

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

24/49/3

**Одобрено кафедрой
«Здания и сооружения
на транспорте»**

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

**Задание на контрольную работу
с методическими указаниями
для студентов V курса**

специальности

**270102.65 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО**

2-е издание

Москва – 2012

С о с т а в и т е л ь — д-р техн. наук, проф. В.В. ГУРЬЕВ

Р е ц е н з е н т — канд. техн. наук, проф. И.А. САЗЫКИН

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

Контрольная работа предусматривает решение задачи по определению пределов огнестойкости конструкций, выполненных из металла. Исходные данные приведены в табл. 1, расчетные схемы — в табл. 2.

Номер варианта соответствует сумме двух последних цифр шифра студента. Например, при шифре 88208 — вариант контрольной работы 8; при шифре 88300 — вариант 0; при шифре 87329 — вариант 11.

Таблица 1

Исходные данные для расчета фактических пределов огнестойкости МК

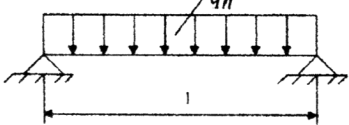
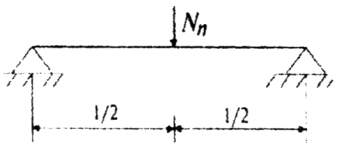
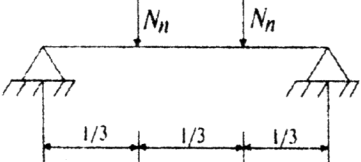
Номер варианта	Сечение элемента	Материал стали	Длина, м	Усиления		Напряженное состояние	Расчетная схема
				кН/м	кН		
1	2	3	4	5	6	7	8
0	22	18 ГпС ГОСТ 23570-79	6,0	7,0	—	Изгиб	1
1	24	ВСт3 кп 2-1 ТУ-80-14-1-3023	5,0	11,0	—	То же	1
2	27	14-Г2 ГОСТ 19291-73	4,0	—	50	Изгиб	2
3	24	18кпГОСТ 23570-79	5,6	—	20	— « —	2
4	30	ВСт3 пс 6-1 ТУ-80-14-1-3023	6,5	12	—	— « —	1
5	114×4	ВСт3кп ГОСТ 10705-80	—	—	190	Растяжение	4
6	168×8	16Г2АФ ТУ 14-1-3-567-76	—	—	800	То же	4
7	100×10	09Г2С ТУ 14-1-3023-80	—	—	300	— « —	4
8	125×8	10Г2С1 ГОСТ 19281-73	—	—	900	— « —	4
9	30	15 ХСНД ГОСТ 19281-73	—	—	250	— « —	4



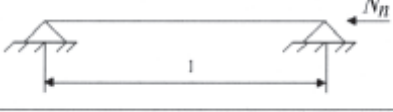
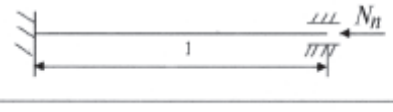
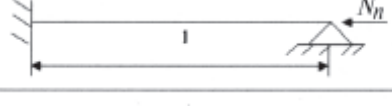
Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
10	⊙ 159×5	ВСт3пс4 ГОСТ 10706-76*	—	—	350	Сжатие по прочности	6
11	I 30	10Г2С1 ГОСТ 19281-73	—	—	1000	Изгиб	3
12	L 140×10	14Г2 ГОСТ 19281-73	—	—	700	Сжатие по прочности	6
13	⊙ 168×8	09Г2С ТУ 14-3-500-76	—	—	650	— « —	6
14	I 36	10ХНДП ТУ 14-1-389-72	—	—	950	Изгиб	3
15	⊙ 168×8	ВСт3пс4 ГОСТ 10706-26	4,0	—	500	Сжатие по устойчивости	6
16	I 40	ВСт3кп2 ГОСТ 380-71*	5,0	—	800	Тоже	7
17	□ 27	ВСт3Гпс ГОСТ 380-71	3,0	—	750	— « —	8
18	⊙ 273×7	ВСт3пс4 ГОСТ 10704-76	3,0	—	500	— « —	5

Таблица 2

Расчетные схемы и значения коэффициента μ

№ п/п	Расчетная схема	Значение коэффициента μ в зависимости от способа закрепления
1		-
2		-
3		-

4		-
5		$\mu = 2,0$
6		$\mu = 1,0$
7		$\mu = 0,5$
8		$\mu = 0,7$

При выполнении контрольной работы следует пользоваться только международной системой физических единиц СИ. Сокращенное обозначение единиц физических величин принято писать с прописной буквы, например, Па (Паскаль), К (Кельвин), Н (Ньютон), Дж (Джоуль) и т.д.

