

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

СБОРНЫЕ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ МНОГОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Методические указания
для самостоятельной работы

Под общей редакцией доктора технических наук,
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2014

УДК 624.12(075.8)

ББК 39я73

С23

*Методические указания подготовлены в рамках проекта
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки
высококвалифицированных кадров для строительной отрасли»
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –
«Кадры для регионов»)*

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, И.Т. Мирсяпов

Сборные плиты перекрытия многоэтажного промышленного
С23 здания: метод. указания для самостоятельной работы / Н.Н. Ласьков, Р.Р. Васильев; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 20 с.

Рассматриваются цели и задачи дисциплины “Железобетонные и каменные конструкции”, объём учебного времени, рабочая программа дисциплины. Приведен список учебно-методической и справочно-нормативной литературы.

Направлено на овладение культурой мышления, развитие способностей к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; способностей выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать их для решения соответствующий физико-математический аппарат; умение логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь.

Методические указания подготовлены на кафедре «Строительные конструкции» и базовой кафедре ПГУАС при ЗАО «Спецстроймеханизация» и предназначены в помощь слушателям по переподготовке кадров по программе 08.03.01 «Строительство» “Промышленное и гражданское строительство” в самостоятельной работе над учебниками, учебными пособиями и нормативно-справочной литературой при выполнении курсового и дипломного проектов.

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2014

© Ласьков Н.Н., Васильев Р.Р., 2014

1. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Основным методом изучения курса “Железобетонные и каменные конструкции”, является самостоятельная работа студента. Чтобы составить представление об объёме курса, студенту необходимо ознакомиться с содержанием программы, методическими указаниями и списком рекомендуемой литературы.

Приступая к изучению новой темы, следует прочитать по учебнику соответствующий материал, тщательно в нём разобраться, понять предлагаемые формулировки и расчётные формулы.

Для лучшего усвоения изучаемого материала рекомендуется составлять краткий конспект прочитанного, где студент сможет отмечать и все неясные для него вопросы.

После проработки теоретического материала студент приступает к работе над курсовым проектом.

Оформление курсового проекта

Расчётно-пояснительная записка должна быть написана на одной стороне стандартного листа бумаги А4 (210×297) чётким почерком, чернилами без поправок и помарок с обрамляющей линией сверху, снизу и справа на расстоянии 5мм от края, а слева 20мм от края листа. В правом нижнем углу листа размещается штамп в соответствии с требованиями ЕСКД.

В составе расчётно-пояснительной записки кроме необходимых расчётов, схем и рисунков входят листы с содержанием расчётно-пояснительной записки и список используемой литературы.

На обложке расчётно-пояснительной записки указываются: наименование проекта, институт, факультет, кафедра, фамилии и инициалы студента и руководителя проекта, а также шифр задания.

Оформление чертежей на листах формата А3 выполняется в составе с требованиями ЕСКД.

Защита курсового проекта

Студент обязан выполнить курсовой проект и защитить его в сроки, предусмотренные графиком учебного процесса. Защита проекта разрешается после выполнения его в полном объёме, предусмотренном заданием. Защита производится перед комиссией, состоящей из преподавателей кафедры, и заключается в кратком докладе студента по выполненному проекту и ответов его на вопросы.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА СБОРНЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ МНОГОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ

Работу над курсовым проектом следует начинать с изучения здания, исходных данных и рекомендуемой литературы.

Состав задания на выполнение курсового проекта

Для выполнения курсового проекта каждому студенту преподаватель выдаёт шифр задания. На основании шифра студент по таблице 1 определяет необходимые исходные данные для разработки курсового проекта.

Состав и объём курсового проекта

Курсовой проект должен содержать подробную расчётно-пояснительную записку и чертежи.

Расчётно-пояснительная записка на 20-25 листах следующего содержания:

- а) компоновка конструктивной схемы железобетонного перекрытия многоэтажного здания рамно-связевой системы в сборном варианте;
- б) расчёт и конструирование предварительно напряжённой сборной пустотной или ребристой плиты перекрытия;

Графическая часть проекта выполняется на листах формата А3 и содержит:

- а) план сборного перекрытия;
- б) поперечный разрез здания;
- г) рабочие чертежи сборной плиты перекрытия и арматурных изделий;
- д) спецификации арматуры;
- е) ведомость расхода стали.

Таблица 1

Номер горизонтальной строки	Размер здания, м	Сетка колонн, м	Высота этажа Н, м	Кол-во этажей, шт.	Временная нагрузка на перекрытие	Тип сборной плиты перекрытия	Класс бетона сборной плиты перекрытия	Класс предварительно напрягаемой арматуры сборной плиты	Способ натяжной арматуры плитного перекрытия	Сечение сборного ригеля	Конструкция соли сборной колонны	Расчётное сопротивление грунта R ₀ , МПа	Снеговой район
	А	А	Б	В	Г	Г	Д	Д	Д	Г	Г	Б	В
1	16,8x51,2	4,2x6,4	3,6	4	4,6	1	В-15	А-IV	1	3	2	0,23	II
2	25,6x54	6,4x5,4	3,8	4	4,9	2	В-20	А-V	2	1	2	0,24	II
3	28,8x59,4	7,2x6,6	3,2	5	6,2	3	В-20	А-V	1	1	1	0,25	II
4	22x56	5,5x8,0	3,4	5	5,0	1	В-20	А-V	2	1	1	0,26	III
5	24x60	8,0x6,0	4,2	5	4,4	2	В-25	А-IV	1	3	2	0,27	III
6	24x57,6	6x7,2	4,4	6	6,8	3	В-15	А-V	2	2	1	0,28	III
7	23,4x54,4	7,8x6,8	4,6	6	4,3	1	В-20	А-V	1	3	2	0,29	IV
8	19,2x56	4,8x8	5,0	6	4,5	2	В-25	А-V	2	1	2	0,30	IV
9	25,2x55,8	8,4x6,2	5,2	7	7,2	3	В-15	А-IV	1	2	1	0,31	IV
0	22,5x59,4	7,5x6,6	5,4	7	4,2	2	В-25	А-V	2	3	2	0,32	IV

