МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ СССР

Всесоюзный ордена " Знак Почета "
научно - исследовательский институт
противопожарной обороны

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИЯХ ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

(Рекомендации)

МОСКВА 1988

gost.e-ecolog.ru

УДК 614.841.001.5

Представлен порядок определения вида возможного пожара в помещении при горении пожарной нагрузки из твердых горючих и трудногорючих материалов. Приведены методы определения эквивалентной продолжительности пожара по потере несущей способности и предельного количества пожарной нагрузки для железобетонных, огнезащищенных металлических и металлических конструкций перекрытия, металлических колонн в условиях локального пожара при горении различных материалов пожарной нагрузки, а также для железобетонных конструкций перекрытия, несущих колонн и стен в условиях объемных пожаров, регулируемых воздухообменом.

Представлены расчетные соотношения для определения среднеобъемной температуры, средних значений температур поверхностей перекрытия, стен, плотности эффективного теплового потока в конструкции стен и перекрытия, максимальных значений плотностей тепловых потоков, уходящих из очага пожара через проемы при горении в помещении пожарной нагрузки из твердых горючих и трудногорючих материалов.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников пожарной охраны, преподавателей, слушателей пожарно-технических учебных заведений, сотрудников научно-исследовательских, проектно-конструкторских, строительных организаций и учреждений.

Ил. 19, табл. 2, список лит. – 15 назв., прил. 5.

Рекомендации разработаны сотрудниками ВНИИПО кандидатами техн. наук И.С. Молчадским, В.Н. Гутовым, инж. С.В. Зотовым, канд. техн. наук А.В. Гомозовым, инженерами В.М. Макаровым, А.Н. Бородкиным.

© Всесоюзный ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны МВД СССР, 1988.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

V – объем помещения, $м^3$;

S – площадь пола помещения, $м^2$;

S_c – площадь стен, $м^2$;

$S_п$ – площадь перекрытий, $м^2$;

H – расстояние от зеркала горения ЛВЖ или ГЖ до нижней отметки плоской горизонтальной конструкции перекрытия; высота помещения, м;

A_i – площадь i-го проема помещения, $м^2$;

h_i – высота i-го проема помещения, м;

$A=\sum A_i$ – суммарная площадь проемов помещения, $м^2$;

h – приведенная высота проемов помещения, м ; $h=\frac{\sum A_i h_i}{A}$;

$П$ – проемность помещения, рассчитывается по формуле (I) или (2), $м^{I/2}$;

φ – коэффициент расхода воздуха через проемы;

F – площадь горения, $м^2$;

ℓ – характерный размер очага горения, м;

$S_т$ – площадь, занятая пожарной нагрузкой, $м^2$;

Δx – шаг по координате, м;

G – количество ЛВЖ и ГЖ, которое может разлиться при аварийной ситуации, кг;

G_g – предельное количество пожарной нагрузки ЛВЖ или ГЖ, кг;

P_i – общее количество пожарной нагрузки i-го компонента твердых горючих и трудногорючих материалов, кг;

P – общее количество твердых горючих и трудногорючих материалов, приведенных к древесине, кг, $P=(\sum P_i Q^p_{Mi})/Q^p_{Mg}$;

P_g – предельное количество пожарной нагрузки, состоящей из твердых горючих или трудногорючих материалов, приведенных к древесине, кг;

g – количество пожарной нагрузки, отнесенное к площади пола, $кг \cdot м^{-2}$;

$g_{кр}$ – удельное критическое количество пожарной нагрузки, $кг \cdot м^{-2}$;

$g_к$ – количество пожарной нагрузки, отнесенное к площади тепловоспринимающих поверхностей помещения, кг·м$^{-2}$;

$M_{ср}$ – средняя скорость выгорания ЛВЖ и ГЖ, кг·м$^{-2}$·мин$^{-1}$;

M_0 – максимальная скорость выгорания ЛВЖ или ГЖ, кг·м$^{-2}$·с$^{-1}$;

$n_{ср}$ – средняя скорость выгорания древесины, кг·м$^{-2}$·мин$^{-1}$;

$n_{срi}$ – средняя скорость выгорания i –го компонента твердого горючего или трудногорючего материала, кг·м$^{-2}$·мин$^{-1}$;

$v_{ср}$ – средняя линейная скорость распространения пламени по древесине;

$v_{срi}$ – средняя линейная скорость распространения пламени по i –му компоненту пожарной нагрузки, м·мин$^{-1}$;

$Q^{р}_{нд}$ – низшая теплота сгорания древесины, МДж·кг$^{-1}$;

$Q^{ор}_{нi}$ – низшая теплота сгорания i –го компонента материала пожарной нагрузки, МДж·кг$^{-1}$;

$c_в$ – удельная теплоемкость воздуха при температуре $T_{ос}$, Дж·кг$^{-1}$·К$^{-1}$;

ρ_0 – плотность воздуха при температуре $T_{ос}$, кг·м$^{-3}$;

$\lambda_в$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт·м$^{-1}$·К$^{-1}$;

Q_0 – теплопроизводительность очага горения, Вт;

ν – коэффициент кинематической вязкости продуктов горения, м^2·с$^{-1}$;

λ – коэффициент теплопроводности продуктов горения, Вт·м$^{-1}$·К$^{-1}$;

$c_р$ – теплоемкость продуктов горения, кДж·кг$^{-1}$·К$^{-1}$;

ρ – плотность продуктов горения, кг·м$^{-3}$;

D – коэффициент диффузии пара жидкости в воздух, м^2·с$^{-1}$;

β – коэффициент объемного расширения, К$^{-1}$;

φ – коэффициент полноты горения;

g – ускорение свободного падения, м·с$^{-2}$;

γ – объемная масса материала конструкции, кг·м$^{-3}$;

$\lambda_с, \lambda_п, \lambda_т, \lambda_{пол}$ – коэффициенты теплопроводности соответственно стен, перекрытий, пожарной нагрузки, пола, Вт·м$^{-1}$·К$^{-1}$;

$a_с, a_п, a_т, a_{пол}$ – коэффициенты температуропроводности соответственно стен, перекрытий, пожарной нагрузки, пола помещения, м^2·с$^{-1}$;

A, B, C, D – константы в формулах для определения теплопроводности и теплоемкости материала конструкции /9/;

ε_w – степень черноты поверхности конструкции;

$\varepsilon_ф$ – степень черноты факела;
σ_0 – постоянная Стефана–Больцмана, $\sigma_0 = 5{,}76 \cdot 10^{-8}$ Вт·м$^{-2}$·К$^{-4}$;
$\Pi_ф$ – фактический предел огнестойкости, ч (мин);
$T_к$ – температура кипения жидкости, К;
$T_{кр}$ – критическая температура, определяющая огнестойкость конструкции, К;
$T_в$ – температура вспышки, К;
$T_{ос}$ – температура окружающего воздуха, К;
T_w – температура поверхности конструкции, К;
t – текущее время развития пожара, мин;
$t_п$ – характерная продолжительность объемного пожара, ч;
$t_{нсп}$ – минимальная продолжительность начальной стадии пожара, мин;
t^* – продолжительность локального пожара при горении ЛВЖ или ГЖ, мин, рассчитывается по формуле (32);
$t_п^*$ – предельная продолжительность локального пожара при горении ЛВЖ или ГЖ, мин;
t_0 – время достижения максимальной скорости выгорания, мин;
$t_{экв}$ – эквивалентная продолжительность пожара, ч (мин).

ВВЕДЕНИЕ

Изучение динамики пожара и его воздействия на строительные конструкции помещения позволяет говорить о пожаре как о явлении многофакторном. Следует выделить группу факторов, характеризующих конструкции (вид материала, теплофизические характеристики, критическая температура, прочностные свойства, геометрические характеристики), и группу факторов, определяющих условия горения (пожарная нагрузка, геометрические характеристики помещения, состояние окружающей среды). Изменение одного или нескольких факторов заметно влияет на развитие пожара. В одном и том же помещении может быть большое количество различных режимов пожара, отличающихся временем и интенсивностью развития, тепловым воздействием на ограждающие конструкции помещения.

В связи с этим вводится понятие эквивалентной продолжи-

тельности пожара. Переход от продолжительности реального пожара к эквивалентной продолжительности пожара через строительные конструкции позволяет свести пожары, возможные в данном помещении, к стандартному, по режиму которого исследуют пределы огнестойкости строительных конструкций. Это дает возможность по значениям пределов огнестойкости строительных конструкций прогнозировать их поведение в условиях реальных пожаров.

