

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

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей
среды»

«Пожарная безопасность строительных материалов и конструкций зданий и сооружений»

методические указания к выполнению контрольной работы для
магистров направления 20.04.01 «Техносферная безопасность» по
программе «Пожарная безопасность производственных и социальных
объектов»

Ростов-на-Дону 2020

Составители:

к.т.н., доцент	С.Н. Холодова
к.т.н., доцент	И.В. Богданова
к.т.н., доцент	В.Г. Лебеденко

УДК 699.812.2

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Пожарная безопасность строительных материалов и конструкций зданий и сооружений» / Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ. 2020-50с.

Предназначены для магистров направления 20.04.01 «Техносферная безопасность» всех форм обучения.

Печатается по решению методической комиссии совета направления

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

©Издательский центр ДГТУ, 2020

1. Общие требования к выполнению контрольной работы

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

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

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

Расчетная часть контрольной состоит из определения фактических пределов огнестойкости железобетонных конструкций.

Варианты контрольной работы приведены в таблицах 1,2.

Номер варианта по расчетной части выбирается обучающимся с таким расчетом, чтобы он соответствовал сумме двух последних цифр номера зачетной книжки. Например, номер зачетной книжки 69307 – вариант контрольной работы №7, при номере зачетной книжки 97499 – вариант №18.

Контрольную работу следует выполнять на писчей бумаге формата А4 (297х210мм) на одной стороне листа.

2. Методика расчета пределов огнестойкости железобетонных конструкций

2.1 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 истечение которого несущая способность снизится до величины нормативной (рабочей) нагрузки, является пределом ее огнестойкости, т. е. когда будет достигнуто равенство:

$$N_t (M_t) = N_n (M_n), \quad (2.1)$$

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.1)

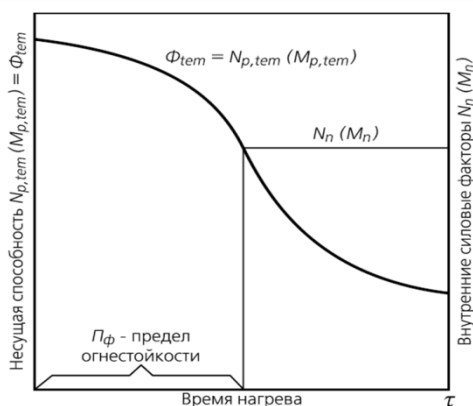


Рисунок 1 Изображение принципа определения предела огнестойкости конструкций по первому предельному состоянию наступления предела огнестойкости несущей конструкции

2.2.1 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:

$$t_y = 1250 - (1250 - t_H) \operatorname{erf} \frac{K + \frac{y + K_1 \cdot d}{\sqrt{a_{пр}}}}{2\sqrt{\tau}} \quad (2.1)$$

где t_H - начальная температура конструкции до пожара ($t_H = 20$ °С);

K - коэффициент, зависящий от объемной массы (средней плотности) бетона (табл. 9 прил. 1);

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

d - диаметр арматурного стержня, м;

K_1 - коэффициент, зависящий от объемной массы бетона (табл. 10 прил. 1)

τ - время, с;

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

$$a_{red} = \frac{\lambda_{tem}}{(c + 50,4W_B)\rho_0}, \quad (2.2)$$

где λ_t - значение коэффициента теплопроводности бетона при температуре 450 °С (табл. 3 прил. 1), Вт/м·К;

c_t - значение удельной теплоемкости бетона при температуре 450 °С (табл. 3 прил. 1), 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 (2.1). Для этого в начале вычисляют величину функции:

$$\operatorname{erf} X = \frac{1250 - t_{z,\tau}}{1250 - t_H} \quad (2.3)$$

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

X - аргумент функции (2.3), определяют по формуле:

$$X = \frac{K + \frac{y + K_1 \cdot d}{\sqrt{a_{np}}}}{2\sqrt{\tau}} \quad (2.4)$$

Затем по таблице 9 приложения 2 определяют величину аргумента X. Далее вычисляют время прогрева арматуры до $(t_{z,\tau})$, используя формулу (3.5) в виде:

$$\tau = \left[\frac{K + \frac{y + K_1 \cdot d}{\sqrt{a_{np}}}}{2X} \right]^2 \quad (2.5)$$