Контрольную работу следует выполнять на писчей бумаге на одной стороне листа формата А4 (297×210 мм). Текст писать разборчиво, чернилами или шариковой ручкой. Иллюстрации (схемы, рисунки, графики) могут быть выполнены карандашом, фломастером, тушью. Работа должна быть аккуратно оформлена, страницы пронумерованы и иметь поля.

На титульном листе следует поместить название учебного заведения, факультета, кафедры, дисциплины, номер и название контрольной работы, фамилию и инициалы студента, курс и шифр (номер зачетной книжки).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Общие сведения

Курс «Огнестойкость строительных конструкций в зданиях и сооружениях» позволяет студенту приобрести знания основ методологии огнестойкости зданий и сооружений в условиях реального пожара, получить практические навыки определения пределов огнестойкости строительных конструкций, проверки их несущей способности при воздействии высоких температур, а также работы с нормативной, научно-технической и справочной литературой.

Выполнению контрольной работы должно предшествовать изучение соответствующего теоретического материала. Поскольку по дисциплине отсутствуют специальные учебники, в данных указаниях довольно подробно представлена суть расчета пределов огнестойкости строительных конструкций; предельных состояний конструкций по огнестойкости; расчетных схем определения пределов огнестойкости, наглядно проиллюстрированная на примере расчета фактических пределов огнестойкости металлических конструкций.

1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ РАСЧЕТА ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1.1. Предельные состояния конструкций по огнестойкости

Под огнестойкостью строительных элементов и конструкций понимается их способность в условиях пожара сохранять несущую или ограждающую функции, а также сопротивляться распространению огня.

Огнестойкость строительных конструкций характеризуется пределом огнестойкости. За предел огнестойкости строительных конструкций принимается время (в часах или минутах) от начала их огневого стандартного испытания до возникновения одного из предельных состояний по огнестойкости.

Среди многих требований, предъявляемых к строительным конструкциям, основным является требование соответствия своему назначению к заданным условиям эксплуатации в течение необходимого времени (в том числе и по огнестойкости).

Поэтому предельные состояния — такие, при которых конструкция перестает удовлетворять предъявляемым к ней в процессе эксплуатации требованиям.

Различают следующие *четыре вида предельных состояний по огнестойкости*:

- по потере несущей способности конструкций и узлов — обрушение или прогиб в зависимости от типа конструкций;
- по теплоизолирующей способности — повышение температуры на необогреваемой поверхности в среднем более чем на 160°C , или в любой точке этой поверхности более чем на 190°C в сравнении с температурой конструкции до испытания, или более 220°C независимо от температуры конструкции до испытания;
- по плотности — образование в конструкциях сквозных трещин или сквозных отверстий, через которые проникают продукты горения или пламя.

Для конструкций, защищенных огнезащитными покрытиями и испытываемых без нагрузок, предельным состоянием будет достижение критической температуры материала конструкции.

Для наружных стен, покрытий, балок, ферм, колонн, столбов предельным состоянием является такое, при котором происходит потеря несущей способности конструкций и узлов.

Несущая способность конструкции в условиях пожара — свойство конструкции сохранять свою прочность (устойчивость), воспринимая собственную массу, приложенные нормативные нагрузки, а также температурные усилия, возникающие в условиях огневого воздействия. При расчете конструкций на огнестойкость допускается учитывать лишь нормативные значения постоянных и длительных нагрузок.

Предел огнестойкости конструкции (по несущей способности) равен времени $\tau_{\text{н}}$ от начала огневого воздействия до

момента, когда несущей способности конструкции становится недостаточно для восприятия приложенной к ней нормативной нагрузки.

Теплоизолирующая способность — свойство разделяющей конструкции при огневом воздействии с одной стороны препятствовать повышению температуры на ее необогреваемой поверхности или ее стеновых сопряжениях до допустимых величин, при которых может возникнуть горение соприкасающихся или расположенных вблизи (от необогреваемой поверхности) горючих материалов. Оценка теплоизолирующей способности производится путем решения теплотехнической задачи прогрева сечения конструкции с учетом условий теплообмена на ее обогреваемых и необогреваемых поверхностях.

Теплоизолирующая способность и потеря плотности учитываются только при оценке огнестойкости внутренних ограждающих конструкций, так как в этом случае имеется потенциальная опасность распространения пожара в смежные помещения.