В данной работе рассмотрена огнестойкость строительных конструкций, обусловленная потерей их несущей способности.

Метод расчета интегральных теплофизических характеристик пожара рассмотрен в руководстве /I/. Приведенный в нем расчет параметров объемного пожара в помещении при горении твердой пожарной нагрузки выполнен при удельной нагрузке g 30 - 60 кг·м$^{-2}$, отношении площади проемов к площади пола 8 - 33 %, площади помещения I2 - 36 м^2, что соответствует продолжительности пожара $t_п$ от 0,I до I,2 ч. Если параметры анализируемого помещения $t_п$ и $\bar{g}$ соответствуют указанным выше, то температурный и тепловой режим можно определить с помощью номограмм из работы /I/. В противном случае расчет необходимо выполнить по изложенному в этой же работе алгоритму, в том числе для пожарной нагрузки из ЛВЖ и ГЖ при известных законах скорости их выгорания.

В настоящих рекомендациях приводятся расчетные зависимости, позволяющие оценить интегральные теплотехнические параметры свободно развивающегося пожара (температуру газовой среды в очаге, температуру стен и перекрытий, плотность тепловых потоков). Для расчета параметров объемных пожаров в помещениях со строительными конструкциями из теплоизоляционных негорючих материалов (бетон, кирпич) предложены зависимости, полученные на основе физических и численных экспериментов при пожарной нагрузке из твердых горючих и трудногорючих материалов.

Для пожаров, регулируемых нагрузкой, расчетные зависимости получены при следующих значениях параметров: объем помещения I,73 - 2I6 м^3; высота помещения I,2 - 6 м; отношение площади проемов к площади пола 4,5 - 25 %; отношение общего

количества пожарной нагрузки, приведенной к стандартной древесине ($Q^{p}_{н}$ = 13,8 МДж·кг$^{-1}$), к суммарной площади тепловоспринимающих строительных конструкций 0,8 – 14,4 кг·м$^{-2}$. Для пожаров, регулируемых вентиляцией, расчетные зависимости получены при следующих значениях: продолжительность пожара $t_{п}$ = =0,15 – 1,22 ч; отношение общего количества пожарной нагрузки, приведенной к стандартной древесине, к площади пола 30 – 60 кг·м$^{-2}$; отношение площади проемов к площади пола 3–33 %.

Порядок расчета температур среды в помещении при горении жидкостей приведен в работе /2/.

Для локальных пожаров представлены зависимости и алгоритмы, позволяющие находить эквивалентную продолжительность пожара при горении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также пожарной нагрузки из твердых горючих и трудногорючих материалов для плоских горизонтальных железобетонных, огнезащищенных и незащищенных металлических конструкций перекрытия, вертикальных незащищенных металлических конструкций. Для объемных пожаров представлены аналогичные данные о горизонтальных железобетонных конструкциях перекрытий, железобетонных центрально-сжатых колоннах и железобетонных несущих стенах. Предложены методы определения предельного количества пожарной нагрузки в помещении для различных строительных конструкций. Методы расчета позволяют уже на стадии проектирования решать следующие вопросы пожарной безопасности зданий и сооружений различного назначения:

по планировочным и конструктивным характеристикам зданий и строительных конструкций определять предельное количество пожарной нагрузки, при горении которой в помещении строительные конструкции еще не теряют огнестойкость в период свободно развивающегося пожара;

по планировочным и конструктивным характеристикам зданий, заданному виду и количеству пожарной нагрузки определять параметры конструкций перекрытия, стен и колонн, обеспечивающие их огнестойкость в период свободно развивающегося пожара.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Рекомендации предназначены для определения следующих параметров пожара и его теплового воздействия на конструкции помещений различного назначения:

эквивалентной продолжительности пожара для плоских горизонтальных железобетонных, огнезащищенных и незащищенных металлических конструкций перекрытия, вертикальных незащищенных металлических конструкций при горении легковоспламеняющихся и горючих жидкостей (ЛВЖ и ГЖ) в условиях локального пожара;

предельного количества пожарной нагрузки и допустимой продолжительности пожара при горении ЛВЖ и ГЖ для горизонтальных плоских железобетонных, огнезащищенных и незащищенных металлических конструкций перекрытия и вертикальных незащищенных металлических конструкций в условиях локального пожара;

эквивалентной продолжительности пожара и предельного количества пожарной нагрузки для плоских горизонтальных железобетонных конструкций перекрытия, железобетонных центрально-сжатых колонн и железобетонных несущих стен в условиях объемного пожара при горении твердых горючих и трудногорючих материалов;

минимальной продолжительности начальной стадии пожара (НСП) и температурного режима пожара при горении пожарной нагрузки из твердых горючих и трудногорючих материалов;

эквивалентной продолжительности пожара для плоских железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия в условиях начальной стадии пожара и локальных пожаров при горении твердых горючих и трудногорючих материалов.

1.2. Температурный режим объемного пожара, регулируемого вентиляцией при горении пожарной нагрузки из твердых горючих и трудногорючих материалов, рассчитывается при следующих условиях:

пожарная нагрузка равномерно распределена по площади помещения;

оконные проемы во время пожара открыты, отношение площади проемов к площади пола составляет 2,5 – 35 %.

I.3. Минимальная продолжительность начальной стадии пожара рассчитывается при условии, что проемы помещения закрыты до момента общей вспышки, определяемой температурой вспышки $T_в$.

I.4. Точность расчета среднеобъемной температуры газовой среды в очаге пожара не ниже I5 %, значения эквивалентной продолжительности пожара определяются с точностью не ниже 30 %.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕМНОГО СВОБОДНО РАЗВИВАЮЩЕГОСЯ ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИИ

2.I. Определение вида возможного пожара в помещении

Вычисляется объем помещения V.

Рассчитывается проемность помещения ($м^{I/2}$) объемом $V \leq I0^3$ $м^3$:

$$П = \sum A_i h_i^{1/2} / V^{1/3} \qquad (I)$$

и для помещений с $V > I0^3$ $м^3$

$$П = \sum A_i h_i^{1/2} / S. \qquad (2)$$

Из работы /2/ выбирается количество воздуха, необходимое для сгорания I кг материала i-й пожарной нагрузки V_{oi} ($нм^3 \cdot кг^{-I}$).

Рассчитывается количество воздуха, необходимое для сгорания I кг материала пожарной нагрузки:

$$V_o = \frac{\sum V_{oi} \cdot P_i}{\sum P_i}. \qquad (3)$$

Определяется удельное критическое количество пожарной нагрузки $g_{к.кр}$ ($кг \cdot м^{-2}$) для кубического помещения объемом V, равным объему исследуемого помещения:

$$g_{к.кр.} = \frac{4500\,П^3}{1+300\,П^3} + \frac{V^{4/3}}{6V_0}. \qquad (4)$$

Вычисляется удельное значение пожарной нагрузки $g_к$ ($кг \cdot м^{-2}$) для исследуемого помещения:

$$g_к = \frac{\sum P_i\, Q^p_{нi}}{(6S - A)\, Q^p_{нд}}, \qquad (5)$$

где S – площадь пола помещения, равная $V^{2/3}$.

Сравниваются значения $g_к$ и $g_{к.кр}$. Если $g_к < g_{к.кр}$, то в помещении будет пожар, регулируемый нагрузкой (ПРН); если $g_к \geq g_{к.кр}$ – в помещении будет пожар, регулируемый вентиляцией (ПРВ).

2.2. Расчет среднеобъемной температуры*

Определяется значение максимальной среднеобъемной температуры T_{max}:

для ПРН с точностью до IO %

$$T_{max} - T_0 = 224 g_к^{0,588}; \qquad (6)$$

для ПРВ в интервале $0,15 \leq t_п \leq 1,22$ ч с точностью до 8 % T_{max} = IOOO °С и с точностью до 5 %

$$T_{max} = 940\, e^{47 \cdot 10^{-3}(g - 30)}, \qquad (7)$$

где $t_п$ – характерная продолжительность объемного пожара (ч), рассчитываемая по формуле

$$t_п = \frac{\sum P_i\, Q^p_{нi}}{6285 \cdot A\sqrt{h}} \cdot \frac{n_{ср} \cdot \sum P_i}{\sum n_i P_i}. \qquad (8)$$

Вычисляется время достижения максимального значения среднеобъемной температуры t_{max}, мин;

для ПРН

$$t_{max} = 32 - 8,1\, g_к^{3,2} \cdot e^{-0,92 g_к}; \qquad (9)$$

для ПРВ $t_{max} = t_п$, где $t_п$ рассчитывается по соотношению (8).

