

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей
среды»

«Оценка устойчивости строительных конструкций здания в условиях пожара и расчеты их пределов огнестойкости»

методические указания к выполнению курсовой работы по
дисциплине «Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре» для
студентов специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность»

Ростов-на-Дону 2022

Составители:

к.т.н., доцент
к.т.н., доцент

С.Н. Холодова
В.Г. Лебедеико

УДК 699.812.2

Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине
«Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре» / Ростов н/Д:
Издательский центр ДГТУ. 2022-50с.

Предназначены для студентов специальности 20.05.01 «Пожарная
безопасность» всех форм обучения.

Печатается по решению методической комиссии совета специальности

Научный редактор – профессор Месхи Б.Ч.
Рецензент д.т.н., проф. Булыгин Ю.И.

©Издательский центр ДГТУ, 2022

Введение

Наиболее значительным направлением обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений является компетентность инженера по пожарной безопасности в умении правильно оценивать соответствие огнестойкости проектируемого, строящегося, реконструируемого здания противопожарным требованиям строительных норм и правил, пользуясь не только справочными данными о фактических пределах огнестойкости строительных конструкций, но и с помощью расчетных методов. Более того специалист в области пожарной безопасности, должен уметь прогнозировать оперативную обстановку и точно знать как поведет себя та или иная конструкция в условиях пожара.

В связи с вышесказанным целью курсовой работы является проверка соответствия фактической степени огнестойкости здания и его конструкций противопожарным требованиям нормативно-правовой документации и разработка технических решений по повышению огнестойкости строительных конструкций.

1. Общие требования к выполнению курсовой работы

1.1. Требования к курсовой работе

Курсовая работа является одной из важнейших форм учебного процесса, которая выполняется в соответствии с учебными планами и направлена преимущественно на практическую подготовку.

Объем курсовой работы – 25-30 страниц печатного текста и графической части скомпонованной в формате А4, выполненного через 1,5 межстрочных интервала. Работу сшивают в папку-скоросшиватель или переплетают.

1.2 Структура и содержание курсовой работы

Структура курсовой работы должна способствовать раскрытию заданной темы и быть аналогична структуре дипломной работы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, выводы, список литературы и приложения.

Курсовая работа состоит из следующих частей: Введение. Теоретическая часть, Расчетная часть, Список литературы.

Во введении указывают цели и задачи курсовой работы. Описывают основные положения современных методов решения огнестойкости зданий и сооружений.

В теоретической части курсовой работы для правильного ответа на вопросы студенту необходимо вначале изучить основную литературу [1,2] по данной дисциплине.

Расчетная часть курсовой работы содержит следующие пункты:

1. Характеристика здания и конструкций

1.1. Краткая характеристика здания

Назначение здания, количество этажей, площадь пожарного отсека, описание конструктивной схемы здания.

1.2. Краткая характеристика конструкций.

Схемы нагружения, наиболее нагруженные сечения конструкций с указанием размеров, характеристики арматуры и бетона, нормативная нагрузка (плита, ригель, колонна)

2. Определение фактических пределов огнестойкости железобетонных конструкции расчетным методом

2.1 Расчет несущей способности панели перекрытия (плиты)

2.2. Расчет огнестойкости панели перекрытия (плиты)

2.3. Расчет несущей способности колонны

2.4. Расчет огнестойкости колонны

3. Техническая экспертиза строительных конструкций

4. Разработка предложений по повышению огнестойкости конструкций.

Список используемой литературы должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и их следует пронумеровать.

2. Методические рекомендации по выполнению курсовой работы

2.1. Задание и исходные данные

Первая часть курсовой работы состоит из ответов на вопросы и выполняется по варианту, номер которого выбирается из прил. 1 таблицы 1.1 и совпадает с последней и предпоследней цифрой учебного шифра студента.

Исходные данные варианта для краткой характеристики здания, студенты всех форм обучения выбирают из прил. 1 таблицы 1.2 по последней цифре зачетки.

Порядок выбора исходных данных расчетной части курсовой работы для студентов очного обучения определяют номер варианта по порядковому номеру фамилии в списке группы или по варианту выданным преподавателем (Прил. 2 табл. 2.1-2.3) Для студентов заочного обучения определяют номер варианта определяют по последним двум цифрам номера зачетной книжки (Прил. 2 табл. 2.1-2.3)

2.2. Методические рекомендации по выполнению расчетной части курсовой работы

В расчетной части курсовой работы студент должен выполнить следующее:

1. Определить величины ($P_{тр}$) и ($I_{д}$) для основных конструкций здания (плита, ригель, колонна)

2. Определить с помощью расчетного метода фактический предел огнестойкости для заданной железобетонной конструкции и сравнить с результатами.

3. Проверить условия пожарной безопасности ($P_{ф} \geq P_{тр}$), ($I_{ф} \leq I_{д}$) для железобетонных конструкций, определить фактическую степень огнестойкости здания, проверить условие безопасности ($O_{ф} \geq O_{тр}$) и сделать вывод о необходимости повышения огнестойкости железобетонных конструкций.

где $P_{ф}$ - фактический предел огнестойкости, ч;

$P_{тр}$ - требуемый предел огнестойкости, ч;

$I_{ф}$ - фактический предел распространения огня по строительной конструкции, см;

$I_{д}$ - допустимый предел распространения огня по строительной конструкции, см.

($O_{ф}$, $O_{тр}$) – фактическая и требуемая степень огнестойкости здания

4. После расчета всех величин заполнить таблицу 1. Экспертиза строительных конструкций

Таблица 1

Экспертиза строительных конструкций

№ п/п	Наименование конструкции	Требуемый предел огнестойкости, $P_{тр}$	Ссылка на нормы	Фактический предел огнестойкости, $P_{ф}$	Ссылка на нормы	Вывод (+/-)
1	Плита					
2	Колонна					
3	Ригель					

5. Разработать технические решения и предложения по повышению огнестойкости железобетонных конструкций (при необходимости).

3. Методика расчета пределов огнестойкости железобетонной конструкции

3.1 Общие положения

Как правило, предел огнестойкости железобетонной конструкции достигается в результате потери ею несущей способности (обрушения) за счет снижения прочности (температурной ползучести) арматурной стали и бетона при нагревании - достижения первого предельного состояния по огнестойкости, либо вследствие потери (утраты) теплоизолирующей способности (прогрева конструкции выше допустимой температуры) - второе предельное состояние конструкции по огнестойкости, а также в результате потери (утраты) сплошности (целостности, плотности ограждающей конструкций) - третье предельное состояние конструкции по огнестойкости.

Для самонесущих и несущих железобетонных конструкций (конструкций наружных стен, плит покрытия, балок, ферм, колонн) пределы огнестойкости определяют по потере несущей способности.

При определении пределов огнестойкости строительных конструкций в общем случае необходимо решить две части задачи: теплотехническую и статическую. Теплотехническая часть имеет целью определить время достижения критической температуры по сечению конструкции во время воздействия на нее стандартного температурного режима, статическая - изменение несущей способности (прочности) нагретой конструкции с учетом изменения свойств бетона и арматуры при высоких температурах.

В статической части вычисляют изменение несущей способности (прочности) нагретой конструкции с учетом изменения свойств бетона и арматуры при высоких температурах. Затем строят график изменения несущей способности конструкции во времени. Время нагрева конструкции, по истечении которого несущая способность снизится до величины нормативной (рабочей) нагрузки, является пределом ее огнестойкости, т. е. когда будет достигнуто равенство:

$$N_t (M_t) = N_n (M_n), \quad (3.1)$$

где $N_t (M_t)$ - несущая способность (от изгибающего момента - для изгибаемой конструкции) конструкций при нагревании, $N (H \cdot m)$;

$N_n (M_n)$ - продольное усилие (изгибающий момент) от нормативной нагрузки, $N (H \cdot m)$.

Выполнение условия (3.1) изображено на графике (рис.3.1)

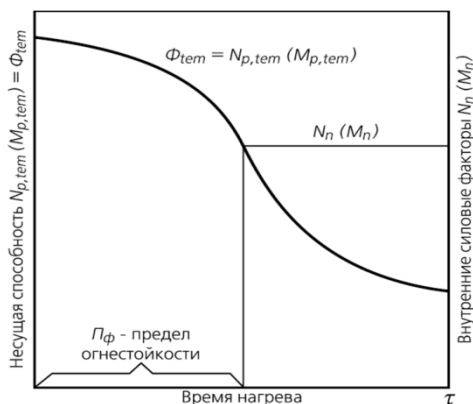


Рисунок 3.1 Изображение принципа определения предела огнестойкости конструкций по первому предельному состоянию наступления предела огнестойкости несущей конструкции

3.3.1 Особенности решения теплотехнической (теплофизической) задачи огнестойкости железобетонных конструкций

В инженерной практике пользуются упрощенной методикой расчета, разработанной на основе уравнения Фурье, полученное А. И. Яковлевым для полуограниченного тела, для определения температуры в плоских конструкциях конечной толщины. Так температура арматуры, расположенной у обогреваемой поверхности плоских сплошных конструкций (плит перекрытий, стеновых панелей), может быть рассчитана по формуле:

$$t_y = 1250 - (1250 - t_H) \operatorname{erf} \frac{K + \frac{a + K_1 \cdot d}{\sqrt{a_{np}}}}{2\sqrt{\tau}} \quad (3.2)$$

где t_H - начальная температура конструкции до пожара

($t_H = 20^\circ\text{C}$);

K - коэффициент, зависящий от объемной массы (средней плотности) бетона (табл. 2.12 прил. 2);

a - расстояние от обогреваемой поверхности конструкции до оси арматурного стержня (несущего), м, рисунок 3.4;

K_1 - коэффициент, зависящий от объемной массы бетона (табл. 2.13

прил. 2)

τ - время, с;

$a_{пр}$ - приведенное (с учетом влажности) значение коэффициента температуропроводности бетона, м²/с, определяют по формуле:

$$a_{red} = \frac{\lambda_{tem}}{(C_t + 50,4W_B)\rho_0}, \quad (3.3)$$

где λ_t - значение коэффициента теплопроводности бетона при температуре 450 °С (табл. 2.6 прил. 2), Вт/м·К;

C_t - значение удельной теплоемкости бетона при температуре 450 °С (табл. 2.6 прил. 2), Дж/кг·К;

W_B - начальное влагосодержание бетона, %;

ρ_0 - объемная масса (средняя плотность) бетона, кг/м³.