1.2. Расчетные схемы определения предела огнестойкости строительных конструкций

Суть расчета предела огнестойкости конструкций заключается в определении времени, по истечении которого в условиях высокотемпературного воздействия при пожаре наступает одно из предельных состояний, кроме потери плотности.

Для строительных конструкций, выполняющих одновременно ограждающую и несущую функции, необходимо выполнять два расчета: по потере несущей и теплоизолирующей способности (например, внутренняя несущая стена или плита перекрытия). Из двух полученных значений за предел огнестойкости принимается наименьший.

Возможные оценки пределов огнестойкости конструкций могут быть получены из следующих расчетных схем.

Расчетная схема 1. Расчет по этой схеме проводят для вертикальных и горизонтальных ограждающих конструкций (перегородки, плиты перекрытий, стены). Предел огнестойкости

по этой схеме наступает в результате потери конструкцией теплоизолирующей способности, то есть в результате прогрева необогреваемой поверхности до недопустимой температуры. Предел огнестойкости конструкции наступит в момент времени $\tau_n = \Pi_{\Phi}$, когда при заданных условиях высокотемпературного воздействия и теплофизических характеристиках материала температура на необогреваемой поверхности t_o , изменяясь от начального значения t_n , станет равной допустимому значению t'_o .

Расчетная схема 2. Расчет по этой схеме определяется огнестойкость всех видов металлических защищенных и незащищенных конструкций, несущих изгибаемых железобетонных конструкций (ригели, балки, плиты). При этом рассматривается прогрев сечения (элементов) конструкций в условиях высокотемпературного воздействия при пожаре до критической температуры t_{cr} .

Под критической понимается температура конструкции или части ее сечения, при достижении которой она теряет несущую способность (разрушается), то есть наступает предел ее огнестойкости.

Расчетная схема 3. (по критической площади сечения). Существуют конструкции, предельное состояние которых при пожаре по потере несущей способности наступает в результате уменьшения сечения. Характерными представителями таких конструкций являются деревянные и сжатые железобетонные. У деревянных конструкций уменьшение сечений происходит в результате обугливания древесины. При нагревании в условиях пожара часть сечения сжатых железобетонных элементов прогревается выше t_{cr} и теряет свою прочность. Вследствие уменьшения сечений напряжения в элементах увеличиваются и при достижении предела прочности конструкции разрушаются. Площадь сечения, при дальнейшем уменьшении которой происходит потеря несущей способности или устойчивости конструкции, называется критической площадью сечения, а размеры этих сечений — критическими.

Расчет по данной схеме сводится к определению времени, по истечении которого при заданных условиях высокотемпературного воздействия площадь сечения уменьшается до критического значения. Условия разрушения $\sigma = R_n$.

Возможна и четвертая расчетная схема — для статически неопределимых изгибаемых железобетонных конструкций, разрушение которых в условиях пожара наступает в результате одновременных уменьшения сечения и снижения прочности материала.

1.3. Общая схема расчета пределов огнестойкости строительных конструкций

Решение вопросов огнестойкости строительных конструкций производится либо экспериментально, либо расчетным методом.

Расчетный метод определения предела огнестойкости обладает существенным преимуществом перед экспериментальным, так как нет необходимости проводить сложные, дорогостоящие испытания конструкций в натуральную величину.

При определении пределов огнестойкости строительных конструкций в общем случае необходимо выполнить расчет, состоящий из двух частей: теплотехнической и статической.

Теплотехническая задача решается для определения температур в сечении конструкции в процессе воздействия на нее стандартного температурного режима. Для решения используются уравнения нестационарной теплопроводности твердого тела с учетом изменения теплофизических характеристик строительных материалов с ростом температуры. В результате решения этой задачи для ограждающих конструкций оценивается их теплоизолирующая способность.

Статическая задача решается для определения предела огнестойкости по потере несущей способности несущих конструкций. Эта задача решается с помощью уравнений предельного равновесия и деформаций с учетом изменения физико-механических характеристик строительных материалов в зависимости от температуры, определенной теплотехническим расчетом.

Схема определения предела огнестойкости по потере несущей способности приведена на рис. 1.