---

* Порядок расчета среднеобъемной температуры пожара в помещении с учетом начальной стадии пожара приведен в прил. I.

Определяется изменение среднеобъемной температуры при объемном свободно развивающемся пожаре с точностью до 15 %:

$$\frac{T-T_0}{T_{max}-T_0}=115,6\left(\frac{t}{t_{max}}\right)^{4,75}e^{-4,75\left(\frac{t}{t_{max}}\right)}, \qquad (10)$$

где T_0 – начальная среднеобъемная температура, °С; t – текущее время, мин.

2.3. Расчет средней температуры поверхности перекрытия

Определяется значение максимальной усредненной температуры поверхности перекрытия:

для ПРН с точностью до 5 %

$$T_{Wmax}-T_{W0}=130g_к^{0,64}; \qquad (11)$$

для ПРВ с точностью до 8,5 % T_{Wmax} = 980 °С, с точностью до 5 %

$$T_{Wmax}=915\,e^{5\cdot10^{-3}(g-30)}. \qquad (12)$$

Вычисляется время достижения максимального значения усредненной температуры поверхности перекрытия, мин:

для ПРН

$$t_{max}=40-17,3g_к^{1,32}\cdot e^{-0,49к}; \qquad (13)$$

для ПРВ с точностью до 10 % $t_{max}=t_п$.

Определяется изменение средней температуры поверхности перекрытия с точностью до 10 %:

$$\frac{T_{W0}-T_{W0}}{T_{Wmax}-T_{W0}}=1043\left(\frac{t}{t_{max}}\right)^{6,95}\cdot e^{-6,95(t/t_{max})}, \qquad (14)$$

где T_{W0} – начальная средняя температура поверхности перекрытия.

2.4. Расчет средней температуры поверхности стен

Определяется значение максимальной усредненной температуры поверхности стен:

для ПРН с точностью до 10 %

$$T_{Wmax}-T_{W0}=115g_к^{0,64}; \qquad (15)$$

для ПРВ при $0,15 \leqslant t_п < 0,8$ ч с точностью до 10 %

$$T_{Wmax}=250+1750t_п-1250t_п^2. \qquad (16)$$

При $0,8 < t_п \leq 1,22$ ч максимальное усредненное значение температуры поверхности стены с точностью до 3,5 % составляет 850 °С.

Вычисляется время достижения максимального значения усредненной температуры поверхности стен, мин:

для ПРН

$$t_{max} = 35 - 9,3 q_к^{1,55} \cdot e^{-0,445 q_к}; \qquad (17)$$

для ПРВ $t_{max} = 1,1 t_п$.

Определяется изменение средней температуры стен с точностью до 15 %:

$$\frac{T_w - T_{w0}}{T_{wmax} - T_{w0}} = 233 \left(\frac{t}{t_{max}}\right)^{5,45} \cdot e^{-5,45 (t/t_{max})}, \qquad (18)$$

где T_{w0} – начальная средняя температура поверхности стен.

2.5. Расчет плотности эффективного теплового потока в конструкции стен и перекрытия (покрытия)

Определяется значение максимальной усредненной плотности эффективного теплового потока в строительные конструкции, кВт·м$^{-2}$:

при ПРН:

для конструкций стен с точностью до 15 %

$$q_{wmax} = 3,57 (q_к)^{0,75}; \qquad (19)$$

для конструкций перекрытия с точностью до 10 %

$$q_{wmax} = [0,26 (q_к)^{-0,75} - 3,3 \cdot 10^{-2} (q_к)^{4,25} e^{-1,6 q_к}]^{-1}; \qquad (20)$$

при ПРВ:

для конструкций стен при $0,8 > t_п > 0,15$ ч с точностью до 14,5 %

$$q_{wmax} = 43 - 75 t_п + 50 t_п^2; \qquad (21)$$

при $1,22 \geq t_п \geq 0,8$ ч с точностью до 20 % $q_{wmax} = 15$ кВт·м$^{-2}$;

для конструкций перекрытий (покрытий) при $0,8 > t_п > 0,15$ ч с точностью до 18 %

$$q_{wmax} = 65 - 138 t_п + 97 t_п^2; \qquad (22)$$

при $1,22 \geq t_п \geq 0,8$ ч с точностью до 12 % $q_{wmax} = 17,3$ кВт·м$^{-2}$.

Вычисляется время достижения максимальной усредненной плотности теплового потока в конструкции для ПРН и ПРВ:

для конструкций стен

$$t_{max} = 26 - 5{,}1 q_к^5 \, e^{-1{,}6 q_к}; \qquad (23)$$

для конструкций перекрытия (покрытия)

$$t_{max} = 26 - 7{,}2 q_к^5 \, e^{-1{,}6 q_к}. \qquad (24)$$

Определяется изменение средней плотности теплового потока в соответствующие конструкции с точностью до 30 %:

$$\frac{q}{q_{нmax}} = 37 \left(\frac{t}{t_{max}}\right)^{3{,}6} \cdot e^{-3{,}6 (t/t_{max})} \qquad (25)$$

2.6. Расчет максимальных значений плотностей тепловых потоков, уходящих из очага пожара через проемы помещения, расположенные на одном уровне, при ПРВ.

Максимальное значение плотности теплового потока с продуктами горения, уходящими через проемы, с точностью до 15 % определяется из соотношения

$$q_{ух\,max} = 965 - 620{,}9 t_п + 229{,}2 t_п^2 + 10(g - 30). \qquad (26)$$

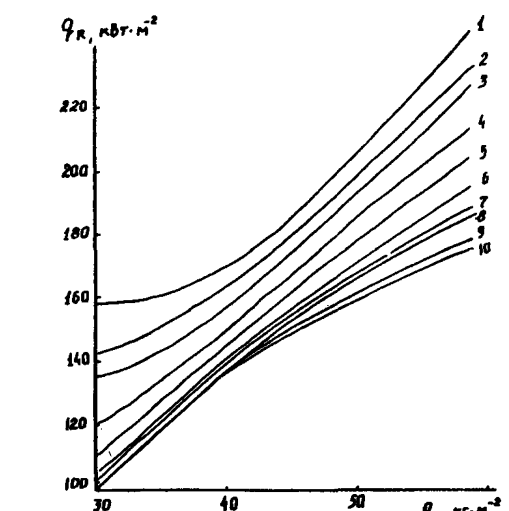


Рис.1. Зависимость максимальной плотности теплового потока с радиацией через проемы помещения q_R от количества пожарной нагрузки g и характерной продолжительности пожара $t_п$:

1- $t_п$ =0,2; 2- $t_п$ = 0,25;
3- $t_п$ =0,3; 4- $t_п$ = 0,4;
5- $t_п$ =0,5; 6- $t_п$ = 0,6;
7- $t_п$ =0,7; 8- $t_п$ = 0,8;
9- $t_п$ = 1; 10 - $t_п$ = 1.2

Максимальное значение плотностей теплового потока с радиацией через проемы с точностью до 10 % определяются по рис. 1.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА ДЛЯ ПЛОСКИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПОЖАРА И ЛОКАЛЬНОГО ПОЖАРА ПРИ ГОРЕНИИ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ И ТРУДНОГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. По данным проектной документации или пожарно-технического обследования объекта определяются объем V, высота H помещения; площадь, занятая пожарной нагрузкой $S_т$; общее количество горючих и трудногорючих материалов, приведенных к стандартной древесине, P;

3.2. Определяется вид возможного пожара в помещении.

По рис. 2,3 находится минимальная продолжительность начальной стадии пожара (НСП) $t_{нсп}$. При распространении огня по пожарной нагрузке, отличающейся по свойствам от древесины, продолжительность НСП вычисляется по формуле

$$t_{нсп_i} = t_{нсп}\left(\frac{n\,Q^p_{н_0}\,v^2_{ср}}{n_i\,Q^p_{н_i}\,v^2_{ср_i}}\right)^{1/3}, \qquad (27)$$

где индекс i относится к материалу пожарной нагрузки, отличающейся от древесины.