Это время (τ) и является (Π_{Φ}) 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:

$$t_{x,\tau} = 1250 - (1250 - t_n) \left[\operatorname{erf} \frac{\xi}{2\sqrt{F_0}} + \operatorname{erf} \frac{2-\xi}{2\sqrt{F_0}} - 1 \right] \quad (2.6)$$

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:

$$F_0 = \frac{a_{np}\tau}{(0,5\delta + K\sqrt{a_{np}})^2} \quad (2.7)$$

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):

$$\left[\operatorname{erf} \frac{\xi}{2\sqrt{F_0}} + \operatorname{erf} \frac{2-\xi}{2\sqrt{F_0}} - 1 \right] = \theta \quad (2.8)$$

где θ - относительная избыточная температура.

С учетом выражения (2.8) формулу (2.6) можно записать в виде:

$$t_{x,\tau} = 1250(1250 - t_H)\theta. \quad (2.9)$$

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:

$$\theta_u = \left[2 \operatorname{erf} \frac{1}{2\sqrt{F_0}} - 1 \right] \quad (2.10)$$

т. е. ($\theta = \xi(F_0)$). В приложении 2 (таблица 6) приведены значения (θ_u) в зависимости от ($F_0/4$). Кроме того, величину (θ) можно определить по номограмме (рисунок 2).

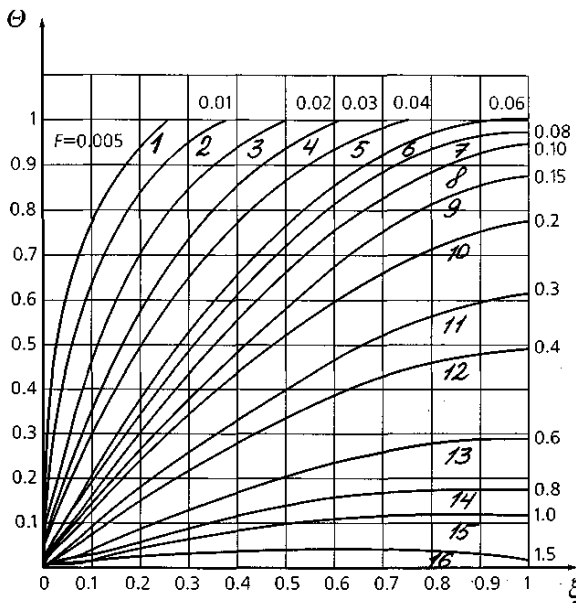


Рисунок 2- Номограмма для определения относительной температуры (θ) в зависимости от критерия Фурье (F_0) и величины (ξ)

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 двумерное 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]:

$$\frac{t_B - t_{x,y} \tau}{t_B - t_H} = \frac{t_B - t_x \tau}{t_B - t_H} \cdot \frac{t_B - t_y \tau}{t_B - t_H} \quad (2.11)$$

где $t_{x,y} \tau$ - температура двумерного поля, °C;

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

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

$$t_B = 345 \lg (0.133 \tau + 1) + t_H, \quad (2.12)$$

где τ - время, с.

Из соотношения (2.11) находим:

$$t_{xy} \tau = t_B - \frac{(t_B - t_x \tau) \cdot (t_B - t_y \tau)}{t_B - t_H} \quad (2.13)$$

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 (2.9).

Если необходимо определить температуру в балке или колонне, обогреваемых с трех сторон, значения (t_x) находим по формуле (2.6), а (t_y) по формуле (2.3).