Примечание:

- 1) Тип сечения сборной предварительно напряжённой плиты перекрытия: 1 – с круглыми пустотами; 2 – с овальными пустотами; 3 – ребристая.
- 2) Способ натяжения предварительно напрягаемой арматуры плиты: 1 – электротермический; 2 – механический.
- 3) Сечение сборного ригеля: 1 – прямоугольное; с полкой в сжатой зоне; 3 – с полкой в растянутой зоне.
- 4) Конструкция консоли сборной колонны: 1 – короткая консоль с втулками; 2 – короткая прямоугольная консоль.
- 5) Каркас бетона и рабочей арматуры колонны, ригеля, фундамента и монолитного перекрытия принять самостоятельно.

3. РАСЧЁТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЁННОЙ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ С ОВАЛЬНЫМИ ПУСТОТАМИ

На рис. 1 приведен фрагмент компоновки сборного перекрытия здания.

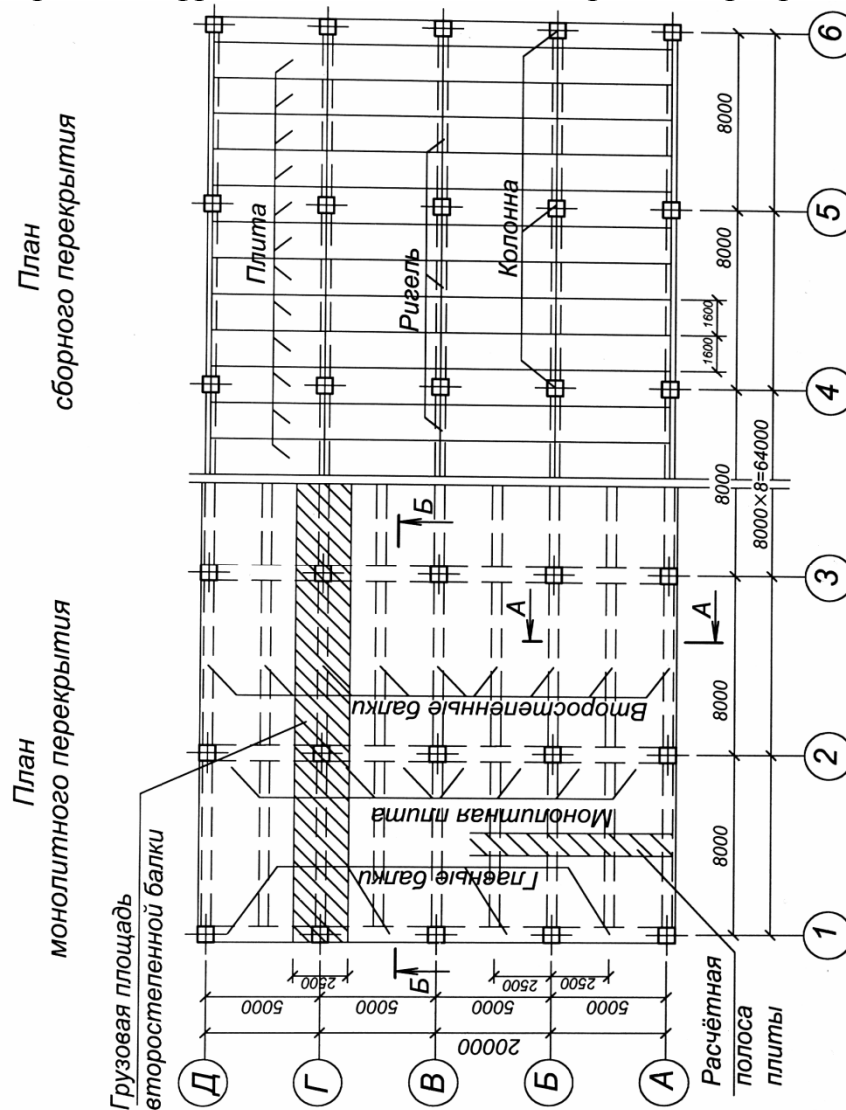


Рис.1. Фрагмент плана компоновки перекрытия здания.

В соответствии с принятой компоновкой сборного перекрытия плита имеет размеры $l = 5 \text{ м}$; $b = 1,6 \text{ м}$.

Расчётный пролёт и нагрузки

Для установления расчетного пролёта плиты предварительно задаёмся

$$\text{размерами ригеля } h = \frac{1}{12} l_{\text{риг.}} = \frac{1}{12} \cdot 800 \approx 60 \text{ см}; b = \frac{h}{2} = 30 \text{ см}$$

При опирании на ригель поверху расчетный пролёт плиты перекрытия

$$l_0 = l_{нл.} - \frac{b}{2} = 500 - \frac{30}{2} = 485 \text{ см} = 4,85 \text{ м}$$

Т а б л и ц а 2

Нагрузки на 1 м^2 перекрытия

Нагрузки	Нормативная $H/\text{м}^2$	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Расчетная $H/\text{м}^2$
ПОСТОЯННАЯ			
– собственный вес плиты с овальными пустотами	2500	1,1	2750
– слой цементного раствора $\delta = 20 \text{ мм}$ ($\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$)	440	1,3	572
– керамических плитки $\delta = 13 \text{ мм}$ ($\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$)	240	1,1	264
Итого: $g =$	3180	-	3586
ВРЕМЕННАЯ $v =$			
В том числе:	4500	1,2	5400
Длительная (70 %)	3150	1,2	3780
Кратковременная (30 %)	1350	1,2	1620
ПОЛНАЯ	7680		8986
В том числе:			
Постоянная и длительная	6330		7366
Кратковременная	1350		1620

Расчетная нагрузка на 1 м длины при ширине плиты $1,6 \text{ м}$ с учетом коэффициента надежности по назначению здания $\gamma_n = 0,95$.