Проверяется неравенство

$$S_т \le \pi\,(v_{ср_i}\,t_{нсп_i})^2. \qquad (28)$$

Если оно выполняется, пожарная нагрузка расположена сосредоточенно и в помещении будет иметь место локальный пожар. Его продолжительность вычисляется по формуле

$$t_{пл} = P/(n_{ср_i}\cdot S_т)\ . \qquad (29)$$

Если неравенство (28) не выполняется, пожарная нагрузка расположена рассредоточенно и в помещении будет объемный пожар. Время окончания начальной стадии пожара вычисляется по формуле (27). Площадь очага пожара в конце начальной стадии определяется из уравнения:

$$F = F_{нсп} = \pi\,(v_{ср_i}\cdot t_{нсп_i})^2. \qquad (30)$$

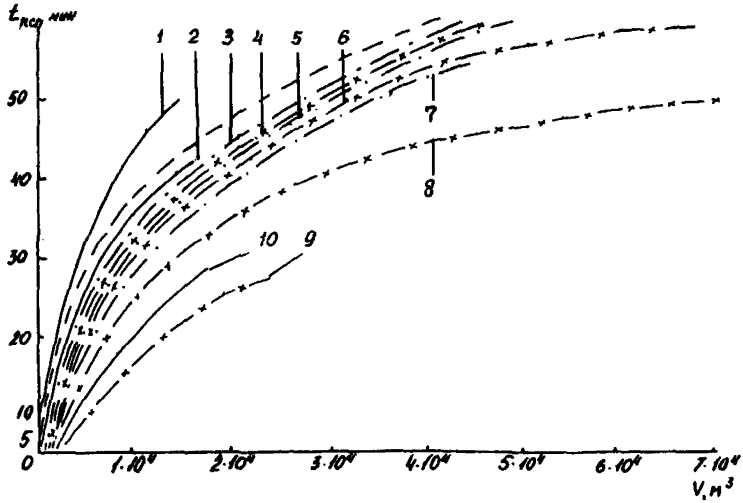


Рис.2. Зависимость минимальной продолжительности начальной стадии пожара $t_{нсп}$ от объема V, высоты H помещения и количества пожарной нагрузки g:
---H= 4,8 м; g = 68–70 кг·м$^{-2}$; ——H=6,6 м; I – g=2,4–I4кг·м$^{-2}$; 2 – g=67–II9 кг·м$^{-2}$; 3 – g=60–66 кг·м$^{-2}$; 4 – g= 60 кг·м$^{-2}$; 5 – g = 82–I55 кг·м$^{-2}$; 6 – g = I40–I60 кг·м$^{-2}$; 7 – g =200 кг·м$^{-2}$; 8 – g=2I0,0–250 кг·м$^{-2}$; 9 – g = 500–550 кг·м$^{-2}$; I0– g=640кг·м$^{-2}$; —·—·—H=7,2 м;

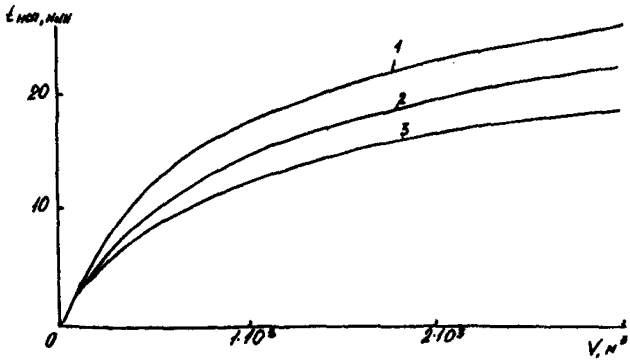


Рис. 3. Зависимость минимальной продолжительности начальной стадии пожара $t_{нсп}$ от объема V и высоты H помещения: I– H =3м, 2–6м, 3–I2 м

3.3. Рассчитывается геометрический параметр $H/\sqrt{F_i}$. Для локального пожара F_i соответствует площади пожарной нагрузки ($F_i = S_т$), а для начальной стадии объемного пожара $F_i = F_{нсп}$.

3.4. Определяется эквивалентная продолжительность пожа-

ра $t_{экв}$ по рис. 4. с учетом полученных значений $H/\sqrt{F_t}$ и времени начальной стадии пожара $t_{нсп}$ или времени локального пожара $t_{пл}$.

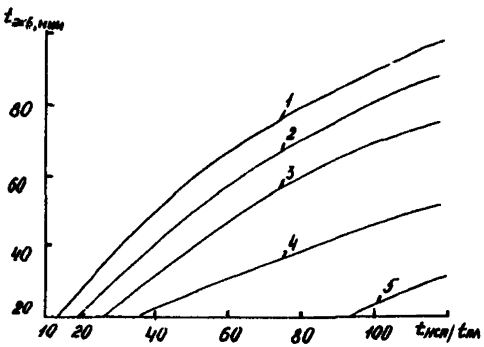


Рис. 4. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ от продолжительности пожара для железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия в условиях локальных пожаров $t_{пл}$ (или продолжительности НСП $t_{нсп}$) при горении твердых горючих и трудногорючих материалов:
I – $H/\sqrt{F_n}$ = I,2; 2 – $H/\sqrt{F_n}$ = I,5; 3 – $H/\sqrt{F_n}$ = I,8; 4 – $H/\sqrt{F_n}$ = 2,2; 5 – $H/\sqrt{F_n}$ = 2,4

Если значение параметра $H/\sqrt{F_t}$ не соответствует приведенным на номограмме, его величина определяется путем линейной интерполяции. Метод расчета продолжительности начальной стадии пожара $t_{нсп}$ приведен в работе /3/.

Пример. Определить эквивалентную продолжительность начальной стадии пожара для плоской железобетонной конструкции перекрытия в помещении высотой H = 3 м, площадью I75 м^2. Площадь, занятая пожарной нагрузкой (g = I00 кг·м$^{-2}$), равна 75 м^2. Скорость распространения пламени и скорость выгорания в начальной стадии пожара соответственно равны $v_{ср}$ = 0,I м·мин$^{-I}$, $m_{ср}$ = I,2 кг·м$^{-2}$·мин$^{-I}$.

По рис. 3 для H = 3 м и V = 525 м^3 определяем минимальную продолжительность начальной стадии пожара: $t_{нсп}$ = I4 мин. Вычисляем значение величины $\pi(v_{ср}\cdot t_{нсп})^2$= 3,I4·(0,I·I4)^2 = =6,I5 м^2.

Проверив неравенство (28), запишем: $S_т$ = 75 м^2>π ($v_{ср}$ × ×$t_{нсп}$)^2= 6,I5 м^2. Следовательно, в данном помещении пожарная нагрузка не является сосредоточенной, и в помещении после окончания начальной стадии свободно развивающегося пожара будет иметь место объемный пожар. Площадь очага пожара в конце начальной стадии составит $F_{нсп}$ = 6,I5 м^2. Определяем величину геометрического параметра:

$$\frac{H}{\sqrt{F}} = \frac{3}{\sqrt{6,15}} = 1,2.$$

По рис. 4 при продолжительности начальной стадии $t_{нсп}$ = =14 мин и геометрическом параметре $H/\sqrt{F}$ = 1,2 определяем эквивалентную продолжительность пожара, которая составит $t_{экв}$ = =20 мин (0,3 ч). Таким образом, если в данном помещении применяются конструкции перекрытия с фактическим пределом огнестойкости $П_{ф} > 0,3$ ч, то потери их огнестойкости не произойдет в начальной стадии пожара. Огнестойкость таких конструкций необходимо проверять для условий объемного пожара по методу, изложенному в разделе 9. Если $П_{ф} \leq 0,3$ ч, то такие конструкции потеряют свою устойчивость в начальной стадии свободно развивающегося пожара.

Метод определения эквивалентной продолжительности пожара по прогреву защитного слоя конструкции приведен в работе /4/.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА ДЛЯ ПЛОСКИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЯ ПРИ ГОРЕНИИ ЛВЖ и ГЖ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ПОЖАРА

4.1. По данным пожарно-технического обследования или проектной документации определяются:

количество ЛВЖ или ГЖ, которое может разлиться при аварийной ситуации, G ;

площадь возможного пролива ЛВЖ или ГЖ, которая принимается равной площади горения F ;

вид ЛВЖ и их средняя скорость выгорания $M_{ср}$;

расстояние H от нижней отметки плоской горизонтальной конструкции перекрытия до зеркала горения ЛВЖ или ГЖ;

4.2. Вычисляется продолжительность пожара t^*:

$$t^* = \frac{G}{M_{ср} \cdot F}. \qquad (31)$$

4.3. По данным, найденным в соответствии с п. 4.I, рассчитывается значение параметра $H/\sqrt{F}$.