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 (2.1) при:

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

$$\delta_{ty} = (2X \cdot \sqrt{\tau} - K) \cdot \sqrt{a_{np}} \quad (2.14)$$

где X - аргумент функции Гаусса:

$$X = \frac{K \cdot \sqrt{a_{np}} + \delta_{ty}}{2 \sqrt{a_{np} \cdot \tau}} \quad (2.15)$$

X - аргумент функции Гаусса определяют по таблице 8 приложения 1 при значении функции:

$$\operatorname{erf} X = \frac{1250 - t_{bcr}}{1250 - t_H} \quad (2.16)$$

где t_{bcr} - критическая температура бетона (определяют по табл. 4) прил. 1 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_x) определяют на заданный момент времени по формуле, полученной из выражения (2.6):

$$\delta_{tx} = 2(0.5 b_x + K \sqrt{a_{np}}) \cdot (1 - \xi_x) \quad (2.17)$$

где b_x - ширина колонны, м;

ξ_x - коэффициент (определяют по номограмме, (см. рис. 2), зависящий от величины относительной температуры (θ_x) и критерия Фурье (F_{0x}):

$$\theta_x = \frac{1250 - t_B}{1250 - t_H} + \frac{(t_B - t_{bcr}) \cdot (t_B - t_H)}{(t_B - t_{y=0\tau})(1250 - t_H)} ; \quad (2.18)$$

где $t_{y=0\tau}$ - температура в центре ядра поперечного сечения конструкции через время от начала обогрева, °С, определяют по формуле (2.9), в виде:

$$t_{y=0\tau} = 1250 - (1250 - t_H) \cdot \theta_u \quad (2.19)$$

где θ_u - относительная температура в центре поперечного сечения конструкции; определяют (по табл. 5 прил. 1) в зависимости от ($F_0/4$);

$$F_{ax} = \frac{a_{i\delta} \tau}{(0,5b_x + K\sqrt{a_{i\delta}})^2} \quad (2.20)$$

Второй размер "ядра" поперечного сечения b_{ty} определяют на заданный момент времени по формуле, полученной из уравнения (2.6):

$$b_{ty} = (0,5b_y + K\sqrt{a_{np}}) \cdot (1 - \xi_y) \quad (2.21)$$

где b_y - коэффициент (определяют по номограмме, см. рис.2), зависящий от величины (b_y) и (F_{oy})

$$\theta_y = \frac{1250 - t_B}{1250 - t_H} + \frac{(t_B - t_{bcr}) \cdot (t_B - t_H)}{(t_B - t_{x=0\tau}) \cdot (1250 - t_H)} \quad (2.22)$$

где $t_{x=0\tau}$ температура в центре "ядра" поперечного сечения конструкции через время обогрева, °С; определяют по формуле (2.9) в виде:

$$t_{x=0\tau} = 1250 - (1250 - t_H) \cdot \theta_u \quad (2.23)$$

где θ_u относительная температура в центре поперечного сечения конструкции; определяют (по табл. 5 прил. 1) в зависимости от ($F_{oy}/4$):

$$F_{oy} = \frac{a_{np} \tau}{(0,5b_y + K\sqrt{a_{np}})^2} \quad (2.24)$$

Если конструкция прямоугольного поперечного сечения обогревается с трех сторон, то толщину слоя бетона, прогретого с одной стороны, определяют по формуле (2.14): $b_{ty} = (2X\sqrt{\tau} - K)\sqrt{a_{np}}$

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

$$\operatorname{erf} X = \frac{1250 - t_B}{1250 - t_H} + \frac{(t_B - t_{bcr}) \cdot (t_B - t_H)}{(t_B - t_{x=0\tau}) \cdot (1250 - t_H)} \quad (2.25)$$

Температуру ($t_{x=0\tau}$) определяют по формуле (2.23). Ширину (b_{tx}) "ядра" поперечного сечения на заданный момент времени определяют по формуле (2.17). Для определения величины (ξ_x) по номограмме (см. рис.

2), параметр (θ_x) вычисляют по формуле:

$$Q_x = \frac{1250 - t_B}{1250 - t_H} + \frac{(t_B - t_{BCr}) \cdot (t_B - t_H)}{(t_B - t_{y=h, \tau}) \cdot (1250 - t_H)} \quad (2.26)$$

В формуле (2.26) величина $(t_{y=h, \tau})$ вычислена из выражения:

$$t_{y=h, \tau} = 1250 - (1250 - t_H) \operatorname{erf} \frac{K \sqrt{a_{np}} + h}{2 \sqrt{a_{np} \cdot \tau}} \quad (2.27)$$

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

Представленная часть методики разработана на основе уравнения статики, результатов натуральных огневых испытаний строительных конструкций и экспериментальных исследований деформативно-прочностных характеристик бетона и стальной арматуры применительно к нагреву строительных конструкций по стандартному температурному режиму [4].