– постоянная $g = 3,586 \cdot 1,6 \cdot 0,95 = 5,45 \text{ кН/м}$

– временная $v = 5,4 \cdot 1,6 \cdot 0,95 = 8,21 \text{ кН/м}$

– полная $(g+v) = 5,45 + 8,21 = 13,66 \text{ кН/м}$

Нормативная нагрузка на 1 м длины.

– постоянная $g^H = 3,18 \cdot 1,6 \cdot 0,95 = 4,83 \text{ кН/м}$

– временная $v^H = 4,50 \cdot 1,6 \cdot 0,95 = 6,84 \text{ кН/м}$

– полная $(g^H + v^H) = 4,83 + 6,84 = 11,64 \text{ кН/м}$

– в том числе постоянная и длительная: $6,33 \cdot 1,6 \cdot 0,95 = 9,62 \text{ кН/м}$

Усилия от расчётных и нормативных нагрузок:

От расчетной нагрузки:

$$M = (g + v) \cdot \frac{l_0^2}{8} = 13,66 \cdot \frac{4,85^2}{8} = 40,16 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$Q = (g + v) \cdot \frac{l_0}{2} = 13,66 \cdot \frac{4,85}{2} = 33,13 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

От нормативной нагрузки:

– полной: $M = 11,64 \cdot \frac{4,85^2}{8} = 34,23 \text{ кН} \cdot \text{м};$

– постоянной и длительной: $M = 9,62 \cdot \frac{4,85^2}{8} = 28,29 \text{ кН} \cdot \text{м};$

– кратковременной: $M = 1,350 \cdot \frac{4,85^2}{8} = 3,97 \text{ кН} \cdot \text{м};$

Установление размеров сечений плиты.

Высота сечения плиты $h \approx \frac{l_0}{30} \approx \frac{485}{30} \approx 16 \text{ см}$

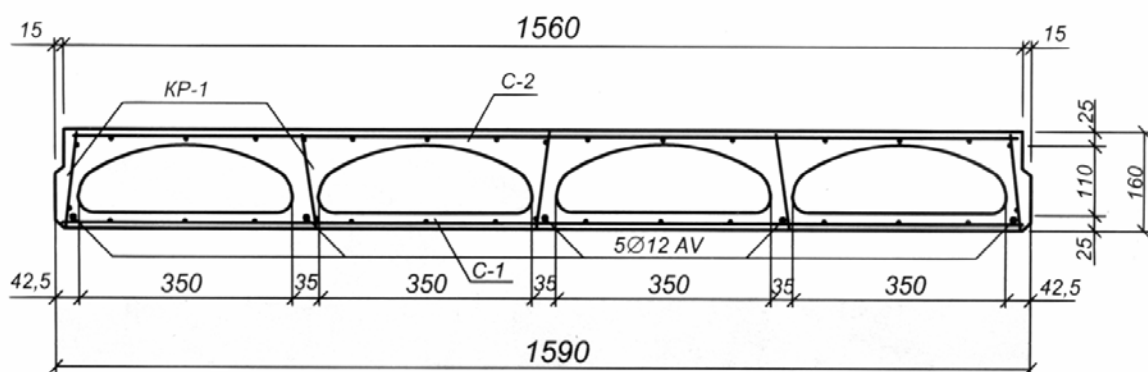


Рис. 2. Поперечное сечение плиты.

Рабочая высота сечения $h_0 = h - a = 16 - 3 = 13 \text{ см}$

Размеры: толщина верхней и нижней полок по 2,5 см.

Ширина ребер: средних по 3,5 см; крайних по 42,5 см.

В расчетах по предельным состояниям первой группы расчетное сечение:

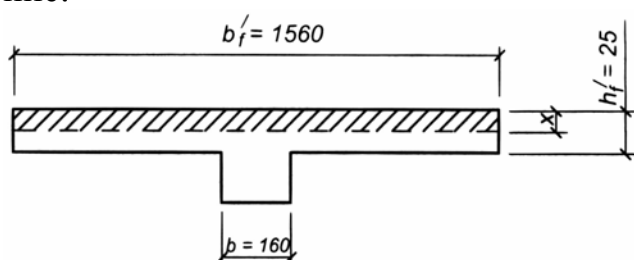


Рис. 3. Расчётное сечение плиты к расчёту по прочности

Расчётная ширина ребра:
 $b = 1560 - 4 \cdot 350 = 160 \text{ мм}$

При $\frac{h_f'}{h} = \frac{25}{160} = 0,156 > 0,1$ – в расчёт вводится вся ширина полки $b_f' = 1560 \text{ мм}$.

Характеристики прочности бетона и арматуры.