4.4. По полученным значениям t^* и $H/\sqrt{F}$ определяется значение эквивалентной продолжительности пожара $t_{эк6}$ из рис.5.

Если значение параметра $H/\sqrt{F}$ не соответствует приведенным на рис. 5, его величина определяется путем линейной интерполяции.

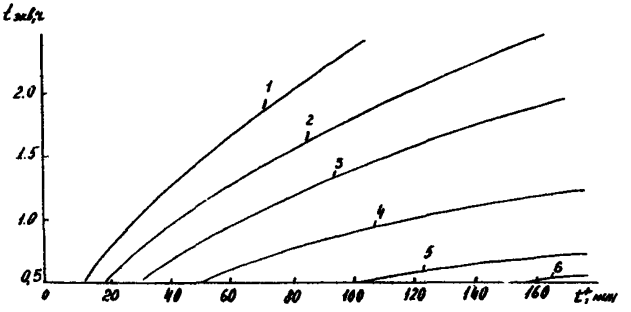


Рис.5. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{эк6}$ от продолжительности пожара t^* для железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия при горении ЛВЖ и ГЖ:
I - $H/\sqrt{F}$ = I,2; 2 - $H/\sqrt{F}$ = I,5; 3 - $H/\sqrt{F}$ = I,8; 4 - $H/\sqrt{F}$ = =2,2; 5 - $H/\sqrt{F}$ = 2,4; 6 - $H/\sqrt{F}$ = 3,6

Пример. Определить эквивалентную продолжительность пожара и фактический предел огнестойкости, который должна иметь железобетонная или огнезащищенная металлическая конструкция перекрытия, чтобы не потерять огнестойкость при свободно развивающемся пожаре, возникшем в результате аварийного пролива I300, 2I00 и 3300 кг керосина. Площадь пролива, ограниченная бортиками, составляет F = 25 м^2, высота перекрытия H = 9 м.

По справочным данным находим значение скорости выгорания керосина: M = 2,66 кг·м$^{-2}$·мин$^{-1}$.

Рассчитаем время пожара для каждого случая: t_1^* = =I300/(2,66·25) = 22 мин; t_2^* = 2I00/(2,66·25) = 36 мин; t_3^* = =3300/(2,66·25) = 56 мин.

Вычисляем значение геометрического параметра:

$$\frac{H}{\sqrt{F}} = \frac{9}{\sqrt{25}} = 1{,}8 .$$

По рис. 5 определяем эквивалентную продолжительность пожара: $t_{экв_1}$ = 0,37 ч; $t_{экв_2}$ = 0,60 ч; $t_{экв_3}$ = 0,94 ч.

Следовательно, при свободно развивающемся пожаре в первом случае фактический предел огнестойкости перекрытия должен превышать 0,37 ч, во втором – 0,6 ч, в третьем – 0,94 ч, т.е. в этих случаях можно использовать перекрытия с фактическим пределом огнестойкости 0,5; 0,75; I ч соответственно.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА И ПРЕДЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ГОРЕНИИ ЛВЖ и ГЖ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПЛОСКИХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЛИ ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЯ

5.I. Определяется эквивалентная продолжительность пожара $t_{экв}$, которая принимается равной значению фактического предела огнестойкости анализируемой конструкции перекрытия.

5.2. В соответствии с п.4.3 вычисляется значение параметра $H/\sqrt{F}$.

5.3. По найденным значениям $t_{экв}$ и $H/\sqrt{F}$ рассчитывается предельная продолжительность пожара из рис. 5.

5.4. По табличным данным определяется средняя скорость выгорания $M_{ср}$ для заданного вида пожарной нагрузки.

5.5. Вычисляется предельное количество пожарной нагрузки:

$$G_q = t_n^g \cdot M_{ср} \cdot F. \qquad (32)$$

Пример. Определить предельное количество пожарной нагрузки для железобетонного перекрытия с фактическим пределом огнестойкости I ч в цехе высотой 6 м, где возможен аварийный пролив ацетона на площади I0, I6 и 25 м^2.

Определяем значение геометрического параметра в каждом случае: $H/\sqrt{F_1} = 6/\sqrt{10} = 1{,}9$; $H/\sqrt{F_2} = 6/\sqrt{16} = 1{,}5$; $H/\sqrt{F_3} = 6/\sqrt{25} = 1{,}2$.

По рис. 5 находим, что для эквивалентной продолжительности пожара 1 ч каждому из значений геометрического параметра будет соответствовать $t_{\text{п}}^{g}$, равное 80, 42 и 30 мин реального пожара.

По формуле (32) вычисляем предельное количество пожарной нагрузки, при горении которой перекрытие прогревается до критической температуры. Для ацетона средняя скорость выгорания равна $M_{\text{ср}} = 2{,}63$ кг·м$^{-2}$·мин$^{-1}$. Предельное количество пожарной нагрузки при площади очага горения $F = 10$ м^2 в соответствии с (32) составит $G_{g_1} = 80 \cdot 2{,}63 \cdot 10 = 2100$ кг, при $F = 16$ и 25 м^2 $G_{g_2} = 42 \cdot 2{,}63 \cdot 16 = 1760$ кг, $G_{g_3} = 30 \cdot 2{,}63 \times 25 = 1970$ кг соответственно.

Следовательно, для того чтобы перекрытие не прогревалось при пожаре до критической температуры, количество сгоревшего ацетона должно быть меньше 2100 кг при площади пролива 10 м^2, при $F = 16$ м^2–меньше 1760 кг, при $F = 25$ м^2–меньше 1970 кг.

Порядок расчета прогрева плоских горизонтальных железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия в условиях локального пожара при горении ЛВЖ и ГЖ приведен в прил. 2.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ НЕЗАЩИЩЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ГОРЕНИИ ЛВЖ и ГЖ В УСЛОВИЯХ ЛОКАЛЬНОГО ПОЖАРА

6.1. По данным пожарно-технического обследования или проектной документации определяются параметры, указанные в п. 4.1. При этом под значением H для вертикальных незащищенных металлических конструкций понимается расстояние от конструкции до центра пролитой жидкости (центра очага пожара).

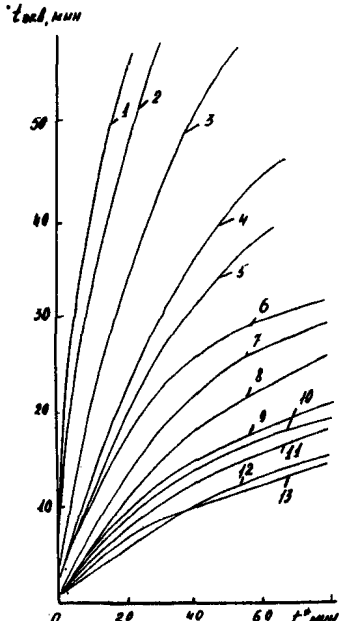


Рис. 6. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ от продолжительности пожара t^* для горизонтальных незащищенных металлических конструкций:
I - $H/\sqrt{F}$ = I,2; 2 - $H/\sqrt{F}$ = I,6; 3 - $H/\sqrt{F}$ = 2,0; 4 - $H/\sqrt{F}$ = 2,4; 5 - $H/\sqrt{F}$ = 2,8; 6 - $H/\sqrt{F}$ = 3,2; 7 - $H/\sqrt{F}$ = 3,6; 8 - $H/\sqrt{F}$ = 4,0; 9 - $H/\sqrt{F}$ = 4,4; I0 - $H/\sqrt{F}$ = 4,8; II - $H/\sqrt{F}$ = 5,2; I2 - $H/\sqrt{F}$ = 5,6; I3 - $H/\sqrt{F}$ = 6,0

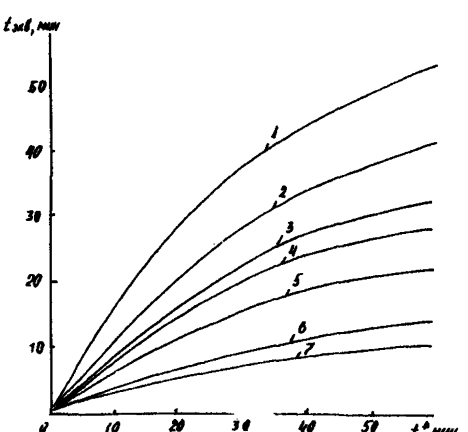


Рис.7. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ от продолжительности пожара t^* для вертикальных незащищенных металлических конструкций:
I- $H/\sqrt{F}$ =0,5; 2- $H/\sqrt{F}$ =0,6; 3- $H/\sqrt{F}$ =0,7; 4- $H/\sqrt{F}$ =0,8; 5- $H/\sqrt{F}$ =I,0; 6- $H/\sqrt{F}$ =I,5; 7- $H/\sqrt{F}$ =2,0

6.2. По формуле (3I) определяется продолжительность пожара t^*.