2.2.3 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. 7 прил. 1) 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):

$$\gamma_{stcr} = \frac{R_{sutcr}}{R_{su}} = \frac{\sigma_s}{R_{su}} \quad (2.28)$$

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

$$M_t = N_{bt} \cdot Z_{bt} = R_{bu} \cdot b \cdot x_t (h_0 - 0,5x_t) \quad (2.29)$$

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;

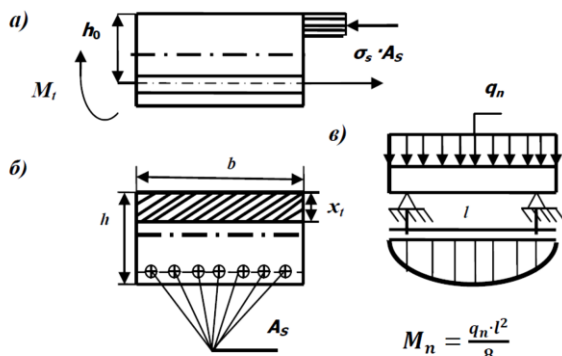


Рисунок 3 Схема распределения усилий в поперечном сечении плоскости конструкции, работающей на изгиб:

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:

$$R_{bu} = R_{bn} / \gamma_b \quad (2.30)$$

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:

$$R_{bu} \cdot b \cdot x_t (h_0 - 0,5x_t) - M_n = 0 \quad (2.31)$$

отсюда

$$x_t = h_0 - \sqrt{h_0^2 - 2 \frac{M_n}{R_{bu}} b} \quad (2.32)$$

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:

$$\sigma_{s,tem} = \frac{R_{bu} b \cdot x_t}{A_s} \quad (2.33)$$

где A_s - суммарная площадь поперечного сечения арматурных стержней в растянутой зоне поперечного сечения конструкции (табл. 1, прил. 1), м^2 .

Затем можно вычислить (γ_{stcr}) по формуле (2.28); (t_{scr}) по табл. 7 прил. 1 и (Π_{ϕ}) - по формуле (2.5).

При решении статической задачи сечение многопустотных железобетонных плит (с пустотами, расположенными вдоль длины плиты) и настилов приводят к расчетному – тавровому сечению (рисунок 4). При этом высота сжатой зоны может быть рассчитана по формуле (2.32), если ($X_t < h_f$), рисунок 3).

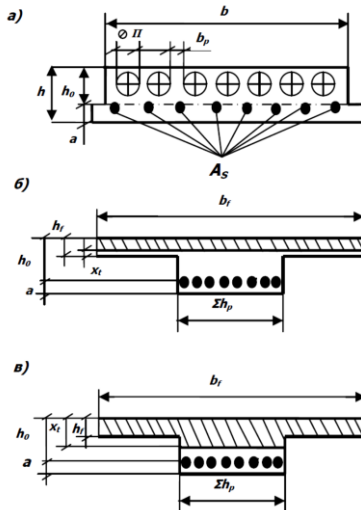


Рисунок 4 Схема приведения формы поперечного сечения многопустотной плиты к форме тавра: а) исходная форма, б) приведенная форма при ($X_t < h_f$); в- при ($X_t > h_f$)

В том случае, если ($X_t > h_f$), то формулу для расчета (X_t) получают из равенства (2.25), учитывающего разделение формы сжатой зоны (см. рис. 3) на два прямоугольника.