Бетон тяжелый, класса В-30.

$$R_b = 17 \text{ МПа}; R_{bn} = R_{b,ser} = 22 \text{ МПа} \quad E_b = 29 \cdot 10^3 \text{ МПа}$$

$$R_{bt} = 1,2 \text{ МПа}; R_{btm} = R_{bt,ser} = 1,8 \text{ МПа} \quad \gamma_{b2} = 0,9$$

Продольная арматура класса А-V

$$R_s = 680 \text{ МПа}; R_{sn} = 785 \text{ МПа}; E_s = 190000 \text{ МПа}.$$

Предварительное напряжение арматуры принимают равным:

$$\sigma_{sp} = 0,75 \cdot R_{sn} = 0,75 \cdot 785 = 589 \text{ МПа}$$

Проверяем выполнение условия:

$$\sigma_{sp} + P \leq R_{sn}; \sigma_{sp} - P \geq 0,3R_{sn};$$

где $P = 0,05 \cdot \delta_{sp}$ – при механическом способе натяжения:

$$P = 0,05 \cdot 589 = 29 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{sp} + P = 589 + 29 = 618 \text{ МПа} < R_{sn} = 785 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{sp} - P = 589 - 29 = 560 \text{ МПа} < 0,3R_{sn} = 0,3 \cdot 785 = 236 \text{ МПа}$$

Условие выполняется.

Определяем предельное отклонение предварительного напряжения при механическом способе натяжения $\Delta\gamma_{sp} = 0,1$

$$\text{Коэффициент точности натяжения } \gamma_{sp} = 1 - \Delta\gamma_{sp} = 1 - 0,1 = 0,9.$$

При проверке по образованию трещин в верхней зоне при обжатии

$$\gamma_{sp} = 1 + 0,1 = 1,1.$$

Предварительное напряжение с учетом точности натяжения:
 $\sigma_{sp} = 0,9 \cdot 589 = 530 \text{ МПа}$

Расчет прочности плиты по сечению, нормальному к продольной оси

$M = 40,16 \text{ кН}\cdot\text{м}$. Сечение тавровое с полкой в сжатой зоне.

$$\alpha_m = \frac{M}{R_b \cdot b_f \cdot h_0^2} = \frac{40,16 \cdot 10^5}{0,9 \cdot 17(100) \cdot 156 \cdot 13^2} = 0,1$$

По табл. 3.1 [1] – $\xi = 0,1$; $\zeta = 0,948$

$x = \xi \cdot h_0 = 0,1 \cdot 13 = 1,3 < h'_f = 2,5 \text{ см}$ – нейтральная ось проходит в пределах сжатой полки, сечение рассчитывается как прямоугольное.

Характеристика сжатой зоны:

$$\omega = 0,85 - 0,008 \cdot R_b = 0,85 - 0,008 \cdot 0,9 \cdot 17 = 0,728$$

Граничная высота сжатой зоны:

$$\xi_R = \frac{\omega}{1 + \frac{\sigma_{SR}}{500} \cdot \left(1 - \frac{\omega}{1,1}\right)} = \frac{0,728}{1 + \frac{550}{500} \cdot \left(1 - \frac{0,728}{1,1}\right)} = 0,531;$$

где

$$\sigma_{SR} = R_s + \varepsilon_{02} \cdot E_s - \sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp} = 680 + 400 - 530 - 0 = 550 \text{ МПа};$$

Коэффициент условий работы, учитывающий сопротивление напрягаемой арматуры выше условного предела текучести:

$$\gamma_{S6} = \eta - (\eta - 1) \cdot \left(\frac{2\xi}{\xi_R} - 1 \right) = 1,15 - (1,15 - 1) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,1}{0,531} - 1 \right) = 1,24 > \eta = 1,15;$$

$\eta = 1,15$ – для арматуры класса А-V, принимаем $\gamma_{S6} = \eta = 1,15$.

Вычисляем площадь сечения растянутой арматуры:

$$A_S = \frac{M}{\gamma_{S6} \cdot R_S \cdot \zeta \cdot h_0} = \frac{40,16 \cdot 10^5}{1,15 \cdot 680 \cdot 0,948 \cdot 13 \cdot (100)} = 4,17 \text{ см}^2$$

Принимаем $5\varnothing 12$ А-V с $A_S = 5,65 \text{ см}^2$.

(площадь принята с учётом конструктивных требований установки напрягаемой арматуры на расстоянии не более 60 см между осями стержней)

Арматуру $\varnothing 12$ А-V устанавливаем в каждом ребре плиты.

Расчет прочности панели по сечению, наклонному к продольной оси

1. Влияние усилия обжатия: $N = P_2 = 192891 \text{ Н}$ (P_2 из расчёта по п.8).

$$\varphi_n = \frac{0,1 \cdot N}{R_{bt} \cdot b \cdot h_0} = \frac{0,1 \cdot 192891}{1,2(100) \cdot 16 \cdot 13} = 0,77 > 0,5$$

Принимаем $\varphi_n = 0,5$.

2. Проверяем, требуется ли поперечная арматура по расчету:

Условие

$$Q_{\max} = 33,13 \text{ кН} \leq 2,5 \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0 = 2,5 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot (100) \cdot 16 \cdot 13 =$$

$$= 56,13 \cdot 10^3 \text{ Н} = 56,13 \text{ кН} \quad \text{— удовлетворяется}$$

$$\text{При } q_1 = g + \frac{\vartheta}{2} = 5,45 + \frac{8,21}{2} = 9,56 \frac{\text{кН}}{\text{м}} = 95,6 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$$

$c = 2,5 \cdot h_0 = 2,5 \cdot 13 = 32,5 \text{ см}$ – это расстояние от вершины наклонного сечения до опоры.

4. Проверяем второе условие

$$Q \leq \frac{\varphi_{b4} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{c}$$

$$Q = 33,13 \text{ кН} > \frac{1,5 \cdot 0,9 \cdot 1,2(100) \cdot 16 \cdot 13^2}{32,5} = 13478 \text{ Н} = 13,5 \text{ кН}$$

Условие не выполняется, требуется расчёт поперечной арматуры.

