	9	0,402	3,060	3,570	4,080	4,590	4,020
	12	0,714	5,436	6,342	7,248	8,154	7,140
	15	1,116	8,496	9,912	11,33	12,744	11,16
К-19	14	1,014	7,722	9,009	10,296	11,583	10,14

Приложение 16

Таблица 16 - Соотношения между диаметрами свариваемых стержней и минимальное расстояние между стержнями в сварных сетках и каркасах, изготовляемых с помощью контактной точечной сварки

Диаметр стержня одного направления, мм	3	6	8	10	12	14	16	18
Наименьший допустимый диаметр стержня другого направления, мм	3	3	3	3	3	4	4	5
Наименьшее допустимое расстояние между осями стержней одного направления, мм	50	50	75	75	75	75	75	100
Наименьшее допустимое расстояние между осями продольных стержней при двухрядном их расположении, мм	-	30	30	30	40	40	40	40

Диаметр стержня одного направления, мм	20	22	25	28	32	36	40
Наименьший допустимый диаметр стержня другого направления, мм	3	3	3	3	3	4	4
Наименьшее допустимое расстояние между осями стержней одного направления, мм	50	50	75	75	75	75	75
Наименьшее допустимое расстояние между осями продольных стержней при двухрядном их расположении, мм	-	30	30	30	40	40	40

Приложение 17

Таблица 17 - Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий

№ п/п	Материал	Плотность ρ_0, кг/м^3
1	2	3
1	Пенополистирол	150
2	То же	100
3	То же	40
4	Пенополиуретан	80
5	То же	60
6	То же	40
7	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880)	125
8	То же	100
9	То же	75
10	Плиты минераловатные повышенной жесткости на органофосфатном связующем	200
11	То же	150
12	Маты из стеклянного штапельного волокна «URSA»	85
13	То же	25
14	То же	17
15	То же	15
16	То же	11
17	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	1050
18	То же	800
19	Гравий керамзитовый	600
20	То же	500
21	То же	450

№ п/п	Материал	Плотность ρ_0, кг/м^3
1	2	3
22	То же	400
23	То же	350
24	То же	300
25	То же	250
26	Песок для строительных работ	1600
27	Керамзитобетон на керамзитовом песке	1800
28	То же	1600
29	То же	1400
30	То же	1200
31	То же	1000
32	То же	800
33	То же	600
34	То же	500
35	Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200
36	То же	1000
37	То же	800
38	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000
39	То же	800
40	Кирпич глиняный обыкновенный	1800
41	То же	1700
42	То же	1600
43	Кирпич силикатный на цементно-песчаном растворе	1800
44	Кирпич керамический пустотный	1600
45	То же	1400
49	То же	1200

№ п/п	Материал	Плотность ρ_0, кг/м^3
1	2	3
46	Кирпич силикатный одиннадцати пустотный	1500
47	Кирпич силикатный четырнадцати пустотный	1400
48	Сосна и ель поперек волокон	500
49	То же	500
50	Дуб поперек волокон	700
51	То же	700
52	Фанера клееная	600
53	Железобетон)	2500
54	Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400
55	Бетон на легких заполнителях	800
56	Раствор цементно-песчаный	1800
57	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700
58	Раствор известково-песчаный	1600
59	Битумы нефтяные строительные и кровельные	1200
60	То же	1000
61	Асфальтобетон	2100
62	Рубероид, пергамин, толь	600
63	Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе	1800
64	То же	1600
65	То же	1400
66	Керамическая плитка	1700
67	Сталь стержневая арматурная	7850
68	Стекло оконное	2500

СЕВЕРО-КАВКАЗСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ

БАЙРАМУКОВ Салис Хамидович,
доктор технических наук, профессор

МЕКЕРОВ Борис Азретович,
Кандидат технических наук, доцент

РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ

Редактор:
Компьютерная верстка: С. Х. Байрамуков

Сдано в набор 21.01.2019 г.
Подписано к печати 24.01.2019 г.
Бумага офсетная
Формат 60х84 1/16
Печ. л. 0,76. Заказ
Тираж

БИЦ СКГА.
369000. КЧР, г. Черкесск, ул. Ставропольская, 36