Несущую способность вычисляют по формуле:

$$M_t = h_1(b_f - \Sigma b_p)R_{bu}(h_0 - 0.5 h_f) + \Sigma b_p \cdot x_t \cdot R_{bu} \cdot (h_0 - 0.5 X_t) \quad (2.34)$$

Отсюда

$$x_t = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2[M_n - h_f(b_f - \Sigma b_p)R_{bu}(h_0 - 0.5 h_f)]}{R_{bu} \Sigma b_p}} \quad (2.35)$$

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

$$\sigma_s = \frac{b_f x_t R_{bu}}{A_s} \quad (2.36)$$

$$\text{при } x_t > h_f \quad \sigma_s = \frac{R_{bu}[h_f b_f + (x_t - h_f) \Sigma b_p]}{A_s} \quad (2.37)$$

Далее по формуле (2.28) вычисляют (γ_{scr}), по табл. 7 прил. 1 находят (t_{scr}), затем определяют (Π_ϕ) по формуле (2.5) и умножают на коэффициент, равный 0.9, учитывающий влияние пустот плиты.

2.2.4 Методика расчета огнестойкости сжатых конструкций

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:

$$N_{t,\tau} = \varphi_t (A_\pi R_{bu} + R_{su} A_s \gamma_{st}), \quad (2.38)$$

φ_t - коэффициент продольного изгиба колонны (табл. 2 прил. 1); 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 (2.30), Па;
где $A_{я}$ – площадь ядра сечения

$$(A_{я} = b_{я} \cdot h_{я}), \text{ м}^2 \quad (2.39)$$

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

A_s – суммарная площадь арматуры, м^2 ; табл. 1 прил. 1), 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 прил.2)

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

$$R_{su} = \frac{R_{sn}}{\gamma_a} \quad (2.40)$$

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

Па;

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

Контрольные задания

таблица 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, холоднокатаной, 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 ненесущего 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 ?

Таблица 2 -Исходные данные для расчета фактических пределов огнестойкости железобетонных конструкций

Но- мер вари- анта	Пролёт, расчёт- ная длина l_0 , м	Сечение элемента, мм	Класс бетона	Средняя плот- ность бетона, $\rho_{бет}$, кг/м ³	Диаметр и класс арма- туры	Весовая влаж- ность бетона, %	Нормативная нагрузка		Количество и диаметр пустот, мм	Толщина защитно- го слоя ² , мм	Вид круп- ного за- полнителя
							$q_{нв}$, кН/ м	$N_{нв}$, кН			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Многopустотные плиты перекрытий											
0	6,0	1200x220	B20	2300	4Ø16A400	1,5	6,0	-	4Ø160	20	гранит
1	5,9	1200x240	B15	2450	4Ø16A600	2,0	7,7	-	4Ø160	20	гранит
2	5,88	2200x200	B25	2000	10Ø10A800	1,8	21,0	-	12Ø140	15	извест- няк
3	5,9	1500x220	B30	2300	7Ø8Bp1500	2,0	5,4	-	6Ø160	25	гранит
4	6,2	1200x220	B35	2250	4Ø14A1000	1,4	6,2	-	4Ø160	15	извест- няк
5	6,0	2000x200	B20	2300	6Ø12A400	2,5	8,0	-	10Ø140	25	извест- няк
6	4,8	1200x220	B15	2000	4Ø18A400	2,0	5,0	-	4Ø160	20	гранит
Балки											
7	6,0	200x300	B25	2300	3Ø20A300	2,0	9,0	-	-	a=40 c ₁ =40 c ₂ =100	гранит
8	7,2	250x600	B20	2500	3Ø22A400	1,5	20	-	-	a=50 c ₁ =50 c ₂ =125	гранит