6.3. В соответствии с п.4.3 определяется значение $H/\sqrt{F}$.

6.4. Эквивалентная продолжительность пожара $t_{экв}$ с учетом полученных значений t^* и $H/\sqrt{F}$ для горизонтальных незащищенных металлических конструкций определяется по рис.6, для вертикальных незащищенных металлических конструкций – по рис. 7.

Если значение параметра $H/\sqrt{F}$ не соответствует приведенным на рис.6 и 7, его величина определяется путем линейной интерполяции.

Пример I. Определить эквивалентную продолжительность пожара для горизонтальной незащищенной металлической конструкции, расположенной на высоте 30 м, при пожаре в результате пролива турбинного масла в количестве G_1 = 3000 кг и G_2 = 6000 кг на площади 225 м^2.

По справочным данным находим значение скорости выгорания турбинного масла: M=2,7 кг·м$^{-2}$мин$^{-1}$. По формуле (3I) определяем время пожара для каждого случая: t_1^*=3000/(225·2,7)= =4,9 мин; t_2^* = 6000/(225·2,7) = 9,8 мин.

Вычисляем значение геометрического параметра: $H/\sqrt{F}$ = =30/$\sqrt{225}$ = 2.

По рис.6 определяем эквивалентную продолжительность пожара: $t_{экв_1}$ = II мин, $t_{экв_2}$ = 2I мин.

Если фактический предел огнестойкости незащищенных металлических конструкций составляет 0,25 ч, то во втором случае конструкция перекрытия потеряет огнестойкость при свободно развивающемся пожаре. Аварийная ситуация в первом случае неопасна для незащищенных металлических конструкций перекрытия при $П_ф$ = 0,25 ч.

Пример 2. Определить эквивалентную продолжительность пожара для вертикальной незащищенной металлической конструкции при условиях, указанных в примере I. Конструкция примыкает непосредственно к кромке пролива турбинного масла, т.е. $H/\sqrt{F}$ = 0,5.

По рис. 7 определяем эквивалентную продолжительность пожара: $t_{экв_1}$ = 7,5 мин, $t_{экв_2}$ = I6 мин.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА И ПРЕДЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ГОРЕНИИ ЛВЖ и ГЖ ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ НЕЗАЩИЩЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

7.I. Определяются значения эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ и параметра $H/\sqrt{F}$ аналогично п. 6.I и 5.2. Под значением H для вертикальных незащищенных металлических конструкций понимается расстояние от центра пролива жидкости (очага пожара) до конструкции.

7.2. С учетом найденных значений $t_{экв}$ и $H/\sqrt{F}$ по рис.6 вычисляется предельная продолжительность пожара для горизонтальных конструкций, по рис. 7 – для вертикальных.

7.3. Согласно пп.5.4 и 5.5 определяется предельное количество пожарной нагрузки.

Пример. Определить предельную продолжительность пожара и предельное количество пожарной нагрузки для горизонтальной незащищенной металлической конструкции перекрытия, расположенной на высоте 20 м, и для металлической незащищенной колонны, расположенной на кромке пролива турбинного масла. Фактический предел огнестойкости 0,25 ч. В результате профилактических мероприятий площадь пролива не превышает 25 м^2.

Определяем значение геометрического параметра в каждом случае: $H/\sqrt{F_1} = 20/\sqrt{25} = 4$; $H/\sqrt{F_2} = 0,5$.

По рис.6 определяем, что для эквивалентной продолжительности пожара 0,25 ч значению геометрического параметра $H / \sqrt{F_1} = 4$ будет соответствовать $t_п^g = 30$ мин реального пожара. По рис.7 определяем, что геометрическому параметру 0,5 будет соответствовать $t_п^g = 5,2$ мин.

По формуле (32) рассчитываем предельное количество пожарной нагрузки: $G_{g_1} = 30 \cdot 2,7 \cdot 25 = 2025$ кг; $G_{g_2} = 5,2 \cdot 2,7 \times 25 = 351$ кг.

Следовательно, для того чтобы конструкция перекрытия не прогрелась до критической температуры, необходимо, чтобы при площади пролива 25 м^2 количество сгоревшего турбинного

масла не превышало 2025 кг, а для незащищенной металлической колонны количество сгоревшего масла не должно превышать 350 кг.

8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА ДЛЯ ПЛОСКИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЯ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ КОЛОНН И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СТЕН В УСЛОВИЯХ ОБЪЕМНОГО ПОЖАРА ПРИ ГОРЕНИИ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ И ТРУДНОГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

8.I. По данным пожарно-технического обследования или проектной документации определяются: объем помещения V; площади проемов помещения A_i; высоты проемов помещения h_i общее количество пожарной нагрузки каждого вида горючего твердого материала P_i; приведенная высота проемов h; высота помещения H; общее количество пожарной нагрузки, приведенной к древесине, P.

8.2. Из соотношения (8) рассчитывается характерная продолжительность объемного пожара $t_п$.

8.3. По формуле (I) или (2) вычисляется проемность помещения.

8.4. Эквивалентная продолжительность пожара $t_{экв}$ определяется с учетом полученных значений $t_п$ и $П$ для плоских горизонтальных железобетонных и огнезащищенных конструкций перекрытия по рис.8, для железобетонных стен - по рис.9, для центрально-сжатых железобетонных колонн - по рис.I0. Если значение проемности не соответствует приведенным на номограммах, зависимость $t_{экв} = f(П)$ определяется путем линейной интерполяции.

Пример I. Определить эквивалентную продолжительность пожара для железобетонной несущей стены и железобетонного перекрытия в помещении общественного здания. Площадь пола S = I00 м^2, высота помещения H = 3,4 м, суммарная площадь проемов A = 4 м^2, приведенная высота проемов h = 2 м, общее

количество пожарной нагрузки, приведенное к древесине, p = 2000 кг, что соответствует пожарной нагрузке g = 20 кг·м$^{-2}$. Скорость выгорания материала пожарной нагрузки равна скорости выгорания древесины.

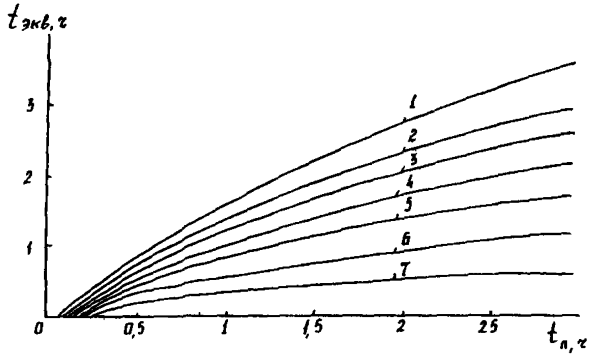


Рис. 8. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ от характерной продолжительности объемного пожара $t_п$ для огнезащищенных металлических и железобетонных конструкций перекрытия:
I – проемность $П$ = 0,25 м^{0,5}; 2 – 0,20 м^{0,5}; 3 – 0,18 м^{0,5}; 4 – 0,15 м^{0,5}; 5 – 0,12 м^{0,5}; 6 – 0,08 м^{0,5}; 7 – 0,04 м^{0,5}

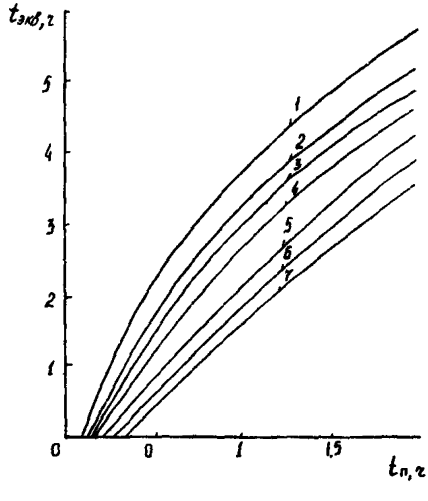


Рис.9. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ от характерной продолжительности объемного пожара $t_п$ для железобетонных несущих стен:
I – $П$ =0,25 м^{0,5}; 2–0,20 м^{0,5}; 3–0,18 м^{0,5}; 4–0,15 м^{0,5}; 5 – 0,12 м^{0,5}; 6–0,08 м^{0,5}; 7 – 0,04 м^{0,5}

По формуле (8) рассчитываем характерную продолжительность объемного пожара в помещении: $t_{п} = 2 \cdot 10^{3} \cdot 13,8/(6285 \cdot 4\sqrt{2}) = 0,78$ ч. Так как объем помещения $V = 340$ м меньше 10^{3} м^{3}, проемность помещения $П$ определяем по формуле (I): $П = 4\sqrt{2} / (340)^{2/3} = 0,113$ м^{0,5}.