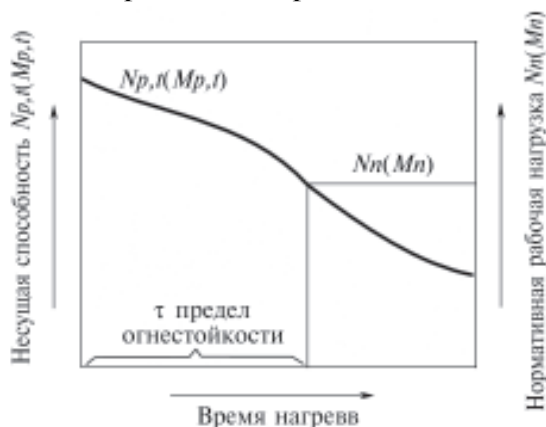


Рис. 1. Общая схема расчета огнестойкости по потере несущей способности

По оси абсцисс отложено время нагрева τ , по оси ординат: слева — несущая способность нагретой конструкции $M_{p,t}$ (для изгибаемых элементов), $N_{p,t}$ (для сжатых и растянутых); справа — нормативная нагрузка соответственно M_n , N_n , действующая на конструкцию.

Последовательность расчета:

- задают периоды времени τ_1, \dots, τ_i нагрева конструкции;
- для них теплотехническим расчетом определяют температуру в сечении конструкции;
- для этих же промежутков времени статическим расчетом с учетом изменения прочностных характеристик материала определяют несущую способность $M_{p,t}$ или $N_{p,t}$ в зависимости от условий работы конструкции под нагрузкой;
- строят график снижения несущей способности конструкции во времени;
- определяют время потери несущей способности в условиях пожара, то есть время, когда несущая способность конструкции снизится до значений, соответствующих нормативной нагрузке.

2. ОСОБЕННОСТИ РАЧЕТА ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Огнестойкость несущих металлических конструкций утрачивается вследствие снижения при нагреве прочности и упругости металла, а также развития его пластических и температурных деформаций.

Под воздействием этих факторов предел огнестойкости конструкций наступает в результате или потери прочности, или потери устойчивости. И тому, и другому случаям соответствует критическая температура, которая зависит в общем случае от вида конструкции, ее размеров, марки металла, схемы опирания и рабочей (нормативной) нагрузки.

Задача определения предела огнестойкости металлических конструкций, как и других несущих элементов, состоит из двух частей: статической и теплотехнической. Расчет критической температуры составляет содержание статической задачи определения предела огнестойкости металлических конструкций. Теплотехническая часть расчета их огнестойкости сводится к определению времени нагрева металла до заданной критической температуры.

Расчет огнестойкости металлических конструкций целесообразно начинать со статической части, то есть с определения критических температур. Далее производят теплотехнический расчет, в результате чего находят время нагрева конструкции до критической температуры, то есть ее предела огнестойкости.

2.1. Статическая часть расчета

Учитывая особенность металлических конструкций (распределение температуры по их сечению принимается равномерным), можно, не определяя кривую снижения несущей способности, сразу вычислить критическую температуру в сечении, вызывающую потерю несущей способности.

Критическая температура определяется в зависимости от коэффициента γ_{tem} , учитывающего снижение несущей способ-

ности конструкции под воздействием высокой температуры, который вычисляют:

— для изгибаемых элементов с учетом развития пластических деформаций

$$\gamma_{тем} = \frac{M_n}{C_1 W_n R_{yn}}, \quad (1)$$

где M_n — изгибающий момент от нормативной нагрузки, Н·м;

R_{yn} — нормативное сопротивление по пределу текучести, Па;

W_n — момент сопротивления сечения, м³;

C_1 — коэффициент, учитывающий развитие пластических деформаций в зависимости от вида конструкции принимаемый:

для двутавров и швеллеров $C_1 = 1,17$;

для труб $C_1 = 1,25$;

для прямоугольного сечения $C_1 = 1,5$;

— для центрального растряжения

$$\gamma_{тем} = \frac{N_n}{AR_{yn}}, \quad (2)$$

где N_n — нормативная (рабочая) нагрузка, Н;

A — площадь поперечного сечения, м²;

— для внецентренного растяжения

$$\gamma_{тем} = \frac{N_n}{AR_{yn}} + \frac{N_n e}{C_1 W_n R_{yn}}, \quad (3)$$

где e — эксцентриситет, м.

Сжатые элементы утрачивают несущую способность в результате потери прочности или потери устойчивости.

Коэффициент снижения несущей способности по потере прочности определяют по формулам соответственно для центрального и внецентренного растяжений.