Если известна величина критической температуры арматуры (t_{cr}), то предел огнестойкости конструкции можно определить, используя формулу (4.2). Для этого в начале вычисляют величину функции:

$$\text{erf } X = \frac{1250 - t_{z,\tau}}{1250 - t_H} \quad (3.4)$$

где $\text{erf } X$ - функция ошибок Гауса (Крампа);

X - аргумент функции (3.4), определяют по формуле:

$$X = \frac{k + \frac{a + k_1 \cdot d}{\sqrt{a_{пр}}}}{2\sqrt{\tau}} \quad (3.5)$$

Затем по таблице 2.11 приложения 2 определяют величину аргумента X . Далее вычисляют время прогрева арматуры до ($t_{z,\tau}$), используя формулу (3.5) в виде:

$$\tau = \left[\frac{k + \frac{a + k_1 \cdot d}{\sqrt{a_{пр}}}}{2X} \right]^2 \quad (3.6)$$

Это время (τ) и является ($P_{ф}$) строительной конструкции. Решение дифференциального уравнения Фурье, полученное для расчета температур в неограниченной пластине, обогреваемой с двух сторон (симметричная задача), можно использовать для определения температур в плоских конструкциях при двухстороннем обогреве. Это решение имеет вид:

$$t_{x,\tau} = 1250 - (1250 - t_H) \left[\text{erf} \frac{\xi}{2\sqrt{F_0}} + \text{erf} \frac{2-\xi}{2\sqrt{F_0}} - 1 \right] \quad (3.7)$$

где $t_{x,\tau}$ - температура в расчетной точке по толщине пластины на

заданный момент времени (τ), °C;

$$\text{где } \xi = 1 - \frac{X_i}{0,5\delta + K\sqrt{a_{red}}};$$

где X_i - расстояние от центра пластины до расчетной точки по толщине пластины, м;

δ - толщина пластины, м;

τ - время, с;

F_0 - критерий Фурье, вычисляем по формуле:

$$F_0 = \frac{a_{np}\tau}{(0,5\delta + K\sqrt{a_{np}})^2} \quad (3.8)$$

Формула (2.7) может применяться без существенной погрешности при ($F_0 \leq 0,32$). При больших значениях (F_0) расчетная температура начинает значительно превышать фактическую.

Правая часть выражения (2.7):

$$\left[\operatorname{erf} \frac{\xi}{2\sqrt{F_0}} + \operatorname{erf} \frac{2-\xi}{2\sqrt{F_0}} - 1 \right] = \theta \quad (3.9)$$

где θ - относительная избыточная температура.

С учетом выражения (3.9) формулу (3.7) можно записать в виде:

$$t_{x,\tau} = 1250(1250 - t_H)\theta. \quad (3.10)$$

Иногда при расчетах пределов огнестойкости конструкций бывает необходимо вычислить температуру в середине толщины конструкции (плиты, колонны), т. е. при условии ($X_i = 0$); тогда ($\xi = 1$), а относительная температура в центре:

$$\theta_u = \left[2\operatorname{erf} \frac{1}{2\sqrt{F_0}} - 1 \right] \quad (3.11)$$

т. е. ($\theta = \xi(F_0)$). В приложении 2 (таблица 2.8) приведены значения (θ_u) в зависимости от ($F_0/4$). Кроме того, величину (θ) можно определить по номограмме (рис. 3.2).

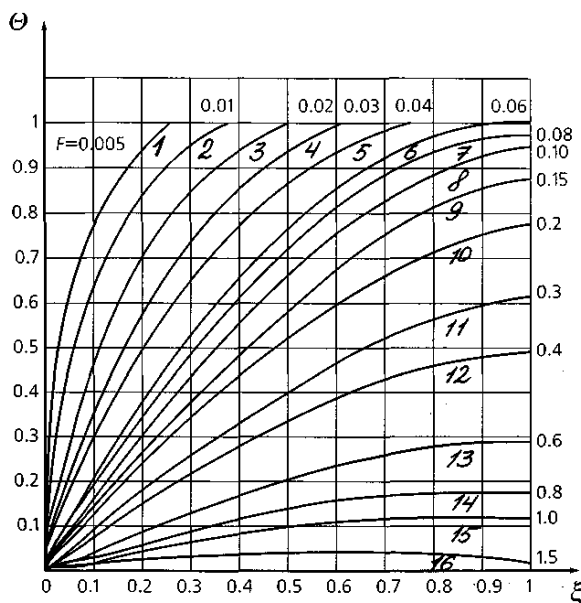


Рис. 3.2. Номограмма для определения относительной температуры (θ) в зависимости от критерия Фурье (F_0) и величины (ξ)

1 - $F_0 = 0,005$; 2 - $F_0 = 0,01$; 3 - $F_0 = 0,02$; 4 - $F_0 = 0,03$; 5 - $F_0 = 0,04$;
 6 - $F_0 = 0,06$; 7 - $F_0 = 0,08$; 8 - $F_0 = 0,1$; 9 - $F_0 = 0,15$; 10 - $F_0 = 0,2$;
 11 - $F_0 = 0,3$; 12 - $F_0 = 0,4$; 13 - $F_0 = 0,6$; 14 - $F_0 = 0,8$; 15 - $F_0 = 1,0$;
 16 - $F_0 = 1,5$

При прогреве колонн, балок, элементов ферм и других стержневых конструкций, обогреваемых при пожаре с трех и четырех сторон, имеет место двухмерное температурное поле. Если поперечное сечение конструкции имеет форму прямоугольника или круга, то расчет температур в этих случаях может быть с достаточной точностью произведен при помощи известного в теории теплопроводности соотношения относительных температур [3]:

$$\frac{t_B - t_{x,y} \tau}{t_B - t_H} = \frac{t_B - t_x \tau}{t_B - t_H} \cdot \frac{t_B - t_y \tau}{t_B - t_H} \quad (3.12)$$

где $t_{x,y} \tau$ - температура двухмерного поля, $^{\circ}\text{C}$;

$t_x \tau$ и $t_y \tau$ - температура одномерных полей, °C;

t_B - изменение температуры при стандартном режиме пожара, °C [4]:

$$t_B = 345 \lg (0.133 \tau + 1) + t_H, \quad (3.13)$$

где τ - время, с.

Из соотношения (3.12) находим:

$$t_{xy} \tau = t_B - \frac{(t_B - t_x \tau) \cdot (t_B - t_y \tau)}{t_B - t_H} \quad (3.14)$$

Если необходимо найти температуру в прямоугольном сечении, обогреваемом со всех сторон, следует учесть, что температура его образуется в результате наложения полей при пересечении двух неограниченных пластин толщиной (δ_x и δ_y) [3]. В этом случае (t_x) и (t_y) находят по формуле (3.10).

Если необходимо определить температуру в балке или колонне, обогреваемых с трех сторон, значения (t_x) находим по формуле (3.7), а (t_y) по формуле (3.2).

Для конструкций, работающих на сжатие, введено допущение, что их предельное состояние по огнестойкости наступит тогда, когда размер работоспособного поперечного сечения бетонной части конструкции "ядро" поперечного сечения уменьшится до критической величины. В этом случае появляется необходимость определить толщину слоев бетона, прогретых выше (t_{bcr}). Прочность бетона этих слоев принимают равной нулю, а в "ядре" поперечного сечения - - начальному сопротивлению бетона сжатию (до нагрева). Толщину слоя бетона, прогретого выше (t_{bcr}), определяют исходя из уравнения (3.2) при:

$y = \delta_y$; $d=0$;

$$\delta_{t_y} = (2X \cdot \sqrt{\tau} - K) \cdot \sqrt{a_{np}} \quad (3.15)$$

где X - аргумент функции Гаусса:

$$X = \frac{K \cdot \sqrt{a_{np}} + \delta_{t_y}}{2 \sqrt{a_{np} \cdot \tau}} \quad (3.16)$$

X - аргумент функции Гаусса определяют по таблице 2.11 приложения 2 при значении функции:

$$\operatorname{erf} X = \frac{1250 - t_{bcr}}{1250 - t_H} \quad (3.17)$$

где t_{bcr} - критическая температура бетона (определяют по табл. 2.7) прил. 2 в зависимости от отношения величины несущей способности колонны до нагрева к нормативной нагрузке), °С.

При обогреве конструкции (колонны) с 4-х сторон ширину "ядра" поперечного сечения (b_{tx}) определяют на заданный момент времени по формуле, полученной из выражения (3.7):

$$\delta_{tx} = 2(0.5 b_x + K\sqrt{a_{np}}) \cdot (1 - \xi_x) \quad (3.18)$$

где b_x - ширина колонны, м;

ξ_x - коэффициент (определяют по номограмме, (см. рис. 3.2), зависящий от величины относительной температуры (θ_x) и критерия Фурье (F_{ox}):

$$\theta_x = \frac{1250 - t_B}{1250 - t_H} + \frac{(t_B - t_{bcr}) \cdot (t_B - t_H)}{(t_B - t_{y=0\tau})(1250 - t_H)}; \quad (3.19)$$

где $t_{y=0\tau}$ - температура в центре ядра поперечного сечения конструкции через время от начала обогрева, °С, определяют по формуле (3.10), в виде:

$$t_{y=0\tau} = 1250 - (1250 - t_H) \cdot \theta_u \quad (3.20)$$

где θ_u - относительная температура в центре поперечного сечения конструкции; определяют (по табл. 2.8 прил. 2) в зависимости от ($F_{O/4}$);

$$F_{ox} = \frac{a_{i\delta}\tau}{(0.5b_x + K\sqrt{a_{i\delta}})^2} \quad (3.21)$$

Второй размер "ядра" поперечного сечения b_{ty} определяют на заданный момент времени по формуле, полученной из уравнения (3.7):

$$b_{ty} = (0.5 b_y + K\sqrt{a_{np}}) \cdot (1 - \xi_y) \quad (3.22)$$

где b_y - коэффициент (определяют по номограмме, см. рис. 3.2), зависящий от величины (b_y) и (F_{Oy})

$$\theta_y = \frac{1250-t_B}{1250-t_H} + \frac{(t_B-t_{bcr}) \cdot (t_B-t_H)}{(t_B-t_{x=0\tau}) \cdot (1250-t_H)} \quad (3.23)$$

где $t_{x=0\tau}$ температура в центре "ядра" поперечного сечения конструкции через время обогрева, °C; определяют по формуле (3.10) в виде:

$$t_{x=0\tau} = 1250 - (1250 - t_H) \cdot \theta_u \quad (3.24)$$

где θ_u относительная температура в центре поперечного сечения конструкции; определяют (по табл. 2.8 прил. 2) в зависимости от ($F_{oy}/4$):

$$F_{oy} = \frac{a_{np}\tau}{(0.5b_y + K\sqrt{a_{np}})^2} \quad (3.25)$$

Если конструкция прямоугольного поперечного сечения обогревается с трех сторон, то толщину слоя бетона, прогретого с одной стороны, определяют по формуле (3.15): $b_{ty} = (2X\sqrt{\tau} - K)\sqrt{a_{np}}$