На приопорных участках длиной $\frac{l}{4}$ устанавливаем в каждом ребре между пустотами стержни $\varnothing 5$ Вр-1с шагом

$$s = \frac{h}{2} = \frac{160}{2} = 80 \text{ мм}.$$

$$A_{sw} = 5 \cdot 0,196 = 0,98 \text{ см}^2; R_{sw} = 260 \text{ МПа};$$

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s} = \frac{260 \cdot (100) \cdot 0,63}{8} = 3185 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$$

Влияние свесов сжатых полок (при 5 ребрах):

$$\varphi_f = 5 \cdot 0,75 \cdot \left(3 \cdot h'_f \right) \frac{h'_f}{b \cdot h_0} = \frac{5 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 2,5 \cdot 2,5}{16 \cdot 13} = 0,34 < 0,5$$

7. $1 + \varphi_n + \varphi_f = 1 + 0,5 + 0,34 = 1,84 > 1,5$ принимаем 1.5

8. $Q_{b,\min} = \varphi_{b3} \cdot (1 + \varphi_n + \varphi_f) R_{bt} \cdot b \cdot h_0 = 0,6 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot (100) \cdot 16 \cdot 13 = 20,2 \cdot 10^3 \text{ Н}$

9. Условие $q_{sw} = 3185 \frac{\text{Н}}{\text{см}} > \frac{Q_{b,\min}}{2h_0} = \frac{20,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 13} = 777 \frac{\text{Н}}{\text{см}}$ – удовлетворяется.

10. Требование

$$S_{\max} = \frac{\varphi_{b4} \cdot R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2}{Q_{\max}} = \frac{1,5 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot (100) \cdot 16 \cdot 13^2}{33,13 \cdot 10^3} = 13 \text{ см} > S = 8 \text{ см} –$$

удовлетворяется.

11. Для расчета прочности вычисляют:

$$M_b = \varphi_{b2} \cdot (1 + \varphi_n + \varphi_f) R_{bt} \cdot b \cdot h_0^2 = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot (100) \cdot 16 \cdot 13^2 = 87,6 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{см}$$

12. Так как $q_1 = 95,6 \frac{\text{Н}}{\text{см}} < 0,56 \cdot q_{sw} = 0,56 \cdot 3185 = 1784 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$, то вычисляем

$$c = \sqrt{\frac{M_b}{q_1}} = \sqrt{\frac{87,6 \cdot 10^4}{95,6}} = 96 \text{ см} > 3,33 \cdot h_0 = 3,33 \cdot 13 = 43 \text{ см}, \text{ принимаем } c = 43 \text{ см}.$$

13. Тогда $Q = \frac{M_b}{c} = \frac{87,6 \cdot 10^4}{43} = 20,4 \cdot 10^3 \text{ Н} > Q_{b,\min} = 20,2 \cdot 10^3 \text{ Н}$

14. Поперечная сила в вершине наклонного сечения:

$$Q = Q_{\max} - q_1 \cdot c = 33,13 \cdot 10^3 - 95,6 \cdot 43 = 29,02 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

$$c_0 = \sqrt{\frac{M_b}{q_{sw}}} = \sqrt{\frac{87,6 \cdot 10^4}{3185}} = 2,8 \text{ см} < 2h_0 = 2 \cdot 13 = 26 \text{ см}$$

Принимаем $c_0 = 2,8 \text{ см}$.

$$Q_{sw} = q_{sw} \cdot c_0 = 3185 \cdot 2,8 = 8,92 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Проверяем условие прочности:

$$Q_b + Q_{sw} = 20,4 \cdot 10^3 + 8,92 \cdot 10^3 = 29,32 \cdot 10^3 \geq Q = 29,02 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

условие прочности обеспечено

15. Проверим прочность по сжатой наклонной полосе.

$$\mu_{sw} = \frac{A_{sw}}{b \cdot S} = \frac{0,98}{16 \cdot 8} = 0,008; \alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{190000}{29000} = 6,55;$$

$$\varphi_{w1} = 1 + 5 \cdot \alpha \cdot \mu_{sw} = 1 + 5 \cdot 6,55 \cdot 0,008 = 1,26;$$

$\beta=0,01$ – для тяжелого бетона; $\varphi_{\beta 1} = 1 - \beta \cdot R_b = 1 - 0,01 \cdot 17 = 0,83$

16. Условие прочности:

$$0,3 \cdot \varphi_{w1} \cdot \varphi_{\beta 1} \cdot R_b \cdot b \cdot h_0 = 0,3 \cdot 1,26 \cdot 0,83 \cdot 0,9 \cdot 17 \cdot (100) \cdot 16 \cdot 13 = \\ = 99,8 \cdot 10^3 H > Q_{\max} = 33,13 \cdot 10^3 H$$

удовлетворяется.

Расчет плиты по предельным состояниям второй группы.