Вычислив коэффициент загрузки конструкции γ_{tem} , по графикам или по эмпирическим формулам определяют критическую температуру:

$$\text{при } \gamma_{tem} < 0,6 t_{cr} = 750 - 440 \gamma_{tem}, \quad (4)$$

$$\text{при } \gamma_{tem} \geq 0,6 t_{cr} = 1330 (1 - \gamma_{tem}). \quad (5)$$

Кроме того, для сжатых элементов по потере устойчивости можно определить критическую температуру, используя график зависимости критической разности краевых деформаций ползучести $\Delta \epsilon_n$ от критической температуры t_{cr} и степени загрузки γ_{tem} . Этот график позволяет определить критическую температуру как для центрально сжатых, так и внецентренно сжатых стержней. При этом для центрально сжатых стержней $\Delta \epsilon_n$ и γ_{tem} находятся по формулам:

$$\Delta \epsilon_n = \frac{\pi^2}{\lambda^2} - \frac{\sigma_n}{E}; \quad (6)$$

$$\gamma_{tem} = \frac{\sigma_n}{R_{yn}},$$

$$\text{где } \sigma_n = \frac{N_n}{A};$$

В случае внецентренного сжатия:

$$\Delta \epsilon_n = \frac{\pi^2}{\lambda^2} - \frac{\sigma_n}{E}; \quad (7)$$

$$\gamma_{tem} = \frac{\sigma_n}{R_{yn}}.$$

$$\text{где } \sigma_n = \frac{N_n}{A} + \frac{N_n e}{C_1 W_n};$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad \text{— гибкость стержня;}$$

$$l_0 = \mu l \quad \text{— расчетная длина, м;}$$

- l — длина стержня, м;
- μ — коэффициент, зависящий от способа закрепления стержня;
- E — модуль упругости стали, Па.

2.2. Теплотехническая часть расчета

Как известно, металл обладает огромным коэффициентом температуропроводности, за счет чего выравнивание температуры по его толщине происходит весьма быстро. Это дает возможность принять равномерное распределение температуры. В этом случае можно утверждать, что количество тепла, поглощенное нагреваемой конструкцией за время $\Delta\tau$ через обогреваемую поверхность, равно увеличению его теплосодержания, то есть

$$(t_6 - t_{CT})S_{CT} \Delta\tau = (C_{CT} + Dt_{CT})_{CT} V_{CT} (t_{CT,\Delta\tau} - t_{CT}), \quad (8)$$

- где
- μ — коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² · °С);
 - t_6 — температура по стандартной кривой, °С;
 - t_{CT} — температура стержня, °С;
 - S_{CT} — обогреваемая поверхность стержня, м²;
 - $\Delta\tau$ — время, с;
 - C_{CT} — начальный коэффициент теплоемкости стали, Дж/(кг · °С);
 - D — коэффициент изменения теплоемкости стали при нагреве;
 - ρ_{CT} — плотность стали, кг/м³;
 - V — объем металла стержня, м³;
 - $t_{CT,\Delta\tau}$ — температура стержня через расчетный интервал времени.

Заменив

$$S_{CT} = ul, \quad V_{CT} = Al,$$

- где
- u — обогреваемый периметр стержня, м;
 - A — площадь поперечного сечения, м²;
 - l — длина стержня, м;

и решая уравнение (8), получим

$$t_{cT,\Delta\tau} = t_{cT} + \frac{\alpha(t_g - t_{cT})\Delta\tau}{\rho_{cT}t_{red}(C_{cT} + Dt_{cT})}. \quad (9)$$

Эта формула является алгоритмом для расчета температуры незащищенных металлических конструкций. Как следует из нее, температура конструкций в процессе нагрева зависит только от одного параметра — приведенной толщины металла t_{red} . Приведенная толщина металла дает возможность привести стержни, имеющие любую конфигурацию поперечного сечения, к простой пластине. Приведенная толщина в общем случае определяется как отношение площади поперечного сечения к обогреваемому его периметру, то есть

$$t_{red} = \frac{A}{u}, \quad (10)$$

где u — обогреваемый периметр, который рекомендуется определять:
— для двутавра и швеллера при обогреве с четырех сторон

$$u = 2h + 4b_f - 2t_w, \quad (11)$$

где h — высота сечения элемента;
 b_f — ширина сечения (полки);
 t_w — толщина стенки;

— для уголка

$$u = 4b_f. \quad (12)$$

Для трубы приведенную толщину рекомендуется вычислять по формуле

$$t_{red} = \frac{t(2d - t)}{4d}, \quad (13)$$

где d и t — соответственно наружный диаметр и толщина стенки трубы по сортаменту (прил. 2).

На основании этого алгоритма расчета составлена номограмма, с помощью которой можно определить температуру незащищенных конструкций любых сечений (прил. 5).

Определив критическую температуру, при которой наступает потеря несущей способности конструкции, и используя график зависимости температуры от времени и приведенной толщины металла, вычисляют время нагрева до наступления критической температуры, то есть фактический предел огнестойкости конструкций.