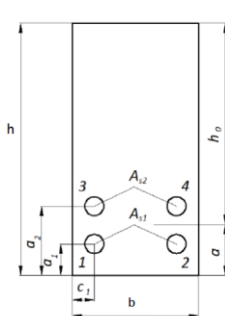


Рисунок 5
Сечение балки

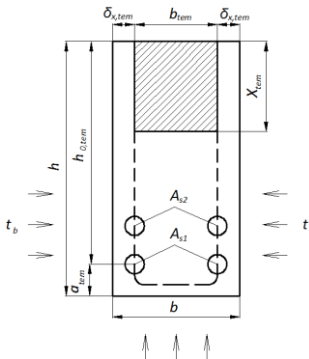


Рисунок 6
К расчету предела
огнестойкости балки

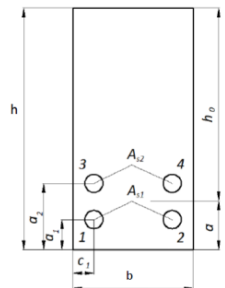


Рисунок 7
К расчету огнестойкости
колонны

Продолжение таблицы 2

Но- мер вари- анта	Пролёт, расчёт- ная длина l_0 , м	Сечение элемента, мм	Класс бетона	Средняя плот- ность бетона, $\rho_{бет}$, кг/м ³	Диаметр и класс арма- туры	Весовая влаж- ность бетона, %	Нормативная нагрузка		Количество и диаметр пустот, мм	Толщина защитно- го слоя ⁺ , мм	Вид круп- ного за- полнителя
							$q_{н}$, кН/ м	$N_{н,к}$ Н			
9	7,5	300х750	B20	2450	3Ø25A400 3Ø32A400	2,5	72	-	-	$a_1=50$ $a_2=100$ $c_1=50$ $c_2=150$	извест- няк
10	6,5	300х700	B30	2300	3Ø32A400	2,0	50	-	-	$a=50$ $c_1=50$ $c_2=150$	извест- няк
11	7,0	300х650	B30	2450	3Ø28A400	1,9	40	-	-	$a=50$ $c_1=50$ $c_2=150$	гранит
12	5,6	200х550	B35	2000	3Ø32A400	2,0	35	-	-	$a=50$ $c_1=50$	гранит
13	6,0	250х600	B30	2400	3Ø28A400	2,0	18	-	-	$a=50$ $c_1=50$ $c_2=125$	извест- няк
Колонны											
14	6,0	400х400	B20	2400	4Ø28A400	2,5	-	1800	-	30,0	извест- няк
15	5,4	300х300	B30	2500	4Ø20A400	2,4	-	100	-	25,0	гранит
16	4,2	400х400	B15	2300	4Ø32A300	2,0	-	1400	-	34,0	гранит
17	3,6	300х300	B15	2450	4Ø25A400	1,5	-	980	-	27,5	извест- няк
18	4,8	300х300	B20	2500	4Ø32A400	2,4	-	1300	-	34,0	извест- няк
19	5,4	350х350	B25	2300	4Ø28A400	2,0	-	1700	-	30,0	извест- няк
20	6,0	350х350	B30	2150	4Ø32A400	2,0	-	1670	-	30,0	гранит

Приложение 1

Таблица 1 - 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- 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 3-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	2330	$\lambda_t=1,3-0,00035t$	$C_t=481+0,84t$
Известняковом	2250	$\lambda_t=1,29-0,00055t$	$C_t=481+0,84t$

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 4- Значения критических температур бетона

Бетон	Наименьший размер сечения, мм	Температура t_{cr} , °С 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 5 - Температура в середине неограниченной пластины

$F_0/4$	θ_c	$F_0/4$	θ_c	$F_0/4$	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 6- 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

продолжение Приложения 1

Таблица 7 - 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 8- 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 9- 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, ч0,5	27,6	33	34,8	36	37,2	39

Таблица 11 - 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, 2003. - 665 с.
2. Мосалков И.Л., Плюснина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строительных конструкций : - М.ЗАО «Спецтехника». 2001. -496 с.
3. МДС 21–2.2000. Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнесохранности железобетонных конструкций. НИИЖБ. - М.: Стройиздат, 2000. – 92 с.
4. ГОСТ (СТ СЭВ) 1000-78. Противопожарные нормы строительного проектирования: Метод испытания строительных конструкций на огнестойкость.
5. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции.
6. Рекомендации по расчету пределов огнестойкости железобетонных конструкций. НИИЖБ - М.: Стройиздат, 1986. - 40 с.
7. СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Госстрой России, 1999. – 15 с., СП 112.13330.2011
8. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пределов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости материалов (к СНиП II-2-80), ЦНИИСК им. Кучеренко. – М.: Стройиздат, 1985. – 56 с.
9. ПРИКАЗ от 20 июля 2020 года № 539
Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты.
Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования,
подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и
системами пожарной сигнализации. Требований пожарной
безопасности"
10. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ "Технический регламент о
требованиях пожарной безопасности"

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