где X - аргумент функции Гаусса, ее определяют по формуле:

$$\operatorname{erf} X = \frac{1250-t_B}{1250-t_H} + \frac{(t_B-t_{bcr}) \cdot (t_B-t_H)}{(t_B-t_{x=0\tau}) \cdot (1250-t_H)} \quad (3.26)$$

Температуру ($t_{x=0\tau}$) определяют по формуле (3.24). Ширину (b_{tx}) "ядра" поперечного сечения на заданный момент времени определяют по формуле (3.18). Для определения величины (ξ_x) по номограмме (см. рис. 3.2), параметр (θ_x) вычисляют по формуле:

$$Q_x = \frac{1250-t_B}{1250-t_H} + \frac{(t_B-t_{bcr}) \cdot (t_B-t_H)}{(t_B-t_{y=h,\tau}) \cdot (1250-t_H)} \quad (3.27)$$

В формуле (3.27) величина ($t_{y=h,\tau}$) вычислена из выражения:

$$t_{y=h,\tau} = 1250 - (1250 - t_H) \operatorname{erf} \frac{K\sqrt{a_{np}}+h}{2\sqrt{a_{np}}\cdot\tau} \quad (3.28)$$

3.3.2 Особенности решения статической (прочностной) задачи огнестойкости для железобетонных конструкций

Представленная часть методики разработана на основе уравнения статики, результатов натурных огневых испытаний строительных

конструкций и экспериментальных исследований деформативно-прочностных характеристик бетона и стальной арматуры применительно к нагреву строительных конструкций по стандартному температурному режиму [4].

3.3.3 Методика расчета огнестойкости изгибаемых конструкций

При работе изгибаемых конструкций бетон сжатой зоны поперечного сечения конструкции воспринимает сжимающие усилия, а несущие арматурные стержни в растянутой зоне - растягивающие усилия, соответственно. При этом соблюдается равенство воспринимаемых усилий (равновесие сил: $\Sigma P = 0$).

При нагреве конструкции сопротивление арматурной стали растяжению уменьшается. Арматура претерпевает пластические деформации ползучести, что приводит к раскрытию трещин в бетоне растянутой зоны и, соответственно, уменьшению высоты (X_t) сжатой зоны конструкции (при этом вводится допущение, что сопротивление бетона сжатию в этой зоне равно начальному и не меняется при нагреве, а меняется X_t).

Предел огнестойкости статически определимых изгибаемых конструкций наступает в результате прогрева несущей арматуры в растянутой зоне конструкции до критической температуры (t_{scr}) и образования пластического шарнира в середине пролета конструкции, характеризующего утрату ее несущей способности. Поэтому решение статической части задачи огнестойкости сводится к определению величины (t_{scr}).

При этом величину (t_{scr}) определяют по справочным данным (табл. 2.10 прил. 2) в зависимости от значения коэффициента изменения прочности стали (γ_{stcr}), соответствующего величине (t_{scr}). Величина (γ_{stcr}) характеризует момент снижения сопротивления арматурной стали (R_{sutcr}), нагретой до критической температуры, до величины рабочего напряжения в арматуре (σ_s) от нормативной нагрузки на конструкцию. Поэтому при критической температуре арматуры справедливо равенство ($R_{sutcr} = (\sigma_s)$). Это позволяет в формулу расчета (γ_{stcr}) вместо величины (R_{stcr}) подставлять (σ_s):

$$\gamma_{stcr} = \frac{R_{sutcr}}{R_{su}} = \frac{\sigma_s}{R_{su}} \quad (3.29)$$

где R_{su} - расчетное сопротивление стали по пределу прочности, Па [5].

Рассмотрим особенности методики решения статической задачи огнестойкости для плоской изгибаемой конструкции. Ее несущая способность (M_t) в предельном равновесии сил будет равна

$$M_t = N_{bt} \cdot Z_{bt} = R_{bu} \cdot b \cdot x_t (h_0 - 0,5x_t) \quad (3.30)$$

где N_{bt} - несущая способность бетонной части сжатой зоны поперечного сечения конструкции, Н;

Z_{bt} - плечо внутренней пары сил от середины сжатой зоны поперечного сечения конструкции до оси;

b - ширина конструкции (сжатой зоны), м;

x_t - высота сжатой зоны поперечного сечения конструкции, м;

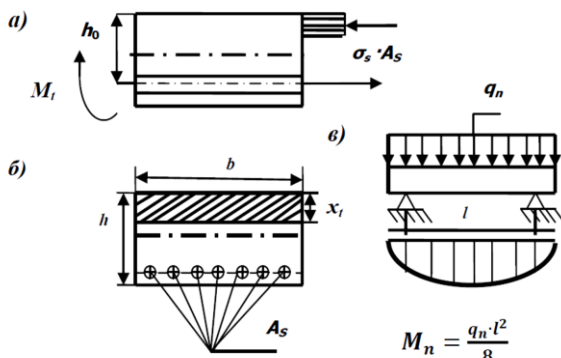


Рис 3.3 Схема распределения усилий в поперечном сечении плоскости конструкции, работающей на изгиб:

а – продольный разрез; б – поперечный разрез; в – схема напряжения

h_0 - рабочая (полезная) высота поперечного сечения конструкции (расстояние от оси растянутой арматуры до верхней границы сжатой зоны поперечного сечения конструкции), м;

R_{bu} - расчетное сопротивление бетона сжатию, Па:

$$R_{bu} = R_{bn} / \gamma_b \quad (3.31)$$

где R_{bn} - нормативное сопротивление (призменная прочность) бетона осевому сжатию (табл. 12 [5]), Па;

γ_b коэффициент надежности по бетону $\gamma_b = 0.83$ [5]).

В условиях пожара конструкция разрушится под действием

изгибающего момента (M_n) от внешней нормативной (рабочей) нагрузки на конструкцию. Это произойдет при уменьшении ее несущей способности (M_t) до (M_n), т. е. при ($M_t = M_n$) или ($M_t - M_n = 0$).

В развернутом виде это запишется:

$$R_{bu} \cdot b \cdot x_t (h_0 - 0,5x_t) - M_n = 0 \quad (3.32)$$

отсюда

$$x_t = h_0 - \sqrt{h_0^2 - 2 \frac{M_n}{R_{bu}} b} \quad (3.33)$$

Учитывая равенство несущей способности бетона сжатой зоны и растянутой арматуры, в предельном равновесии сил напряжение в арматуре (σ_s) от внешней нагрузки определяют по формуле:

$$\sigma_{s,tem} = \frac{R_{bu} b \cdot x_t}{A_s} \quad (3.34)$$

где A_s - суммарная площадь поперечного сечения арматурных стержней в растянутой зоне поперечного сечения конструкции (табл. 2.4, прил. 2), m^2 .

Затем можно вычислить (γ_{scr}) по формуле (3.29); (t_{scr}) по табл. 2.10 прил. 2 и (Π_f) - по формуле (3.6).

При решении статической задачи сечение многопустотных железобетонных плит (с пустотами, расположенными вдоль длины плиты) и настилов приводят к расчетному – тавровому сечению (рис. 2.4) . При этом высота сжатой зоны может быть рассчитана по формуле (2.33), если ($x_t < h_f$), рис. 2.3).

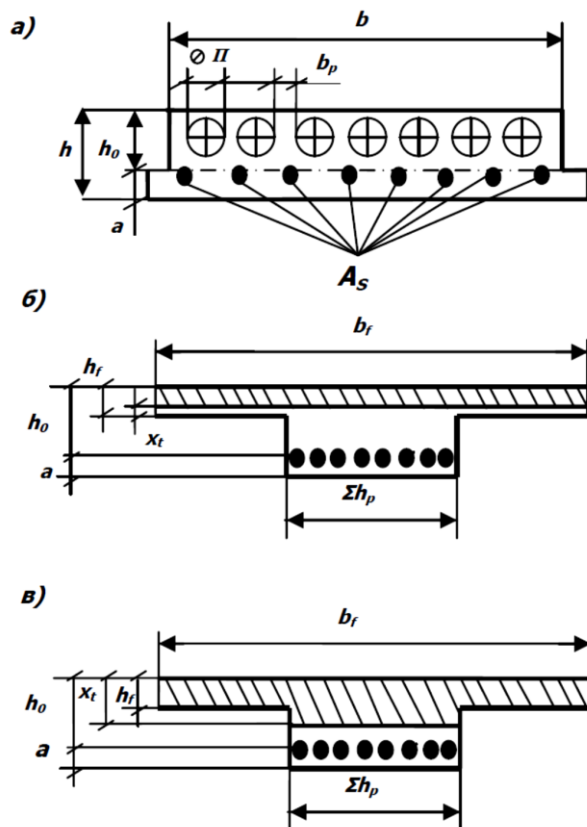


Рисунок 3.4 Схема приведения формы поперечного сечения многопустотной плиты к форме тавра: а) исходная форма, б) приведенная форма при $(X_t < h_f)$; в- при $(X_t > h_f)$

В том случае, если $(X_t > h_f)$, то формулу для расчета (X_t) получают из равенства (3.36), учитывающего разделение формы сжатой зоны (см. рис. 3.3) на два прямоугольника.

Несущую способность вычисляют по формуле:

$$M_t = h_1(b_f - \Sigma b_p)R_{bu}(h_0 - 0.5 h_f) + \Sigma b_p \cdot x_t \cdot R_{bu} \cdot (h_0 - 0.5 X_t) \quad (3.35)$$

Отсюда

$$x_t = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2[M_n - h_f(b_f - \Sigma b_p)R_{bu}(h_0 - 0.5 h_f)]}{R_{bu} \Sigma b_p}} \quad (3.36)$$

Затем определяют Величину σ_s , при ($X_t \leq h_f$) определяют по формуле:

$$\sigma_s = \frac{b_f x_t R_{bu}}{A_s} \quad (3.37)$$

$$\text{при } x_t > h_f \quad \sigma_s = \frac{R_{bu}[h_f b_f + (x_t - h_f) \Sigma b_p]}{A_s} \quad (3.38)$$

Далее по формуле (3.29) вычисляют (γ_{scr}), по табл. 2.10 прил. 2 находят (t_{scr}), затем определяют (Π_ϕ) по формуле (3.6) и умножают на коэффициент, равный 0.9, учитывающий влияние пустот плиты.