Пример расчета. Определить фактический предел огнестойкости изгибаемой металлической конструкции при следующих исходных данных:

- сечение — № 36, ГОСТ 8239-72*;
- материал — ВСтЗ пс 6, ГОСТ 380-71;
- пролет — 6 м;
- расчетная схема — шарнирноопертая балка;
- усилия — нормативная равномерно распределенная нагрузка $q_n = 15$ кН/м;
- условие обогрева — со всех сторон.

Решение:

⇒ 1. Определение характеристик балки (прил. 1):

$$A = 6190 \text{ мм}^2 \text{ — площадь сечения;}$$

$$h = 360 \text{ мм — высота сечения;}$$

$$b_f = 145 \text{ мм — ширина полки;}$$

$$t_w = 7,5 \text{ мм — толщина стенки;}$$

$$W_{nx} = 7,43 \cdot 10^4 \text{ м}^3;$$

$$R_{yn} = 245 \text{ МПа — нормативное сопротивление по пределу текучести}$$

⇒ 2. Определение изгибающего момента от нормативной нагрузки

$$M_n = \frac{q_n l^2}{8} = \frac{15 \cdot 6^2}{8} = 67,5 \text{ кНм} = 67,5 \cdot 10^3 \text{ Нм.}$$

⇒ 3. Определение степени нагружения конструкции

$$\gamma_{tem} = \frac{M_n}{C_1 W_{nx} R_{yn}} = \frac{67,5 \cdot 10^3}{1,17 \cdot 7,43 \cdot 10^{-4} \cdot 245 \cdot 10^6} = 0,32 .$$

⇒ 4. Определение критической температуры

$$t_{cr} = 750 - 440 \gamma_{tem} = 750 - 440 \cdot 0,32 = 609^{\circ} \text{C} .$$

⇒ 5. Определение приведенной толщины металла

$$t_{red} = \frac{A}{u} = \frac{6190}{1285} = 4,8 \text{ мм} ;$$

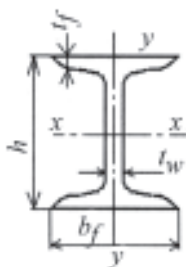
$$u = 2h + 4b_f - 2t_w = 2 \cdot 360 + 4 \cdot 145 - 2 \cdot 7,5 = 1285 \text{ мм} .$$

⇒ 6. Определение фактического предела огнестойкости балки по графику (прил. 5)

$$P_{\phi} = 13 \text{ мин} .$$

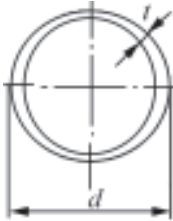
**Балки двутавровые
(выборка из ГОСТ 8239-72*)**

Обозначения: h — высота балки;
 b_f — ширина балки;
 t_w — толщина стенки;
 t_f — толщина полки;
 J — момент инерции;
 W — момент сопротивления;
 i — радиус инерции.



Но- мер про- филя	Размеры, мм				Пло- щадь сече- ния, см ²	Справочные величины для осей					
	h	b_f	t_f	t_w		x-x			y-y		
						J_{x_3} см ⁴	W_{x_3} см ³	i_{x_3} см	J_{y_3} см ⁴	W_{y_3} см ³	i_{y_3} см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	160	81	7,8	5	20,2	873	109	6,57	58,6	14,5	1,7
18	180	90	8,1	5,1	23,4	1290	143	7,42	82,6	18,4	1,88
18a	180	100	8,3	5,1	25,4	1430	159	7,51	114	22,8	2,12
20	200	100	8,4	5,2	26,8	1840	184	8,28	115	23,1	2,07
20a	200	110	8,6	5,2	28,9	2030	203	8,37	155	28,2	2,32
22	220	110	8,7	5,4	30,6	2550	232	9,13	157	28,6	2,27
22a	220	120	8,9	5,4	32,8	2790	254	9,22	206	34,3	2,5
24	240	115	9,5	5,6	34,8	3460	289	9,97	198	34,5	2,37
24a	240	125	9,8	5,6	37,5	3800	317	10,1	240	41,6	2,63
27	270	125	9,8	6,0	40,2	5010	871	11,2	260	41,5	2,54
27a	270	135	10,2	6,0	43,2	5500	407	11,3	337	50,0	2,8
30	300	135	10,2	6,5	46,5	7080	472	12,3	337	49,9	2,69
30a	300	145	10,7	6,5	49,9	7780	518	12,5	436	60,1	2,95
33	330	140	11,2	7,0	53,3	9840	597	13,5	419	59,9	2,79
36	360	145	12,3	7,5	61,9	13380	743	14,7	516	71,1	2,89
40	400	155	13,0	8,3	72,7	19062	853	16,2	667	86,1	3,03
45	450	160	14,2	9,0	84,7	27696	1291	18,1	808	101	3,09
50	500	170	15,2	10,0	100	39727	1589	19,9	1043	123	3,23
55	550	180	16,5	11,0	113	55962	2035	21,8	1356	151	3,39
60	600	190	17,8	12,0	138	76806	2560	23,6	1725	182	3,54