Определение геометрических характеристик приведенного сечения

Овальное очертание пустот заменяем эквивалентным прямоугольным

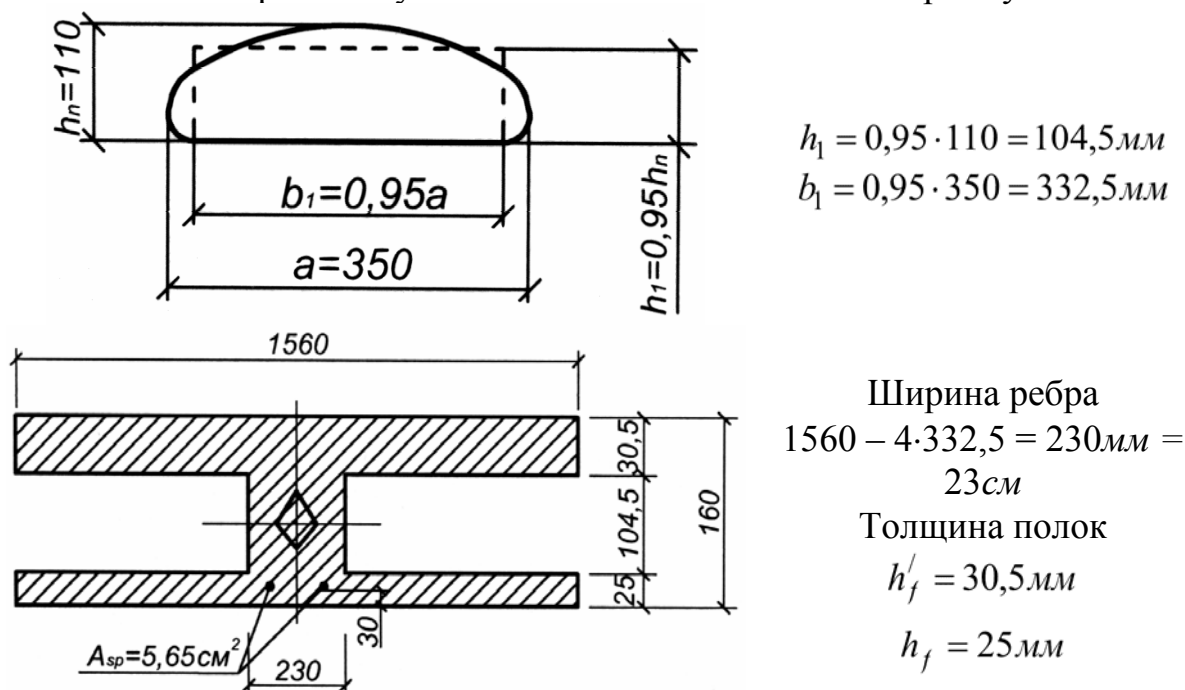


Рис. 4. Расчётное сечение.

1. Отношение модулей упругости: $\alpha = \frac{E_s}{E_b} = \frac{190000}{29000} = 6,55$

2. Площадь приведенного сечения:

$$A_b = 156 \cdot 3,5 + 156 \cdot 2,5 + 23 \cdot 10,45 = 1176 \text{ см}^2$$

$$A_{red} = A_b + \alpha \cdot A_{sp} = 1176 + 6,55 \cdot 5,65 = 1213 \text{ см}^2$$

3. Статический момент относительно нижней грани сечения панели:

$$S = 156 \cdot 3,05 \cdot \left(16 - \frac{3,05}{2}\right) + 23 \cdot 10,45 \cdot \left(\frac{10,45}{2} + 2,5\right) + 156 \cdot 2,5 \cdot \frac{2,5}{2} + 6,55 \cdot 5,65 \cdot 3 = 9343 \text{ см}^2$$

4. Расстояние от нижней грани до ц.т. приведенного сечения:

$$y_0 = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{9343}{1213} = 7,7 \text{ см}$$

5. Момент инерции:

$$I_{red} = I + \alpha \cdot A_{sp} \cdot a^2 = \frac{156 \cdot 3,05^3}{12} + \frac{23 \cdot 10,45^3}{12} + \frac{156 \cdot 2,5^3}{12} + 156 \cdot 3,05 \cdot 6,775^2 + 23 \cdot 10,45 \cdot 0,025^2 + 156 \cdot 2,5 \cdot 6,45^2 + 6,55 \cdot 5,65 \cdot 3^2 = 41157 \text{ см}^4$$

6. Момент сопротивления приведенного сечения по нижней зоне:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y_0} = \frac{41157}{7,7} = 5345 \text{ см}^3$$

7. Момент сопротивления приведенного сечения по верхней зоне:

$$W'_{red} = \frac{I_{red}}{(h_0 - y_0)} = \frac{41157}{13 - 7,7} = 7765 \text{ см}^3$$

8. Расстояние от ядровой точки, наиболее удаленной от растянутой (верхней) зоны до центра тяжести приведенного сечения:

$$r = \frac{\varphi \cdot W_{red}}{A_{red}} = \frac{0,85 \cdot 5345}{1213} = 3,75 \text{ см}$$

9. То же наименее удаленной от растянутой (нижней) зоны:

$$r_{inf} = \frac{0,85 \cdot 7765}{1213} = 5,44;$$

где $\varphi = 1,6 - \frac{\sigma_{bp}}{R_{b,ser}} = 1,6 - 0,75 = 0,85$

Отношение напряжения в бетоне от нормативных нагрузок и усилия обжатия к расчётному сопротивлению бетона для предельных состояний второй группы предварительно принято равным 0,75.

10. Упругопластический момент сопротивления по растянутой зоне:

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{red} = 1,75 \cdot 5345 = 9354 \text{ см}^3$$

$\gamma = 1,75$ – для таврового сечения с полкой в сжатой зоне.

11. Упругопластический момент сопротивления по растянутой зоне в стадии изготовления и обжатия элемента:

$$W'_{pl} = \gamma \cdot W'_{red} = 1,5 \cdot 7765 = 11648 \text{ см}^3$$

$\gamma = 1,5$ – для таврового сечения с полкой в растянутой зоне при $\frac{b'_f}{b} > 2$ и

$$\frac{h'_f}{h} < 0,2$$

Определение потерь предварительного напряжения

Коэффициент точности натяжения арматуры $\gamma_p = 1$

1. Потери от релаксации напряжений в арматуре при механическом способе натяжения: $\sigma_1 = 0,1 \cdot \sigma_{sp} - 20 = 0,1 \cdot 589 - 20 = 39 \text{ МПа}$

2. Потери от температурного перепада между натянутой арматурой и упорами $\sigma_2 = 0$, т. к. при пропаривании форма с упорами нагревается вместе с изделием.