3.3.4 Методика расчета огнестойкости сжатых конструкции

Расчет пределов огнестойкости сжатых элементов связан с определением предельных усилий, которые могут воспринимать неравномерно прогретое сечение бетона и нагретая арматура. Расчет огнестойкости центрально-сжатых конструкций выполняют по изменению несущей способности ($N_{t,\tau}$) во время нагрева рабочей части поперечного сечения колонны (ядра) и рабочей арматуры. При обогреве с 4-х сторон несущую способность колонны рассчитывают по формуле:

$$N_{t,\tau} = \varphi_t (A_\pi R_{bu} + R_{su} A_s \gamma_{st}), \quad (3.39)$$

φ_t - коэффициент продольного изгиба колонны (табл. 2.5 прил. 2); зависит от отношения (l_0/b_π);

l_0 - расчетная длина колонны, м;

b_π - ширина ядра поперечного сечения колонны, м; R_{bu} - расчетное

сопротивление бетона сжатию, определяют по формуле (3.31), Па;
 где $A_{я}$ – площадь ядра сечения

$$(A_{я} = b_{я} \cdot h_{я}), \text{ м}^2 \quad (3.40)$$

$h_{я}$ - высота "ядра" поперечного сечения колонны, м;

A_s – суммарная площадь арматуры, м^2 ; табл. 2.4. прил. 2), м^2 .

γ_{st} – коэффициент продольного изгиба, учитывающий длительность загрузения и гибкость колонны (принимается в зависимости от $l_0/b_{я}$,

где l_0 – расчетная длина колонны (табл. 2.5 прил.2)

R_{su} - расчетное сопротивление арматурной стали сжатию, Па, определяют по формуле:

$$R_{su} = \frac{R_{sn}}{\gamma_a} \quad (3.41)$$

R_{sn} - нормативное сопротивление арматурной стали сжатию, (табл. 19 [5]),

Па;

$\gamma_a = 0,9$ - коэффициент надежности для арматуры [6].

таблица 1.1

Теоретические вопросы										
№ Вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1; 38	2; 47	3; 39	4; 40	5; 77	6; 83	7; 94	8; 67	9; 73	10; 38
2	11; 26	12; 43	13; 65	14; 78	15; 83	16; 54	17; 48	18; 37	19; 24	20; 36
3	21; 42	22; 44	23; 66	24; 79	25; 84	26; 73	27; 65	28; 34	15; 29	14; 30
4	31; 53	38; 84	39; 67	19; 40	41; 85	18; 42	43; 68	35; 41	16; 45	3; 46
5	32; 64	47; 85	59; 68	53; 71	95; 86	19; 53	65; 69	77; 36	17; 83	40; 94
6	33; 75	48; 91	60; 49	54; 72	48; 86	20; 54	66; 43	37; 78	84; 91	46; 93
7	34; 86	49; 92	61; 50	44; 73	49; 87	6; 55	67; 75	24; 79	85; 92	47; 92
8	35; 57	50; 93	62; 60	55; 74	50; 88	8; 56	68; 82	23; 80	86; 93	48; 91
9	36; 58	51; 94	63; 52	56; 75	13; 89	45; 57	22; 69	20; 81	87; 94	58; 90
0	37; 65	52; 95	64; 53	18; 76	53; 95	46; 58	59; 70	21; 82	88; 95	19; 89

Примечание. Цифры в горизонтальном ряду соответствуют последней цифре зачетной книжки, а в вертикальном – предпоследней цифре. Номер варианта соответственно выбирается по комбинации двух последних цифр.

Контрольные вопросы:

1. Перечислите внешние и внутренние факторы, определяющие поведение строительных материалов в условиях пожара?
2. Раскройте сущность основных свойств, характеризующих поведение строительных материалов в условиях пожара?
3. Свойства, характеризующие пожарную опасность строительных материалов. Понятие о физических, механических и теплофизических свойствах материалов?

4. Что такое физико-химические процессы, приводящие к изменению свойств строительных материалов в условиях пожара?
5. Какие процессы входят в физический и химический процесс?
6. Изменения теплофизических характеристик при нагревании материала?
7. Определение горючести, воспламеняемости, распространения пламени, дымообразующей способности, токсичности продуктов горения. Классификация?
8. Пожарно-технические характеристики материалов?
9. Понятие о горючести, воспламеняемости, распространении пламени, дымообразовании, токсичности продуктов горения?
10. Классификация строительных материалов по пожарной опасности в соответствии с Федеральным Законом №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» ?
11. По каким показателям оценивают пожарную опасность строительных материалов и с помощью каких экспериментальных методов определяют каждый показатель (перечислите)?
12. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие методов экспериментального определения показателей пожарной опасности строительных материалов?
13. Перечислите и дайте характеристику основным видам порообразующих минералов?
14. Основные виды, процессы производства и свойства каменных материалов, применяемых в строительстве?
15. Основные процессы и особенности поведения каменных материалов при нагреве?
16. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие искусственных каменных материалов, изготовленных на основе гипса и портландцемента по основным свойствам, применению в строительстве, поведению в условиях пожара (при нагреве до высоких температур) ?
17. Назовите характерные особенности поведения органических строительных материалов в условиях пожара; свой ответ подтвердите примерами?
18. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие поведения природных и искусственных каменных материалов в условиях пожара (при нагреве до высоких температур); свой ответ подтвердите на примерах материалов?
19. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие метода определения воспламеняемости декоративных тканей и метода экспериментального определения группы трудногорючих и горючих веществ и материалов по ГОСТ 12.1.044–89?
20. Изменение механических и теплофизических свойств каменных материалов в процессе нагревания?

21. Процессы дегидратации и диссоциации минеральных составляющих каменных материалов?
22. Влияние температурных деформаций (напряжений) на прочность каменных материалов. Назовите основные причины разрушения (снижения прочности) природных каменных материалов в условиях пожара (при нагреве до высоких температур); свой ответ подтвердите примерами ?
23. Особенности влагопереноса и влияние физически и химически связанной воды на механические и теплофизические свойства каменных материалов?
24. Совместное влияние тепловлагопереноса и механических нагрузок на поведение каменных материалов в условиях пожара?
25. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие искусственных каменных материалов, изготовленных на основе извести и гипса: по способу получения, основным свойствам, применению в строительстве, поведению в условиях пожара (при нагреве до высоких температур)?
26. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие поведения известняка и гранита в условиях пожара (при нагреве до высоких температур) ?
27. С помощью каких экспериментальных методов производят определение группы горючести твердых материалов? В чем их сущность, сходство и различие?
28. Сравнительная оценка поведения различных видов каменных материалов в условиях пожара ?
29. Перечислите и поясните основные причины разрушения (снижения прочности) искусственных каменных материалов в условиях пожара (при нагреве до высоких температур) ?
30. Чем отличаются керамические материалы от других искусственных каменных материалов: по технологии изготовления, основным свойствам, применению в строительстве, поведению в условиях пожара (при нагреве до высоких температур)? (Свой ответ подтвердите на примерах материалов).
31. Основные виды, процессы производства и особенности строения металлов и сплавов, применяемых в строительстве?.
32. Особенности строения сталей и алюминиевых сплавов?
33. Процессы, происходящие в металлах и сплавах при нагревании определяющие изменение механических и теплофизических свойств?
34. Особенности поведения горячекатаной, холоднотянутой, термически упрочненной и легированной сталей в условиях пожара?
35. Особенности поведения алюминиевых сплавов ?
36. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие углеродистых сталей и алюминиевых сплавов по свойствам, применению в строительстве, поведению в условиях пожара (при нагреве до высоких температур) ?

37. Породы древесины. Область применения древесины и материалов на ее основе в современном строительстве?
38. Особенности физического и химического строения древесины ?
39. Влияние строения древесины и внешних факторов на физические, механические и теплофизические свойства древесных материалов?
40. Поведение древесных материалов при нагревании. Особенности термического и термоокислительного разложения древесины?
41. Изменение механических характеристик древесины при нагревании. Воспламенение, самовоспламенение, горение, тление древесины и материалов на ее основе?
42. Параметры, характеризующие пожарную опасность древесины и древесных материалов. Скорость обугливания. Особенности процесса обугливания древесины?.
43. Дайте определения массовой скорости выгорания, скорости распространения пламени, теплоты сгорания ?
44. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие метода определения огнезащитных свойств защитных средств для древесины по ГОСТ 16363– (СТ СЭВ 4686–) и метода экспериментального определения группы трудногорючих и горючих веществ и материалов по ГОСТ 12.1.044–?.
45. Дымообразующая способность. Токсичность продуктов горения.
46. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие метода экспериментального определения коэффициента дымообразования твердых веществ и материалов и метода определения показателя токсичности продуктов горения полимерных материалов по ГОСТ 12.1.044– ?
47. Полимеры и пластмассы, используемые в строительстве, область их применения?
48. Поведение пластмасс при нагревании: термопластичность, термоактивность изменение механических характеристик, теплостойкость, термоокислительная деструкция?
49. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие поведения древесины и пластмасс в условиях пожара (при нагреве до высоких температур), а также способов огнезащиты (видов огнезащитных средств) ?
50. Условия воспламенения и горения пластмасс. Группы горючести пластмасс. Кислородный индекс полимеров и строительных пластмасс. Противопожарное нормирование применения полимерных строительных материалов в зданиях и сооружениях?
51. Способы повышения стойкости каменных материалов к нагреву?.
52. Рациональный подбор компонентов. Введение специальных добавок?
53. Перечислите по позициям, в чем состоят достоинства и в чем недостатки полимерных материалов (пластмасс) по сравнению с

искусственными каменными материалами по свойствам, применению в строительстве, поведению в условиях пожара; свой ответ подтвердите на примерах материалов?

54. Способы повышения стойкости металлов и сплавов к нагреву. Легирование. Теоретические основы огнезащиты древесины, древесных материалов и пластмасс. Химические способы огнезащиты древесины и пластмасс ?

55. Классификация зданий, виды сооружений и функциональные требования, предъявляемые к ним?

56. Требования Технического регламента и Сводов правил для зданий и сооружений?.

57. Общие принципы объемно-планировочных решений зданий. Виды объемно-планировочных решений гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий?

58. Конструктивные системы зданий. Строительные системы зданий. Конструктивные схемы зданий?

59. Общие сведения об основаниях и фундаментах ?

60. Типы несущих каркасов и их элементы. Стены и перегородки: назначение, классификация и функциональные требования. Типы и конструкции перекрытий?

61. Крыши и покрытия: назначение, типы, функциональные требования и их конструкции, конструктивные решения совмещенных покрытий ?

62. Лестницы и лестничные клетки: назначение, классификация, функциональные требования. Типы и конструкция лестниц, предназначенных для эвакуации людей из здания. Пожарно-техническая классификация лестниц и лестничных клеток в соответствии с Федеральным Законом №123-ФЗ?

63. Поведение зданий и сооружений при пожарах?

64. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие поведения в условиях пожара (при нагреве до высоких температур) бетонов и сталей, применяемых в строительстве?.