**Трубы стальные электросварные
(выборка из ГОСТ 10704-76)**

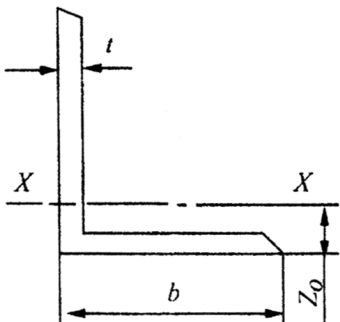


Размеры, мм		Площадь сечения, см ²	Радиус инерции, см
<i>d</i>	<i>t</i>		
108	3	9,9	3,72
	3,2	10,6	3,71
	3,5	11,5	3,7
	3,8	12,5	3,69
	4	13,1	3,68
	4,5	14,6	3,66
	5	16,2	3,65
	5,5	17,7	3,63
	114	3	10,5
3,2		11,1	3,92
3,5		12,2	3,91
3,8		13,2	3,9
4		13,8	3,89
4,5		15,5	3,88
5		17,1	3,86
5,5		18,8	3,84
152		3	14
	3,2	15	5,27
	3,5	16,3	5,26
	3,8	17,7	5,25
	4	18,6	5,24
	4,5	20,8	5,22
	5	23,1	5,2
	5,5	25,3	5,19
	159	3	14,7
3,2		15,7	5,51
3,5		17,1	5,5
3,8		18,5	5,49
4		19,5	5,48
4,5		21,8	5,47
5		24,2	5,45
5,5	26,5	5,44	

Размеры, мм		Площадь сечения, см ²	Радиус инерции, см
d	t		
	6	28,8	5,42
	7	33,4	5,38
	8	38,3	5,35
168	3	15,6	5,84
	3,2	16,6	5,83
	3,5	18,1	5,82
	3,8	19,6	5,81
	4	20,6	5,8
	4,5	23,1	5,78
	5	25,6	5,77
	5,5	28,1	5,75
	6	30,5	5,74
	7	35,4	5,7
	8	40,2	5,66
189	5	27,5	6,2
273	7	58,5	9,42

Приложение 3

**Сталь прокатная угловая равнополочная
(выборка из ГОСТ 8509-72)**

*Обозначения:*

- b — ширина полки;
- t — толщина полки;
- i — радиус инерции сечения;
- z_0 — расстояние от оси $x-x$ до наружной грани полки

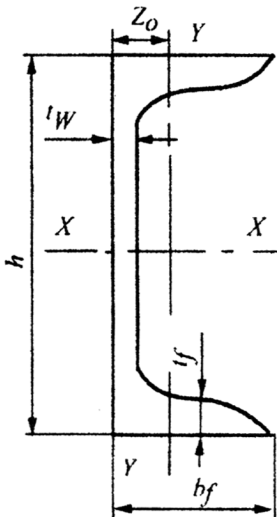
Размеры, мм		Площадь сечения $A, \text{см}^2$	$z_0,$ см	Радиус инерции сечения $i_x,$ см
b	t			
100	6,5	12,8	2,68	3,09
	7	13,8	2,71	3,09
	8	15,6	2,75	3,07
	10	19,2	2,83	3,05
	12	22,8	2,91	3,03
	14	26,3	2,99	3
	16	29,7	3,06	2,98
110	7	15,2	2,96	3,4
	8	17,2	3	3,39
125	8	19,7	3,36	3,87
	9	22	3,4	3,86
	10	24,3	3,45	3,85
	12	28,9	3,53	3,82
	14	33,4	3,61	3,8
	16	37,8	3,6	3,78
140	9	24,7	3,78	4,34
	10	27,3	3,82	4,33
	12	32,5	3,9	4,31

Приложение 4

Швеллеры
(выборка из ГОСТ 8340-72)

Обозначения:

- h — высота швеллера;
- b_f — ширина полки;
- t_w — толщина стенки;
- t_f — средняя толщина полки;
- J — момент инерции;
- W — момент сопротивления;
- i — радиус инерции;
- z_0 — расстояние от оси y - y до наружной грани стенки