3. Потери от деформации анкеров, расположенных, у натяжных устройств:

$$\sigma_3 = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \frac{3,05}{8000} \cdot 190000 = 72 \text{ МПа}$$

где $\Delta l = 1,25 + 0,15d = 1,25 + 0,15 \cdot 12 = 3,05 \text{ мм}$

l – длина натягиваемого стержня (расстояние между наружными гранями формы или стенда)

4. Усилие обжатия:

$$P_1 = A_s \cdot (\sigma_{sp} - \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3) = 5,65 \cdot (589 - 39 - 0 - 72) \cdot (100) = 270070 \text{ Н}$$

5. Эксцентриситет этого усилия относительно ц.т. приведенного сечения:

$$e_{op} = y_0 - a = 13 - 3 = 10 \text{ см}$$

6. Напряжение в бетоне при обжатии:

$$\sigma_{bp} = \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{P_1 \cdot e_{op} \cdot y_0}{I_{red}} = \left(\frac{270070}{1213} + \frac{270070 \cdot 10 \cdot 13}{41157} \right) \cdot \frac{1}{100} = 2,3 \text{ МПа}$$

7. Передаточная прочность бетона устанавливается из условия: $\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 0,75; \frac{2,3}{0,75} = 3,07 \text{ МПа} < 0,5B30$.

Принимаем $R_{bp} = 15 \text{ МПа}$; тогда $\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = \frac{2,3}{15} = 0,15$

8. Вычисляем сжимающее напряжение в бетоне на уровне центра тяжести напрягаемой арматуры от усилия обжатия P_1 и с учетом изгибающего момента от веса плиты:

$$M = \frac{2500 \cdot b \cdot l_0^2}{8} = \frac{2500 \cdot 1,6 \cdot 4,85^2}{8} = 11761 \text{ Н} \cdot \text{м} = 1176100 \text{ Н} \cdot \text{см}$$

9. Тогда:

$$\begin{aligned} \sigma_{bp} &= \frac{P_1}{A_{red}} + \frac{(P_1 \cdot e_{op} - M) e_{op}}{I_{red}} = \\ &= \left(\frac{270070}{1213} + \frac{(270070 \cdot 10 - 1176100) \cdot 10}{41157} \right) \cdot \frac{1}{100} = 5,93 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Потери от быстронатекающей ползучести при:

$$\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = \frac{5,93}{15} = 0,4 \text{ составляют: } \sigma_6 = 34 \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 34 \cdot 0,4 = 13,6 \text{ МПа}$$

10. Первые потери:

$$\sigma_{los1} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_6 = 39 + 0 + 72 + 13,6 = 124,6 \text{ МПа}$$

11. С учетом первых потерь:

$$P_1 = A_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \sigma_{los1}) = 5,65 \cdot (589 - 124,6) \cdot (100) = 262385 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{bp} = \frac{262385}{1213 \cdot (100)} + \frac{262385 \cdot 10 \cdot 13}{41157 \cdot (100)} = 10,4 \text{ МПа}$$

12.

Потери от усадки бетона: $\sigma_8 = 35 \text{ МПа}$

13. Потери от ползучести бетона при $\frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = \frac{10,4}{15} = 0,69$ составляем

$$\sigma_9 = 128 \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 128 \cdot 0,69 = 88 \text{ МПа}$$

$$\sigma_9 = 128 \cdot \frac{\sigma_{bp}}{R_{bp}} = 128 \cdot 0,69 = 88 \text{ МПа}$$

14. Вторые потери:

15. Полные потери:

$$\sigma_{los} = \sigma_{los1} + \sigma_{los2} = 124,6 + 123 = 247,6 \text{ МПа} > 100 \text{ МПа},$$

т.е. больше установленного минимального значения потерь.

16. Усилие обжатия с учетом полных потерь:

$$P_2 = A_{sp} \cdot (\sigma_{sp} - \sigma_{los}) = 5,65 \cdot (589 - 247,6) \cdot 100 = 192891 \text{ Н}$$

Расчет по образованию трещин, нормальных к продольной оси

Выполняется для выяснения необходимости проверки по раскрытию трещин (третья категория требований по трещиностойкости).

$\gamma_f = 1$ – коэффициент надежности по нагрузке.

$$M = 34,23 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Проверим выполнение условие $M \leq M_{crc}$

1. Вычислим момент образования трещин по приближенному способу ядровых моментов:

$$M_{crc} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} + M_{rp} = 1,8 \cdot 9354 \cdot (100) + 2387026 =$$

$$= 4070746 \text{ Н} \cdot \text{см} = 40,7 \text{ кН} \cdot \text{м} > M = 34,23 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

где ядровый момент усилия обжатия при $\gamma_{sp} = 0,9$:

$$M_{rp} = \gamma_{sp} \cdot P_2 \cdot (e_{op} + r) = 0,9 \cdot 192891 \cdot (10 + 3,75) = 2387026 \text{ Н} \cdot \text{см}$$

Условие выполняется, трещины в растянутой зоне не образуются.