65. Условия обеспечения пожарной безопасности строений. Фактический и требуемый предел огнестойкости конструкций?

66. Фактический и требуемый класс пожарной опасности конструкций? Условия обеспечения пожарной безопасности конструкций?

67. Перечислите по позициям, в чем сходство и в чем различие в последовательности проведения испытаний различными экспериментальными методами определения показателей пожарной опасности строительных материалов?

68. Методика проведения пожарно-технической экспертизы строительных конструкций?

69. Виды, область применения несущих и ограждающих металлических конструкций, сущность их работы в процессе эксплуатации?

70. Перечислите по позициям, в чем сходство и в чем различие углеродистых и легированных сталей по составу, свойствам, применению в строительстве, поведению в условиях пожара (при нагреве до высоких температур)?
71. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие легированных сталей и алюминиевых сплавов по свойствам, применению в строительстве, поведению в условиях пожара (при нагреве до высоких температур) ?
72. Поведение в условиях пожара не поврежденных и поврежденных при ЧС несущих металлических конструкций: балка, ферма, колонна сплошного и составного сечений, легкие металлические конструкции, мембранные покрытия и др. ?
73. Сравните условия проведения испытаний материалов различными экспериментальными методами определения группы горючести; перечислите, в чем состоит сходство и в чем различие условий испытаний в различных методах, в чем их сходство и отличие по сравнению с условиями пожара?
74. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие требований, предъявляемых к образцам строительных материалов, которые предназначены для определения показателей пожарной опасности с помощью экспериментальных методов?
75. Перечислите по позициям, в чем состоит сходство и в чем различие приборов (установок), используемых при экспериментальном определении показателей пожарной опасности строительных материалов с помощью стандартных методов?
76. Поведение в условиях пожара не поврежденных и поврежденных при ЧС ограждающих конструкций, содержащих металлические элементы и эффективные утеплители?
77. Особенности поведения в условиях пожара не поврежденных и поврежденных при ЧС несущих и ограждающих конструкций из алюминиевых сплавов?
78. Способы повышения огнестойкости металлических конструкций: виды и эффективность огнезащиты (облицовка огнезащитными материалами, вспучивающие покрытия, подвесные потолки), перспективы совершенствования огнестойкости металлических конструкций?
79. Методика оценки огнестойкости металлических конструкций: определение несущей способности и фактического предела огнестойкости незащищенных и защищенных конструкций, находящихся в различном напряженном состоянии (изгиб) ?
80. Методика оценки огнестойкости металлических конструкций: определение несущей способности и фактического предела огнестойкости незащищенных и защищенных конструкций, находящихся в различном напряженном состоянии (растяжение) ?

81. Методика оценки огнестойкости металлических конструкций: определение несущей способности и фактического предела огнестойкости незащищенных и защищенных конструкций, находящихся в различном напряженном состоянии (сжатие) ?
82. Основные виды деревянных конструкций и специфика производства деревянных клееных конструкций. Область их применения. ?
83. Ограждающие конструкции с применением древесины и их поведение в условиях пожара. Соединения элементов деревянных конструкций и их поведение в условиях пожара?
84. Плоскостные деревянные конструкции и их поведение в условиях пожара: клееные и клефанерные балки, металлодеревянные фермы, распорные плоские деревянные конструкции ?
85. Способы повышения огнестойкости и снижения пожарной опасности деревянных конструкций?
86. Расчет предела огнестойкости не поврежденных и поврежденных при ЧС деревянных конструкций?.
87. Предел огнестойкости не поврежденных и поврежденных при ЧС деревянных элементов при центральном сжатии?
88. Предел огнестойкости не поврежденных и поврежденных при ЧС деревянных элементов при центральном растяжении ?
89. Предел огнестойкости не поврежденных и поврежденных при ЧС деревянных элементов при центральном сжатии поперечном изгибе, а также элементов, работающих в условиях сложного сопротивления.
90. Какие материалы применяют в строительстве в качестве теплоизоляционных и в чем состоит их пожарная опасность (поведение в условиях пожара)?
91. Бетон и его прочностные характеристики: классификация бетонов по прочности и плотности, расчетное сопротивление и его снижение при прогреве бетона, толщина несущего слоя бетона, предельная сжимаемость бетона?
92. Поведение конструкции при пожаре. Несущая способность железобетонных конструкций и их сечений?
93. Основные положения расчетной оценки огнестойкости конструкции. Способы повышения огнестойкости?
94. Недостатки подходов к оценке пожарной опасности конструкций? Совершенствование методов оценки пожарной опасности и их сущность?
95. Недостатки подходов к оценке эффективности средств огнезащиты конструкций. Совершенствование методов экспериментальной оценки эффективности огнезащиты конструкций ?

Продолжение Приложения 1

таблица 1.2

Исходные данные	№ Варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1. Назначение здания	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2. Этажность здания	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
3. Количество пролетов	10X5	10X7	10X11	10X13	10X20	10X5	10X7	10X11	10X13	10X20

Примечание. Номер варианта в горизонтальном ряду выбирается по последней цифре зачетной книжки.

1. Назначение здания:

0- Общественное

1- Административное

2- Производственное категории А

3- Производственное категории Б

4- Производственное категории В

5- Производственное категории Г

6- Производственное категории Д

7- Складское категории Б

8- Складское категории В

9- Складское категории Д

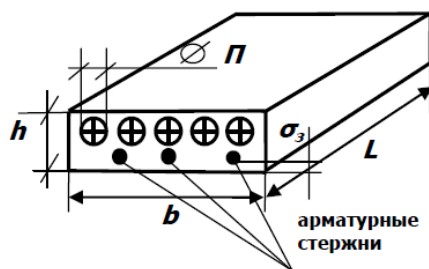


Рис. 2.1 Схема плиты с круглыми пустотами

Таблица 2.1-Исходные данные по железобетонным плитам перекрытий с круглыми пустотами (см. рис 2.1 прил.2)

Вариант №	Класс бетона по прочности "В"	Влажность бетона W, %	Толщина защитного слоя бетона σ_3 , мм	Количество диаметр арматурных стержней, мм класс рабочей арматуры	Нормативная нагрузка q, кН/м ²	Диаметр пустот $\phi П$
1	2	3	4	5	6	7
01	15	1,5	10	6 ϕ 10 A-IIIв 4 ϕ 12 A-IV	3,6	ϕ 159
02	20	1,6	12	2 ϕ 10 A-III 4 ϕ 12 A-IV	5,0	ϕ 140
03	25	1,7	15	5 ϕ 14 A _T - V	6,7	ϕ 159

продолжение Приложения 2
таблица 2.1

1	2	3	4	5	6	7
04	30	1,8	15	6Ø14 A-IIIв	10,5	Ø140
05	15	1,9	12	5Ø10 A-III	3,6	Ø159
06	20	2,0	14	5Ø14 A _T - V 4Ø12 A-IV	5,0	Ø140
07	25	2,1	15	5Ø12 A _T - V	6,7	Ø140
08	30	2,2	16	3Ø14 A _T - VI 2Ø16 A-IIIв	10,5	Ø159
09	15	2,3	12	6Ø10 A-III	3,6	Ø159
10	20	2,4	14	4Ø12 A-IV 2Ø10 A-II	5,0	Ø140
11	25	2,5	15	5Ø14 A-III 4Ø14 A-III	6,7	Ø159
12	30	2,6	20	2Ø16 A-IIIв 6Ø10 A-III	10,5	Ø140
13	15	2,7	15	4Ø12 A _T - V	3,6	Ø159
14	20	2,8	15	2Ø10 A-III	5,0	Ø140
15	25	2,9	15	5Ø14 A _T - VI 4Ø14 A _T - VI	5,7	Ø140
16	30	3,0	20	2Ø14 A _T - VI 4Ø12 A _T - V	10,5	Ø159
17	15	3,1	20	4Ø12 A _T - V	3,8	Ø159
18	20	3,2	20	5Ø16 A _T - VI	4,5	Ø140
19	25	3,3	15	5Ø12 A _T - VI	6,2	Ø140
20	30	3,4	15	4Ø12 A-III 2Ø14 A _T - VI	8,4	Ø159

продолжение Приложения 2

1	2	3	4	5	6	7
21	20	2,4	14	5Ø12 A-III 4Ø12 A-IV	6,7	Ø140
22	25	2,1	12	5Ø14 A _T -IV	3,6	Ø159
23	30	2,2	16	5Ø16 A-IV 4Ø12 A-IV	8,4	Ø159
24	25	3,0	20	2Ø14 A _T - IV 2Ø16 A-IV	12,5	Ø140
25	20	3,4	16	2Ø10 A-IV 4Ø12 A- III	8,0	Ø140
26	25	2,4	20	6Ø10 A-III _B 4Ø12 A-IV	6,4	Ø159
27	30	2,2	16	4Ø14 A _T - VI 2Ø16 A-III _B	10,5	Ø159
28	25	2,1	15	4Ø14 A-III 2Ø16 A-III _B	6,9	Ø140
29	15	1,9	12	2Ø10 A-III 5Ø14 A _T - VI	5,0	Ø140
30	25	1,7	15	5Ø14 A-III _B 4Ø12 A-IV	6,7	Ø140
31	30	1,8	15	6Ø14 A-III _B 4Ø12 A-IV	10,5	Ø159
32	15	1,9	12	5Ø10 A-IV	3,6	Ø159
33	20	2,0	14	4Ø12 A-IV	5,0	Ø140
34	25	2,1	15	5Ø12 A-IV	6,7	Ø140
35	30	2,2	16	3Ø14 A-III 2Ø16 A-III	10,5	Ø159
36	15	2,3	12	6Ø10 A-III	3,6	Ø159
37	20	2,4	14	4Ø12 A-III _B 2Ø10 A-III _B	5,0	Ø140
38	25	2,5	15	5Ø14 IV	6,7	Ø140
39	30	2,6	20	4Ø14 A-IV 2Ø16 A-IV	10,5	Ø140
40	15	2,7	15	6Ø10 A-IV	3,6	Ø159
41	20	2,8	15	4Ø12 A-IV 2Ø10 A-IV	5,0	Ø159