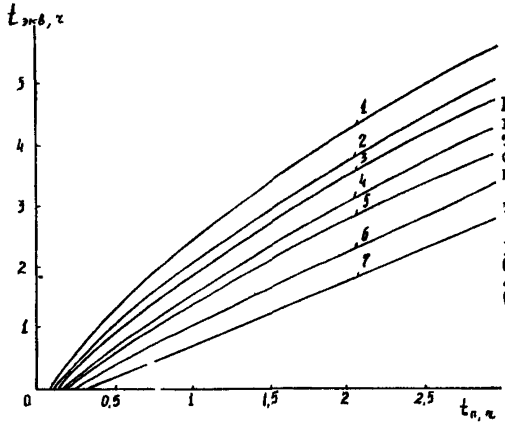


Рис.10. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ от характерного времени объемного пожара $t_{п}$ для центрально-сжатых железобетонных колонн:
I – $П = 0,25$ м^{0,5}; 2 – 0,20 м^{0,5}; 3 – 0,18 м^{0,5}; 4 – 0,15 м^{0,5}; 5 – 0,12 м^{0,5}; 6 – 0,08 м^{0,5}; 7 – 0,04 м^{0,5}

По рис. 8 получаем, что эквивалентная продолжительность пожара для перекрытия составляет 0,5 ч. По рис. 9 определяем, что эквивалентная продолжительность пожара для железобетонной стены составляет I,58 ч.

Пример 2. Определить эквивалентную продолжительность пожара для железобетонной центрально-сжатой колонны в помещении промышленного здания. Площадь пола $S = 2000$ м^{2}, высота помещения $H = 6$ м, суммарная площадь проемов помещения $A = 160$ м^{2}, приведенная высота проемов $h = 2,89$ м, общее количество пожарной нагрузки, приведенное к древесине, $P = 3,5 \cdot 10^{5}$ кг, что соответствует пожарной нагрузке $g = 175$ кг·м$^{-2}$, скорость выгорания равна скорости выгорания древесины.

По формуле (8) рассчитаем характерную продолжительность объемного пожара в помещении: $t_{п} = 3,5 \cdot 10^{5} \cdot 13,8/(6285 \cdot 160\sqrt{2,89}) = 2,83$ ч. Так как объем помещения $V = 12 \cdot 10^{3}$ м^{3} больше 10^{3}м^{3}, определяем проемность помещения $П$ по формуле (2): $П = \sqrt{2,89} \times 160/2000 = 0,136$ м^{0,5}. По рис. 10 определяем, что эквивалентная продолжительность пожара для железобетонной колонны составляет 4,05 ч.

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ПЛОСКИХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ И ОГНЕЗАЩИЩЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ПЕРЕКРЫТИЯ, ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СТЕН, ЦЕНТРАЛЬНО-СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОЛОНН В УСЛОВИЯХ ОБЪЕМНОГО ПОЖАРА ПРИ ГОРЕНИИ ТВЕРДЫХ ГОРЮЧИХ И ТРУДНОГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

9.I. Определяются параметры помещения, аналогичные приведенным в п.8.I. (за исключением общего количества пожарной нагрузки).

9.2. Находится эквивалентная продолжительность пожара, которая принимается равной значению фактического предела огнестойкости анализируемой конструкции.

9.3. Вычисляется проемность помещения согласно соотношению (I) или (2).

9.4.С учетом найденных значений проемности помещения $П$ и $t_{экв}$ определяется величина параметра $t_п$: для плоских горизонтальных конструкций перекрытия – по рис.8, для несущих железобетонных стен – по рис.9, для центрально-сжатых железобетонных колонн – по рис.I0.

9.5. Рассчитывается предельное количество пожарной нагрузки:

$$p_д = t_п \frac{6285 \cdot A\sqrt{h}}{Q_н^р} \cdot \frac{\sum n_i p_i}{n_{ср} \sum p_i}. \qquad (33)$$

Пример. Определить предельное количество пожарной нагрузки, эквивалентное древесине и имеющее одинаковую с ней скорость выгорания для помещения промышленного здания I степени огнестойкости. Площадь помещения S = I060 м^2, суммарная площадь проемов A = I05 м^2, приведенная высота проемов h = =2,6 м, высота помещения H = 6 м. Определяем эквивалентную продолжительность пожара для заданного помещения. Согласно СНиП 2.0I.02-85, для зданий I степени огнестойкости предел огнестойкости для перекрытий составляет I ч, для колонн – 2,5 ч, следовательно, эквивалентная продолжительность пожара

для железобетонных конструкций перекрытия составляет I ч, для центрально-сжатых железобетонных колонн 2,5 ч.

Объем рассматриваемого помещения $V = 6360$ м^3 превышает 10^3 м^3, поэтому определяем проемность помещения по формуле (2): $П = \sqrt{2,6} \cdot 105/1060 = 0,16$ м^{0,5}. По рис.8 для плоской горизонтальной конструкции перекрытия вычисляем продолжительность объемного пожара по известным значениям $t_{экв}$ и П. В данном случае $t_п = 0,92$ ч. По соотношению (33) определяем предельное количество пожарной нагрузки: $p_g = 0,92 \cdot (6285 \cdot 105\sqrt{2,6})/13,8 = 70940$ кг, что составляет 67 кг на I м^2 пола.

По известным значениям $t_{экв}$ и $П$ определяем продолжительность объемного пожара для железобетонных центрально-сжатых колонн по рис.10, которая в данном случае равна $t_п = 1,18$ ч. По уравнению (33) рассчитаем предельное (допустимое) количество пожарной нагрузки: $p_g = 1,18 \cdot (6285 \cdot 105\sqrt{2,6})/13,8 = 90988$ кг, что составляет 85,8 кг на I м^2 пола.

Для рассматриваемого помещения предельным значением распределенной пожарной нагрузки, состоящей из горючих и трудногорючих твердых материалов, приведенных к древесине, является меньшее из найденных значений $G_g = 67$ кг·м$^{-2}$.

Метод определения эквивалентной продолжительности пожара и предельного количества пожарной нагрузки для железобетонных колонн по потере их несущей способности изложен в работе /5/, для железобетонных металлических конструкций перекрытий - в /4/.

Алгоритм расчета несущей способности центрально-сжатой железобетонной колонны и железобетонных несущих стен при объемном пожаре в помещении приведен в прил.3.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЖАРА ДЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРЕХСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ НАРУЖНЫХ СТЕН С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ

10.1. Определяются параметры помещений, аналогичные приведенным в п. 8.1.

10.2. Из соотношения (8) рассчитывается характерная продолжительность объемного пожара $t_п$.

10.3. По формуле (I) или (2) вычисляется проемность помещения.

10.4. По рис.11 определяется эквивалентная продолжительность пожара $t_{экв}$ с учетом значений $t_п$ и $П$ для трехслойных панелей стен.

Пример. Определить эквивалентную продолжительность пожара для трехслойной стеновой панели в помещении общественного здания. Площадь пола S = 288 м^2, высота помещения H = =7 м, суммарная площадь проемов A = 16,6 м^2, приведенная высота проемов h = 3 м, общее количество пожарной нагрузки, приведенное к древесине, P = 11520 кг, что соответствует пожарной нагрузке G = 40 кг·м$^{-2}$. Скорость выгорания материала пожарной нагрузки равна скорости выгорания древесины.

По формуле (8) рассчитаем характерную продолжительность объемного пожара в помещении: $t_п$ = 11520·13,8/ (6285·16,6$\sqrt{3}$)= =0,9 ч. Так как объем помещения V = 2016 м^3 больше 10^3 м^3, определяем проемность помещения $П$ по формуле (2) $П$= 16,6$\sqrt{3}$ / 288 = 0,1 м$^{1/2}$. По рис. 11 получаем, что эквивалентная продолжительность пожара для трехслойной стеновой панели составляет 2,4 ч.