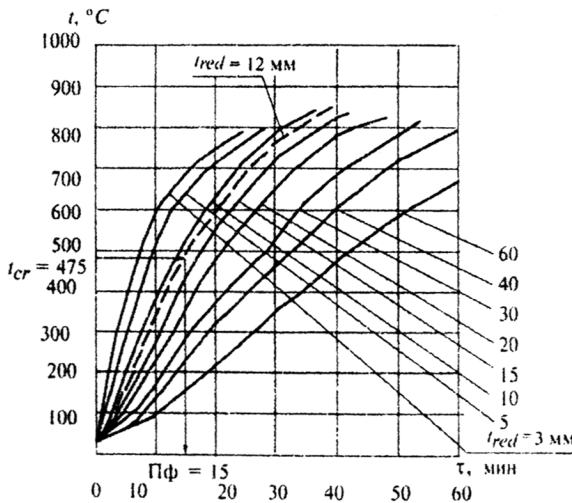


Продолжение прилож. 4

Но- мер про- филя	Размеры, мм				Пло- щадь сече- ния, см ²	Масса 1 п.м., кг	Справочные величины для осей					
	h	b _f	t _w	t _f			x-x			y-y		
							J _x , см ⁴	W _x , см ³	i _x , см	J _y , см ⁴	W _y , см ³	i _y , см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	200	76	5,2	9	23,4	18,4	1520	152	8,07	113	20,5	2,2
20а	200	80	5,2	9,7	25,2	19,8	1670	167	8,15	139	24,2	2,35
22	220	82	5,4	9,5	26,7	21	2110	192	8,89	151	25,1	2,37
22а	220	87	5,4	10,2	28,8	22,6	2330	212	8,99	187	30	2,55
24	240	90	5,6	10	30,6	24	2900	242	9,73	208	31,6	2,6
24а	240	95	5,6	10,7	32,9	25,8	3180	265	9,84	254	37,2	2,78
27	270	95	6	10,5	35,2	27,7	4160	308	10,9	262	37,3	2,73
30	300	100	6,5	11	40,5	31,8	5810	387	12	327	43,6	2,84
33	330	105	7	11,7	46,5	36,5	7980	484	13,1	410	51,8	2,97
36	360	110	7,5	12,6	53,4	41,9	10820	601	14,2	513	61,7	3,1
40	400	115	8	13,5	61,5	48,3	15220	761	15,7	642	73,4	3,23

Приложение 5

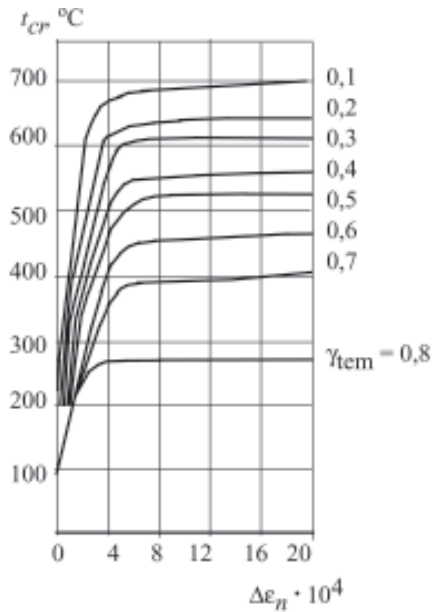
График зависимости температуры незащищенных металлических пластин от времени прогрева и приведенной толщины металла



**Кривые критических температур,
вызывающих потерю устойчивости
сжатых стальных стержней:**

$\Delta\varepsilon_n$ — критическая разность краевых деформаций ползучести;

γ_{tem} — степень нагружения стержня.



ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Огнестойкость строительных конструкций: Уч. пос. — [б. м.], 2005 (электронный ресурс).

Дополнительная

1. Мосалков И.Л., Плюсниа Г. Ф., Фролов А. Ю. Огнестойкость строительных конструкций: Уч. пос. — М.: Спецтехника, 2001. — 496 с.

2. Строительные конструкции: Учеб. / В.П. Чирков и др.; под ред. В.П. Чиркова. — М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007. — 447 с.

3. Сазыкин И.А., Трекин Н.Н. Строительные конструкции: Уч. пос. Ч. 3. Деревянные конструкции. — М.: РГОТУПС. — 2007.

ОГНЕСТОЙКОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Задание на контрольную работу
с методическими указаниями

Редактор *Е.А. Ямщикова*
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

Тип. зак.	Тираж 200 экз.
Подписано в печать 30.03.12	Гарнитура Times. Ризография
Усл. печ. л. 1,75	Формат 60×90 ^{1/16}

Редакционный отдел
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати
Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2