продолжение Приложения 2
таблица 2.1

1	2	3	4	5	6	7
42	25	2,9	15	5Ø14 Ат- VI	5,7	Ø140
43	30	3,0	20	4Ø14 Ат- VI 4Ø14 Ат- VI	10,5	Ø159
44	15	3,1	20	4Ø16 Ат- V	3,8	Ø159
45	20	3,2	20	5Ø16 Ат- V	4,4	Ø140
46	25	3,3	15	5Ø12 Ат- V	6,2	Ø140
47	30	3,4	15	6Ø14 Ат- V	8,4	Ø159
48	15	3,5	12	5Ø10 Ат- V	3,5	Ø159
49	20	3,6	15	5Ø12 А-IV	5,5	Ø140
50	25	3,7	15	5Ø14 А-IV	6,9	Ø140
51	30	3,8	20	5Ø16 А-IV	7,5	Ø140
52	15	3,9	12	6Ø10 А-III	3,1	Ø159
53	20	4,0	15	6Ø12 Ат- V	4,9	Ø159
54	25	4,1	15	6Ø14 А-IIIБ	7,1	Ø140
55	15	1,5	10	6Ø10 А-IV	3,6	Ø140
56	20	1,6	12	2Ø10 А-IV 4Ø12 А-IV	5,0	Ø159
57	25	1,7	15	5Ø14 А-IIIБ	6,7	Ø159
58	30	1,8	15	6Ø14 Ат- V	10,5	Ø140
59	15	1,9	12	5Ø10 Ат- V	3,6	Ø140
60	20	2,0	14	4Ø12 А-IIIБ	5,0	Ø140
61	25	2,1	15	5Ø12 А-IIIБ	6,7	Ø159
62	30	2,2	16	3Ø14 Ат- VI 2Ø16 Ат- VI	10,5	Ø159
63	15	2,3	12	6Ø10 А-IIIБ	3,6	Ø140
64	20	2,4	14	4Ø12 А-IV 2Ø10 А-IV	5,0	Ø159
65	25	2,5	15	5Ø14 А-IIIБ	6,7	Ø159
66	30	2,6	20	4Ø14 Ат- VI 2Ø16 Ат- VI	10,5	Ø140
67	15	2,7	15	6Ø10 А-IV	3,6	Ø140

продолжение Приложения 2
таблица 2.1

1	2	3	4	5	6	7
68	20	2,8	15	4Ø12 A-IV 2Ø10 A-IV	5,0	Ø159
69	25	2,9	15	5Ø14 A _T - V	5,7	Ø159
70	30	3,0	20	4Ø14 A _T - VI 4Ø14 A _T - VI	10,5	Ø140
71	15	3,1	20	4Ø16 A _T - VI	3,8	Ø140
72	20	3,2	20	5Ø16 A-IIIВ	4,4	Ø140
73	25	3,3	15	5Ø12 A-IIIВ	6,2	Ø159
74	30	3,4	15	6Ø14 A-III	8,4	Ø159
75	15	3,5	12	5Ø10 A-IV	3,5	Ø140
76	20	3,6	15	5Ø12 A-IV	5,5	Ø140
77	25	3,7	15	5Ø14 A _T - V	6,9	Ø159
78	30	3,8	20	5Ø16 A _T - VI	7,5	Ø159
79	15	3,9	12	6Ø10 A-IIIВ	3,1	Ø140
80	20	4,0	15	6Ø12 A _T - V	4,9	Ø140
81	25	4,1	15	6Ø14 A _T - V	7,1	Ø140
82	15	1,5	10	6Ø10 A-III	3,6	Ø159
83	20	1,6	12	2Ø10 A-IV 4Ø12 A-IV	5,0	Ø159
84	25	1,7	15	5Ø14 A-III	6,7	Ø140
85	30	1,8	15	6Ø14 A-IIIВ	10,5	Ø140
86	15	1,9	12	5Ø10 A _T - VI	3,6	Ø159
87	20	2,0	14	4Ø12 A _T - VI	5,0	Ø159
88	25	2,1	15	5Ø12 A-IV	6,7	Ø140
89	30	2,2	16	3Ø14 A-IV 2Ø16 A-IV	10,5	Ø140
90	15	2,3	12	6Ø10 A _T - V	3,6	Ø140
91	20	2,4	14	4Ø12 A _T - V 2Ø10 A _T - V	5,0	Ø140
92	25	2,5	15	5Ø14 A-IIIВ	6,7	Ø159
93	30	2,6	20	4Ø14 A-IV 2Ø16 A-IV	10,5	Ø159

продолжение Приложения 2
таблица 2.1

1	2	3	4	5	6	7
94	15	2,7	15	6Ø10 A _T - V	3,6	Ø140
95	20	2,8	15	4Ø12 A-IV 2Ø10 A-IV	5,0	Ø140
96	25	2,9	15	5Ø14 A-III	5,7	Ø159
97	30	3,0	20	4Ø14 A-IV 4Ø14 A-IV	10,5	Ø159
98	15	3,1	20	4Ø16 A-IIIв	3,8	Ø140
99	20	3,2	20	5Ø16 A _T - V	4,4	Ø140
00	25	3,3	15	5Ø12 A _T - VI	6,2	Ø140

Примечания: 1. Вид бетона - тяжелый на гранитном заполнителе - для нечетных номеров вариантов, на известняковом - для четных. Объемная масса (средняя плотность) бетона ($\rho_0 = 2450 \text{ кг/м}^3$).

2. Размеры плиты $b = 1,49 \text{ м}$; $h = 0,22 \text{ м}$; $l = 5,76 \text{ м}$, вес плиты 27,1 кН.

3. Расчетная нагрузка к нормативной составляет 1,2

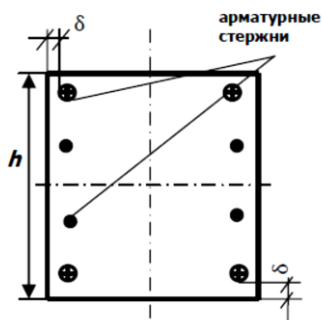


Рис. 2.2 Схема поперечного сечения колонны

таблица 2.2

Исходные данные по железобетонным колоннам (см. рис.2.2 прил.2)

Вариант №	Ширина (высота) попереч. сечения $b=h$, м	Класс бетона по прочности "В"	Влажность W , %	Толщина защитного слоя бетона δ , мм	Количество и диаметр арматурных стержней, мм	Шаг сеток поперечного армирования S , мм
1	2	3	4	5	6	7
1	0,4	20	2,0	35	4Ø32	150
2		15	2,5	25	4Ø22 4Ø8	200
3		20	2,3	30	4Ø28	250
4		25	1,5	30	4Ø25	300
5		30	2,0	35	4Ø32	350
6		20	2,8	30	4Ø25 4Ø8	180
7		25	2,6	25	4Ø20 4Ø12	220
8		15	1,9	34	4Ø32 4Ø18	240
9		20	2,4	20	4Ø10	260
10		25	3,5	23	4Ø20 4Ø10	290

Продолжение приложения 2
таблица 2.2

1	2	3	4	5	6	7
11	0,3	15	1,5	20	8Ø15 4Ø10	280
12		20	1,6	22	8Ø20 4Ø10	310
13		25	1,7	20	8Ø18 4Ø10	315
14		30	1,8	20	8Ø16	320
15		15	1,9	15	8Ø12	335
16		20	2,4	25	6Ø20	340
17		25	2,2	20	6Ø18	360
18		30	2,3	20	6Ø18	370
19		15	2,4	25	6Ø20	360
20		20	2,5	20	4Ø32	370
21	0,35	25	2,6	25	6Ø16	170
22		30	2,7	35	6Ø22	160
23		35	2,8	35	4Ø30	180
24		15	2,9	30	4Ø28	190
25		20	2,9	30	4Ø25	210
26		25	3,0	20	4Ø22	230
27		30	3,1	35	4Ø20	270
28	0,4	25	2,6	35	4Ø20 4Ø12	170
29		15	2,5	25	4Ø22 4Ø8	200
30		20	2,3	30	4Ø28	250
31		20	2,3	30	4Ø28	250
32		25	1,5	30	4Ø25	300
33		30	2,0	35	4Ø32	350
34		20	2,8	30	4Ø25 4Ø8	180
35		25	2,6	25	4Ø20 4Ø12	220
36		15	1,9	34	4Ø32	240
37		20	2,4	20	4Ø18 4Ø10	260
38		25	3,5	23	4Ø20 4Ø10	290

Продолжение приложения 2
таблица 2.2

1	2	3	4	5	6	7
39	0,3	15	1,5	20	8Ø15 4Ø10	280
40		20	1,6	22	8Ø20 4Ø10	310
41	0,4	25	1,5	30	4Ø25	300
42		30	2,0	35	4Ø32	350
43		20	2,8	30	4Ø25 4Ø8	180
44		25	2,6	25	4Ø20 4Ø12	220
45		15	1,9	34	4Ø32	240
46		20	2,4	20	4Ø18 4Ø10	260
47		25	3,5	23	4Ø20 4Ø10	290
48	0,3	15	1,5	20	8Ø15 4Ø10	280
49		20	1,6	22	8Ø20 4Ø10	310
50		25	1,7	20	8Ø18 4Ø10	315
51		30	1,8	20	8Ø16	320
52		15	1,9	15	8Ø12	330
53		20	2,0	25	6Ø20	335
54		25	2,1	20	6Ø18	340
55		30	2,2	20	6Ø16	350
56		15	2,3	25	6Ø22	360
57		20	2,4	20	6Ø18	370
58	0,35	25	2,5	25	6Ø20	160
59		30	2,6	35	4Ø32	170
60		35	2,7	35	4Ø30	180
61		15	2,8	30	4Ø28	190
62		20	2,9	30	4Ø25	210
63		25	3,0	25	4Ø22	230
64		30	3,1	25	4Ø20	270
65	0,4	20	2,0	35	4Ø32	150
66		15	2,5	25	4Ø22 4Ø8	200

Продолжение приложения 2
таблица 2.2

1		3	4	5	6	7
67		20	2,3	30	4Ø28	250
68		25	1,5	30	4Ø25	300
69	0,4	30	2,0	35	4Ø32	350
70		20	2,8	30	4Ø25 4Ø8	180
71		25	2,6	25	4Ø20 4Ø12	220
72		15	1,9	34	4Ø32	240
73		20	2,4	20	4Ø18 4Ø10	260
74		25	3,5	23	4Ø20 4Ø10	290
75	0,3	15	1,5	20	8Ø15 4Ø10	280
76		20	1,6	22	8Ø20 4Ø10	310
77		25	1,7	20	8Ø18 4Ø10	315
78		30	1,8	20	8Ø16	320
79		15	1,9	15	8Ø12	330
80		20	2,0	25	6Ø20	335
81		25	2,1	20	6Ø18	340
82		30	2,2	20	6Ø16	350
83		15	2,3	25	6Ø22	360
84	0,35	20	2,4	20	6Ø18	370
85		25	2,5	25	6Ø20	160
86		30	2,6	35	4Ø32	170
87		35	2,7	35	4Ø30	180
88		15	2,8	30	4Ø28	190
89		20	2,9	30	4Ø25	210
90		25	3,0	25	4Ø22	230
91		30	3,1	25	4Ø20	270

Продолжение приложения 2
таблица 2.2

1	2	3	4	5	6	7
92	0,4	20	2,0	35	4Ø32	150
93		15	2,5	25	4Ø22 4Ø8	200
94		20	2,3	30	4Ø28	250
95		25	1,5	30	4Ø25	300
96		30	2,0	35	4Ø32	350
97		20	2,8	30	4Ø25 4Ø8	180
98		25	2,6	25	4Ø20 4Ø12	220
99		15	1,9	34	4Ø32	240
00		20	2,4	20	4Ø18 4Ø10	260

Примечания:

Вид бетона – тяжелый на гранитном заполнителе – для четных номеров вариантов, на известняковом заполнителе – для нечетных. Нормативная нагрузка принимается равной половине расчетной.