Проверим, не образуются ли начальные трещины в верхней зоне плиты при её обжати при значении коэффициента $\gamma_{sp} = 1,1$

2. Изгибающий момент от веса плиты $M = 1176100 \text{ Н} \cdot \text{см}$.

$$\text{Расчетное условие: } \gamma_{sp} P_1 \cdot (e_{op} - r_{inf}) - M < R_{bt,ser}^{(p)} \cdot W_{pl}';$$

$$1,1 \cdot 270070 \cdot (10 - 5,44) - 1176100 = 178571 \text{ Н} \cdot \text{см} < 1,8 \cdot (100) \cdot 7765 = 1397700 \text{ Н} \cdot \text{см}$$

условие выполняется, значит начальные трещины не образуются.

Расчет прогиба панели

Прогиб определяется от нормативного значения постоянной и длительных нагрузок.

1. Предельный прогиб составляет: $f = \frac{l_0}{200} = \frac{485}{200} = 2,43 \text{ см}$

2. Т.к. нормальные трещины в растянутой зоне не образуются, полная величина кривизны определяется по формуле:

$$\frac{1}{r} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4}$$

а полный прогиб соответственно

$$f_{tot} = f_1 + f_2 - f_3 - f_4$$

3. Определяем значения кривизны и прогибов

- от действия кратковременной нагрузки:

$$\frac{1}{r_1} = \frac{\varphi_{b2} \cdot M}{B} = \frac{1 \cdot 3,97 \cdot 10^5}{10,15 \cdot 10^{10}} = 0,4 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

$$f_1 = \frac{5}{48} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{r_1} = \frac{5}{48} \cdot 4,85^2 \cdot 0,4 \cdot 10^{-5} = 0,1 \text{ см}$$

где $\varphi_{b2} = 1$; $B = \varphi_{b1} \cdot E_b \cdot I_{red} = 0,85 \cdot 29 \cdot 10^3 \cdot (100) \cdot 41157 = 10,15 \cdot 10^{10} \text{ Н} \cdot \text{см}^2$

- от постоянной и длительной временной нагрузок:

$$\frac{1}{r_2} = \frac{\varphi_{b2} \cdot M}{B} = \frac{2 \cdot 29,29 \cdot 10^5}{10,15 \cdot 10^{10}} = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

где $\varphi_{b2} = 2$;

$$f_2 = \frac{5}{48} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{r_2} = \frac{5}{48} \cdot 485^2 \cdot 5,8 \cdot 10^{-5} = 1,42 \text{ см}$$

- кривизна обусловленная выгибом элемента от кратковременного действия усилия предварительного обжатия P_2 (с учётом всех потерь):

$$\frac{1}{r_3} = \frac{P_2 \cdot e_{op}}{B} = \frac{192891 \cdot 10}{10,15 \cdot 10^{10}} = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

$$f_3 = \frac{1}{8} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{r_3} = \frac{1}{8} \cdot 4,85^2 \cdot 1,9 \cdot 10^{-5} = 0,5 \text{ см}$$

- кривизна обусловленная выгибом в следствии усадки и ползучести бетона от обжатия:

$$\frac{1}{r_4} = \frac{E_b - E'_b}{h_0} = \frac{71,89 \cdot 10^{-5} - 18,42 \cdot 10^{-5}}{13} = 4,10 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

где

$$E_b = \frac{\sigma_b}{E_s} = \frac{\sigma_6 + \sigma_8 + \sigma_9}{E_s} = \frac{13,6 + 35 + 88}{1,9 \cdot 10^5} = 71,89 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

$$E'_b = \frac{\sigma'_b}{E_s} = \frac{\sigma_8}{E_s} = \frac{35}{1,9 \cdot 10^5} = 18,42 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$$

$$f_4 = \frac{1}{8} \cdot l_0^2 \cdot \frac{1}{r_3} = \frac{1}{8} \cdot 4,85^2 \cdot 4,10 \cdot 10^{-5} = 1,2 \text{ см}$$

4. Вычисляем прогиб:

$$f_{tot} = f_1 + f_2 - f_3 - f_4 = 0,1 + 1,42 - 0,5 - 1,2 = -0,18 \text{ см}$$

Принятое сечение плиты и армирование удовлетворяют требованиям по первой и второй группам предельных состояний.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Байков, В.Н. Железобетонные конструкции: Общий курс [Текст]: учебник для вузов / В.Н. Байков, Э.Е. Сигалов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: БАСТЕТ, 2009.
2. Бондаренко, В.М. Железобетонные и каменные конструкции [Текст] / В.М. Бондаренко. – М.: Высшая школа, 2007.
3. ГОСТ Р 21.1101-92. СПДС. Основные требования к рабочей документации [Текст] / Минстрой России. – М.: Стандарты, 1993. – 41 с.
4. ГОСТ Р. 21.1501-92. СПДС. Правила выполнения архитектурно-строительных рабочих чертежей [Текст] / Госстрой России; ГПЦПП. – М., 1993. – 26 с.
5. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия [Текст] / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. – 44 с.
6. СНиП 2.02.01-83*. Основание зданий и сооружений [Текст] / Минстрой России. – М.: ГПЦПП, 1995. – 48 с.
7. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции [Текст] / Госстрой России. – М.: ГУПЦПП, 1998. – 75 с.
8. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры (к СНиП 2.03.01-84) [Текст] / ЦНИИПромзданий Госстроя СССР; НИИЖБ Госстроя СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР. 1986. – 192 с.

Учебное издание

Ласьков Николай Николаевич
Васильев Ренат Рашидович

**СБОРНЫЕ ПЛИТЫ ПЕРЕКРЫТИЯ
МНОГОЭТАЖНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ**

Методические указания для самостоятельной работы

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 15.12.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 1,16. Уч.-изд.л. 1,25. Тираж 80 экз.
Заказ № 482.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.