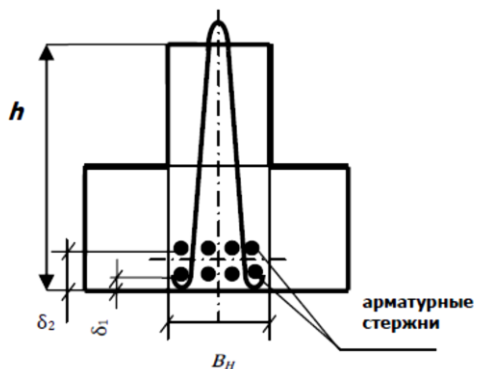


Рис. 2.3 Схема поперечного сечения ригеля

таблица 2.3- Исходные данные по железобетонным ригелям
перекрытий (см. рис 2.3 прил.2)

Вариант №	Ширина ригеля в центре расположения несущей арматуры B_H , мм	Толщина защитного слоя для арматуры		Количество стержней, диаметр, класс арматуры (рабочей)
		нижнего первого ряда δ_1 , мм	второго ряда δ_2 , мм	
1	2	3	4	5
1	320	11	24	5 $\varnothing 10$ +5 $\varnothing 10$ A -III
2	320	11	24	5 $\varnothing 10$ +5 $\varnothing 12$ A -IV
3	320	31	63	2 $\varnothing 28$ +2 $\varnothing 25$ A - V
4	320	31	63	2 $\varnothing 25$ +2 $\varnothing 22$ A _T -VI
5	320	26	54	2 $\varnothing 25$ +2 $\varnothing 25$ A _T -VI
6	320	26	54	3 $\varnothing 25$ +2 $\varnothing 25$ A -VII
7	320	32	65	2 $\varnothing 32$ +2 $\varnothing 32$ A -III
8	320	17	35	4 $\varnothing 16$ +3 $\varnothing 16$ A – V
9	220	27	55	3 $\varnothing 25$ +3 $\varnothing 22$ A -IV
10	220	32	65	3 $\varnothing 32$ +2 $\varnothing 30$ A -III
11	220	32	65	3 $\varnothing 32$ +3 $\varnothing 3$ A - V

продолжение Приложения 2
таблица 2.3

1	2	3	4	5
12	220	15	30	5 Ø14+4Ø 14 A _T -VI
13	230	22	45	3 Ø22+2 Ø22 A _T -VII
14	230	9	20	4 Ø20+3Ø 20 A _T -IV
15	230	17	35	5Ø 16+4 Ø16 A - V
16	230	17	35	5 Ø16+5 Ø16 A - I B
17	270	14	31	5 Ø14+5Ø12 A _T -VI
18	270	18	38	5 Ø18+5 Ø16 A -II
19	280	19	40	5 Ø18+4Ø16 A -IV B
20	280	19	40	5 Ø18+3 Ø16 A _T -IV
21	230	22	45	4Ø 22+3 Ø22 A – I
22	240	22	45	4 Ø22+3Ø 20 A -III
23	240	22	45	5 Ø22+2Ø20 A _T - V
24	350	19	40	4 Ø18+3Ø 16 A -IV
25	350	19	40	4 Ø18+2 Ø16 A - V
27	360	17	35	5 Ø16+4Ø 14 A - I
28	360	17	35	5 Ø16+3 Ø14 A -II
29	200	18	39	4Ø 18+3 Ø16 A _T -VI
30	200	18	39	4 Ø18+4 Ø16 A -III B
31	200	19	40	4 Ø18+3 Ø14 A –III B
32	210	18	43	5 Ø18+4 Ø16 A –III B
33	210	18	43	5 Ø18+5Ø 14 A - I B
34	220	13	28	5 Ø12+5 Ø10 A _T - V
35	220	18	39	5 Ø18+3Ø 16 A _T -IV
36	350	27	55	4Ø25+3Ø20 A-VI
37	350	17	35	5Ø16+4Ø16 A-I B
38	350	17	35	5Ø16+3Ø16 A-III B
39	350	22	45	4Ø22+3Ø22 A _T -IV
40	350	22	45	4Ø22+3Ø20 A _T -V
41	350	11	24	5Ø10+5Ø10 A _T -VI

продолжение Приложения 2
таблица 2.3

1	2	3	4	5
42	350	18	40	5Ø16+5Ø14 A _T -VII
43	360	17	35	5Ø16+4Ø14 A-I
44	360	17	35	5Ø16+3Ø14 A-II
45	360	17	25	5Ø16+4Ø16 A-III
46	360	27	55	4Ø25+3Ø22 A-IV
47	360	28	52	2Ø28+3Ø25 A-V
48	360	18	40	5Ø18+4Ø16 A-VI
49	260	22	45	2Ø22+3Ø20 A-I B
50	260	28	53	3Ø28+3Ø26 A-IIIB
51	260	18	40	4Ø18+4Ø16 A _T -IV
52	260	26	54	4Ø25+4Ø22 A _T -V
53	270	14	31	5Ø14+5Ø12 A _T -VI
54	270	18	33	5Ø18+5Ø16 A _T -VII
55	270	27	55	4Ø25+4Ø22 A-I
56	270	18	38	5Ø18+5Ø16 A-II
57	270	24	49	4Ø22+4Ø20 A-III
58	270	33	69	3Ø32+3Ø28 A-IV
59	270	19	39	4Ø18+4Ø16 A-V
60	270	19	39	5Ø18+4Ø16 A-VI
61	270	20	40	4Ø22+3Ø18 A-I B
62	270	20	40	5Ø20+4Ø18 A-IIIB
63	280	19	40	5Ø18+4Ø16 A-IVB
64	280	19	40	5Ø18+3Ø16 A _T -IV
65	280	24	49	4Ø22+4Ø20 A _T -V
66	280	27	55	4Ø25+4Ø22 A _T -VI
67	280	16	26	5Ø16+4Ø16 A _T -VII
68	280	17	27	5Ø16+3Ø16 A-I
69	280	18	29	4Ø18+4Ø16 A-II

продолжение Приложения 2
таблица 2.3

1	2	3	4	5
70	280	22	45	4Ø22+4Ø20 A-III
71	280	33	69	3Ø32+3Ø28 A-IV
72	280	18	37	5Ø18+4Ø16 A-V
73	290	22	45	4Ø22+4Ø20 A-VI
74	290	18	40	5Ø18+4Ø18 A _T -VII
75	290	18	37	5Ø18+3Ø18 A _T -VI
76	290	27	55	4Ø25+4Ø22 A _T -V
77	290	19	40	5Ø18+5Ø16 A _T -VI
78	290	29	60	3Ø28+3Ø25 A-III B
79	290	27	55	3Ø25+3Ø22 A-IB
80	290	13	28	5Ø12+5Ø10 A _T -VII
81	290	13	28	5Ø12+4Ø10 A _T -IV
82	290	33	69	3Ø32+3Ø28 A _T -V
83	200	18	39	4Ø18+3Ø16 A _T -VI
84	200	18	39	4Ø18+4Ø16 A-III B
85	200	19	40	4Ø18+3Ø14 A-III B
86	200	19	40	5Ø18+3Ø16 A-III
87	200	19	42	5Ø18+4Ø18 A-I
88	200	19	42	4Ø18+4Ø16 A-II
89	200	19	45	3Ø18+3Ø16 A _T -VII
90	200	19	45	4Ø18+3Ø16 A _T -VI
91	200	19	45	4Ø18+2Ø16 A _T -IV
92	200	19	45	5Ø18+3Ø14 A _T -V
93	210	18	43	5Ø18+4Ø16 A-III B
94	210	18	43	5Ø18+5Ø14 A-I B
95	210	18	40	4Ø18+3Ø16 A-V
96	210	18	40	3Ø18+3Ø18 A-IV
97	210	16	38	4Ø16+4Ø14 A-III

продолжение Приложения 2
таблица 2.3

1	2	3	4	5
98	210	16	38	5Ø16+4Ø14 A-II
99	210	17	36	5Ø16+3Ø14 A-I
00	210	17	36	4Ø16+4Ø14 A-IIIB

Таблица 2.4 - Площадь поперечных сечений арматурных стержней

Номинальный диаметр стержня, мм	Расчетная площадь сечения, мм ² , при числе стержней								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,7	56,5	63,6
4	12,5	25,1	37,7	50,2	62,8	75,4	87,9	100,5	113
5	19,6	39,3	58,9	78,5	98,2	117,8	137,5	157,1	176,7
6	28,3	57,0	85,0	113	141	170	198	226	254
8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	452
10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707
12	113,1	226	339	452	563	679	792	905	1018
14	153,9	308	462	616	769	928	1077	1231	1385
16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810
18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290
20	314,2	628	942	1256	1571	1885	2199	2514	2828
22	380,1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421
25	490,9	982	1473	1964	2464	2945	3436	3927	4418
28	615,3	1232	1847	2463	3079	3695	4010	49260	5542
32	804,3	1609	2413	3214	4021	4826	5630	6434	7238
36	1017,9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161
40	1256,6	2513	3770	5027	6283	7540	8798	10053	11310

Таблица 2.5- Значение коэффициента продольного изгиба (φ_t) для нагретых колонн

$l_0/b_{я}$	8	10	12	14	16	18	20	22
$l_0/d_{я}$	7	8,5	10,5	12	14	15,5	17	19
φ_t	1	0,98	0,96	0,93	0,89	0,85	0,81	0,77
$l_0/b_{я}$	24	26	28	30	32	34	36	
$l_0/d_{я}$	21	22,5	24	26	28	29,5	31	
φ_t	0,73	0,68	0,64	0,59	0,54	0,49	0,44	

Таблица 2.6-Теплофизические характеристики бетонов и арматуры при высоких температурах

Вид материала	Средняя плотность (в сухом состоянии), ρ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ_t , Вт/м•К	Удельная теплоемкость C_t , Дж/кг•К
Тяжелый бетон на щебне: Гранитном Известняковом	2330 2250	$\lambda_t=1,3-0,00035t$ $\lambda_t=1,29-0,00055t$	$C_t=481+0,84t$ $C_t=481+0,84t$
Керамзитобетон	1600 1500	$\lambda_t=0,39+0,000116t$ $\lambda_t=0,30+0,00023t$	$C_t=710+0,48t$ $C_t=710+0,48t$
Бетон на трепельном заполнителе	1400	$\lambda_t=0,73-0,000116t$	$C_t=710+0,48t$
Поризованный бетон	1690 1433	$\lambda_0=0,47$ $\lambda_t=0,48+0,000116t$	$C_t=598+0,63t$ $C_t=598+0,63t$
Песчаный бетон	2066	$\lambda_t=1,15-0,00035t$	$C_t=598+0,63t$
Силикатобетон, изготовленный по полугидратной схеме	1850	$\lambda_t=0,87-0,000116t$	$C_t=841+0,071t$
Бетон на щебне из красного кирпича	1800	$\lambda_0=0,67$	$C_t=481+0,84t$
Перлитобетон	1090	$\lambda_t=0,26+0,000116t$	$C_t=680+0,59t$
Керамзитопенобетон	950	$\lambda_t=0,195+0,00013t$	$C_t=680+0,59t$
Газобетон на молотом песке	480 750 1100	$\lambda_t=0,041+0,00019t$ $\lambda_t=0,164+0,000081t$ $\lambda_0=0,31$	$C_t=748+0,63t$ $C_t=748+0,63t$ $C_t=748+0,63t$

Примечания: 1. Данные получены В. М. Ройтманом импульсным методом.

2. Зависимости справедливы для $T \geq 273$ К.

3. λ_0 - коэффициент температуропроводности при $T = 273$ К.

Таблица 2.7- Значения критических температур бетона

Бетон	Наименьший размер сечения, мм	Температура t_{cr} , °C при отношении N_p/N_n (M_p/M_n)		
		4 и менее	4-5	5 и более
На гранитном и песчаном заполнителе	120 и менее	650	650	650
	160	575	575	575
	200 и более	500	575	650
На известняковом заполнителе	120 и менее	750	750	750
	160	675	675	675
	200 и более	600	675	750

Таблица 2.8 - Температура в середине неограниченной пластины

$F_o/4$	θ_c	$F_o/4$	θ_c	$F_o/4$	θ_c
0.001	1.0000	0.044	0.8162	0.087	0.5393
0.003	1.0000	0.046	0.8015	0.089	0.5288
0.005	1.0000	0.048	0.7868	0.091	0.5185
0.007	1.0000	0.050	0.7723	0.093	0.5084
0.009	0.9996	0.052	0.7579	0.095	0.4985
0.011	0.9985	0.054	0.7437	0.097	0.4887
0.013	0.9961	0.056	0.7297	0.099	0.4792
0.015	0.9922	0.058	0.7158	0.102	0.4652
0.017	0.9866	0.060	0.7022	0.106	0.4472
0.019	0.9794	0.062	0.6888	0.110	0.4299
0.021	0.9706	0.064	0.6756	0.114	0.4133
0.023	0.9605	0.066	0.6626	0.118	0.3973
0.025	0.9493	0.068	0.6498	0.112	0.3819
0.027	0.9372	0.070	0.6372	0.126	0.3671
0.029	0.9242	0.072	0.6249	0.130	0.3529
0.031	0.9107	0.074	0.6128	0.134	0.3393
0.033	0.8967	0.076	0.6009	0.138	0.3261
0.035	0.8824	0.078	0.5892	0.142	0.3135
0.037	0.8679	0.080	0.5778	0.146	0.3014
0.039	0.8532	0.082	0.5665	0.150	0.2897
0.041	0.8384	0.084	0.5555	0.154	0.2785
0.043	0.8236	0.086	0.5447	0.158	0.2785

Таблица 2.9- Изменение температуры от времени по стандартному температурному режиму

τ, ч-мин	t, °C	τ, ч-мин	t, °C	τ, ч-мин	t, °C
0-05	556	0-55	910	2-45	1075
0-10	659	1-00	925	3-00	1090
0-15	718	1-10	950	3-15	1100
0-20	750	1-20	970	3-30	1115
0-25	790	1-30	986	3-45	1120
0-30	821	1-40	1005	4-00	1128
0-35	845	1-50	1015	4-15	1135
0-40	865	2-00	1029	4-30	1147
0-45	885	2-15	1045	4-45	1154
0-50	895	2-30	1065	5-00	1160

Таблица 2.10 - Расчетные значения коэффициента γ_a , учитывающего снижение сопротивления арматурных стержней в зависимости от температуры их нагрева в напряженном состоянии

Наименование, класс арматуры, марка стали	R_{sn} , МПа	Коэффициент γ_a при температуре, °C						
		450	500	550	600	650	700	750
Арматура класса А-I:	240	0,83	0,66	0,51	0,37	0,24	0,15	0,09
сталь марки Ст3	235	0,83	0,66	0,51	0,37	0,24	0,15	0,09
Арматура класса А-II:	300	1,00	0,76	0,52	0,36	0,23	0,16	0,1
сталь марки Ст5	290	1,00	0,76	0,52	0,36	0,23	0,16	0,1
сталь марки Ст10ГТ	290	0,85	0,66	0,49	0,34	0,21	0,16	0,1
Арматура класса А-III	400	0,98	0,79	0,63	0,46	0,30	0,18	0,09
сталь марки 25Г2С	390	0,98	0,79	0,63	0,46	0,30	0,18	0,09
сталь марки 35ГС	390	1,00	0,84	0,63	0,47	0,30	0,18	0,09
Арматура классов:								
А-IIв, сталь марки Ст5	440	0,82	0,63	0,41	0,24	0,12	0,08	0,04
А-IIIв, сталь марки 25Г2С	550	0,91	0,70	0,49	0,33	0,20	0,13	0,07
А-IIIв, сталь марки 35ГС	550	0,95	0,73	0,51	0,35	0,22	0,13	0,07
Арматура классов: А-IV, А-IV	600	0,81	0,64	0,50	0,35	0,21	0,1	0,05
А-IV, сталь марки 80С	590	0,81	0,64	0,50	0,35	0,21	0,1	0,05
А-IV, сталь марки 30ХГ2С	590	0,84	0,66	0,50	0,35	0,22	0,11	0,05
А-IV, сталь марки 20ХГ2Ц	590	0,86	0,67	0,48	0,31	0,19	0,11	0,05
А-IV -V	800	1,0	0,69	0,38	0,15	0,05	0,01	0
А -V	800	0,79	0,63	0,4	0,23	0,11	0,06	0,03
А-VI	980	0,63	0,37	0,18	0,08	0,04	0,02	0,01
А-IV -VI	1000	0,63	0,37	0,18	0,08	0,04	0,02	0,01
А-IV -VII	1200	0,63	0,43	0,25	0,13	0,07	0,04	0,02

$$E_a = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Таблица 2.11- Таблица значений функции ошибок Гаусса (Крампа) – $\text{erf}x$

X	erfX	X	erfX	X	erfX	X	erfX
0.00	0.0000	0.50	0,5205	1.00	0.8427	1.50	0.9661
0.02	0.0216	0.52	0,5379	1.02	0.8508	1.52	0.9684
0.04	0.0451	0.54	0.5549	1.04	0.8586	1.54	0.9706
0.06	0.0676	0.56	0.5716	1.06	0.8661	1.56	0.9726
0.08	0.0901	0.58	0.5879	1.08	0.8733	1.58	0.9745
0.10	0.1125	0.60	0.6039	1.10	0.8802	1.60	0.9763
0.12	0.1348	0.62	0.6194	1.12	0.8868	1.62	0.9780
0.14	0.1569	0.64	0.6346	1.14	0.8931	1.64	0.9796
0.16	0.1790	0.66	0.6494	1.16	0.8991	1.66	0.9811
0.18	0.2009	0.68	0.6638	1.18	0.9048	1.68	0.9826
0.20	0.2227	0.70	0.6778	1.20	0.9103	1.70	0.9838
0.22	0.2443	0.72	0.6914	1.22	0.9155	1.72	0.9850
0.24	0.2657	0.74	0.7047	1.24	0.9205	1.74	0.9861
0.26	0.2869	0.76	0.7175	1.26	0.9252	1.76	0.9872
0.28	0.3079	0.78	0.7300	1.28	0.9297	1.78	0.9882
0.30	0.3286	0.80	0.7421	1.30	0.9340	1.80	0.9892
0.32	0.3491	0.82	0.7538	1.32	0.9381	1.90	0.9928
0.34	0.3694	0.84	0.7651	1.34	0.9419	2.00	0.9953
0.36	0.3893	0.86	0.7761	1.36	0.9456	2.10	0.9970
0.38	0.4090	0.88	0.7867	1.38	0.9460	2.20	0.9981
0.40	0.4284	0.90	0.7969	1.40	0.9523	2.30	0.9989
0.42	0.4475	0.92	0.8068	1.42	0.9554	2.40	0.9993
0.44	0.4662	0.94	0.8163	1.44	0.9583	2.50	0.9996
0.46	0.4847	0.96	0.8254	1.46	0.9611	2.60	0.9998
0.48	0.5027	0.98	0.8312	1.48	0.9637	2.70	0.9999

Таблица 2.12 - Числовые значения коэффициента (K) в зависимости от объемной массы (средней плотности) (ρ_0) бетона

ρ_0 , кг/м ³	100 и менее	1000	1500	2000	2300	2450
K, ч ^{0,5}	27,6	33	34,8	36	37,2	39

Таблица 2.13 - Числовые значения коэффициента (K_1) в зависимости от объемной массы (средней плотности) (ρ_0) бетона

ρ_0 , кг/м ³	500 и менее	800	1100	1400	1700	2000 и более
K_1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,5

Литература

1. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: Учебник. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. - 364 с.
2. Федеральный закон №123-ФЗ от 22 июля 2008г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций : - М.ЗАО «Спецтехника». 2001. -496 с.
4. МДС 21–2.2000. Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. НИИЖБ. - М.: Стройиздат, 2000. – 92 с.
5. ГОСТ (СТ СЭВ) 1000-78. Противопожарные нормы строительного проектирования: Метод испытания строительных конструкций на огнестойкость.
6. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
7. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции
8. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости железобетонных конструкций. НИИЖБ - М.: Стройиздат, 1986. - 40 с.
9. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Госстрой России, 1999. – 15 с.
10. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. -М.: Стройиздат, 1988.
11. Свод правил СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты», ФГУ ВНИИПО МЧС России, Москва, 2020.

В набор _____. В печать _____.
Объем ____ усл.п.л., ____ уч.-изд.л. Офсет. Формат 60x84/16
Бумага тип № 3. Заказ № _____. Тираж _____

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1