11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ТРЕХСЛОЙНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПАНЕЛЕЙ НАРУЖНЫХ СТЕН С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ

11.1. Определяются параметры помещения, аналогичные приведенным в п. 8.1 (за исключением общего количества пожарной нагрузки).

11.2. Находится эквивалентная продолжительность пожара, которая принимается равной значению фактического предела огнестойкости трехслойной стеновой панели.

11.3. По формулам (1) и (2) вычисляется проемность помещения.

11.4. По рис.11 с учетом найденных значений проемности $П$ и $t_{экв}$ определяется продолжительность объемного пожара $t_п$.

11.5. По формуле (3) рассчитывается предельное количество пожарной нагрузки. Если значение проемности не соответствует приведенным на рис. 11, зависимость $t_{экв}$= $f(П)$ определяется путем линейной интерполяции.

Пример. Определить предельное количество пожарной нагрузки, эквивалентное древесине и имеющее одинаковую с ней скорость выгорания для помещения общественного здания I степени огнестойкости. Площадь помещения S = 648 м^2, суммарная площадь проемов A = I8,7 м^2, приведенная высота проемов h = =3 м, высота помещений H = 7,4 м. Определяем эквивалентную продолжительность пожара для заданного помещения. Согласно СНиП 2.0I.02-85, для зданий I степени огнестойкости предел огнестойкости для несущих стен равен 2,5 ч, следовательно, эквивалентная продолжительность пожара для трехслойной стеновой панели составляет 2,5 ч.

Объем рассматриваемого помещения V = 5I84 м^3, поэтому проемность помещения вычисляем по формуле (2): Π = I8,7·$\sqrt{3}$ / 648 = 0,05 м$^{1/2}$. По рис.II для трехслойных стеновых панелей определяем продолжительность объемного пожара с учетом известных значений $t_{экв}$ и Π. В данном случае $t_п$=I,05 ч. По соотношению (33) рассчитаем предельное количество пожарной нагрузки: P_g = I,05·(6285·I8,7$\sqrt{3}$)/I3,8 = I5489 кг, что составляет 24 кг на I м^2 пола.

Алгоритм расчета несущей способности трехслойных стеновых панелей при объемном пожаре в помещении приведен в прил. 3. Конструкция и работа трехслойных панелей наружных стен с гибкими связями описаны в работе /6/.

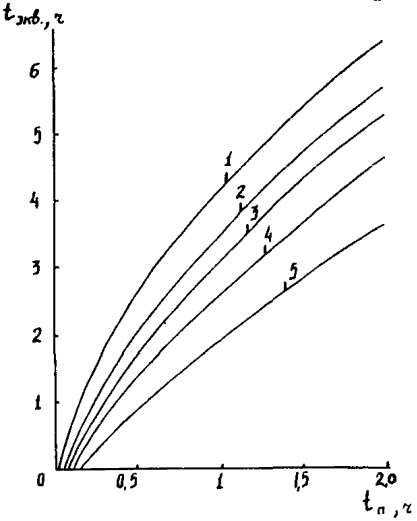


Рис. II. Зависимость эквивалентной продолжительности пожара $t_{экв}$ от характерной продолжительности объемного пожара $t_п$ для трехслойных стеновых панелей:
I - Π =0,4 м$^{1/2}$; 2 - 0,2 м$^{1/2}$;
3 - 0,I5 м$^{1/2}$; 4 - 0,I м$^{1/2}$;
5 - 0,05 м$^{1/2}$

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Расчет температурного режима в помещении с учетом начальной стадии пожара при горении твердых горючих и трудногорючих материалов

I. По данным пожарно-технического обследования или проектной документации определяются: объем помещения V ; площадь проемов помещения A_i ; высота проемов h_i ; общее количество пожарной нагрузки каждого вида горючего твердого материала P_i ; приведенная высота проемов h ; высота помещения H ; общее количество пожарной нагрузки, приведенное к древесине, P .

2. По рис. 2,3 в соответствии с объемом помещения V и пожарной нагрузкой q определяется минимальная продолжительность начальной стадии пожара (НСП) $t_{нсп}$. Времени окончания НСП соответствует температура $T_в$.

3. Рассчитывается температурный режим развитой стадии пожара по методу, изложенному в работе /I/.

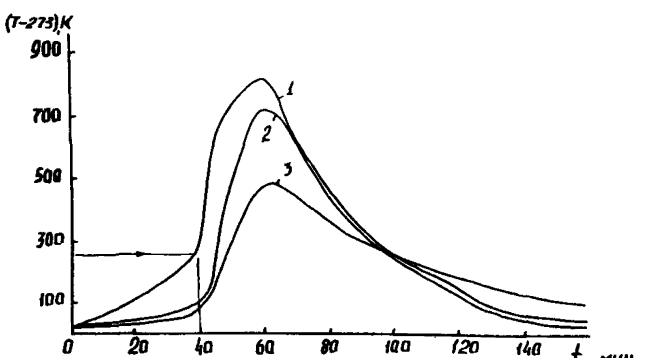
4. По результатам расчета температурного режима строится зависимость среднеобъемной температуры в помещении в координатах температура-время так, чтобы значению температуры $T_в$ на восходящей ветви соответствовало значение $t_{нсп}$.

5. Определяется изменение среднеобъемной температуры в начальной стадии пожара с точностью до 20 %: $(T-T_0)/(T_{нсп}-T_0)=(t/t_{нсп})^2$, где $T_{нсп}$ – среднеобъемная температура в момент окончания НСП; определяется из литературных источников или экспериментально. Среднее значение $T_{нсп}$ при горении пожарной нагрузки из твердых органических материалов принимается равной 250 °С.

Пример. Определить температурный режим пожара в помещении промышленного здания с учетом начальной стадии пожара. Площадь пола S = 2340 м^2, объем помещения V = 14040 м^3, площадь проемов A = 167 м^2, высота проемов h = 2,39 м. Общее количество пожарной нагрузки, приведенное к древесине, со-

ставляет $4{,}68 \cdot 10^4$ кг, что соответствует пожарной нагрузке $g = 20$ кг·м$^{-2}$.

По рис.2 получаем продолжительность начальной стадии пожара $t_{нсп} = 40$ мин. Принимаем температуру вспышки $\vartheta_в$ равной 250°С. Рассчитываем температуру в объеме помещения в начальной стадии пожара, согласно пункту 5, от начального значения $\vartheta_0 = 20$ °С до температуры вспышки $t_в = 250$ °С при $t = t_{нсп}$. Среднеобъемная температура объемного пожара рассчитывается по руководству /I/. Время начала объемного пожара $t_{всп} = 40$ мин. Результаты расчета температурного режима пожара для данного помещения приведены на рисунке.



Изменение температур при пожаре с учетом начальной стадии пожара в помещении объемом $V = 14040$ м^3, проемностью $П = 0{,}12$ м^{0,5} с пожарной нагрузкой, приведенной к древесине в количестве 20 кг·м$^{-2}$:

I – среднеобъемная температура; 2 – температура поверхности перекрытия; 3 – температура поверхности стен

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Расчет прогрева плоских горизонтальных железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия при горении ЛВЖ и ГЖ в условиях локального пожара

I. При горении ЛВЖ и ГЖ площадь очага горения F принимается равной площади зеркала жидкости, свободно разлившейся на пол или находящейся в открытой емкости.

Длительность пожара рассчитывается из выражения

$$t = \frac{G}{M_{cp} \cdot F} \quad . \qquad (I)$$

2. Для определения граничных условий III рода вычисляется значение максимальной температуры пламени T_{max} . Для ЛВЖ и ГЖ T_{max} рассчитывается по формуле методом последовательных приближений:

$$\frac{T_{max}}{T_{oc}} = 1{,}6 \cdot 10^{-2} \left(\frac{q\ell}{Q^p_{Hi}}\right)^{-0{,}26} \cdot \left(\frac{\nu\,\lambda}{c_p \rho \ell^2 Q^p_{Hi}}\right)^{0{,}11} \cdot \left(\frac{D}{\ell Q^{p}_{Hi}}\right)^{0{,}47} \left(T_K \beta\right)^{-0{,}57} \qquad (2)$$

Задается T_{max} и по этой температуре определяются по справочным данным /8,9/ теплофизические характеристики продуктов горения ν , λ , c_p , β , ρ и значения T_K и D для жидкости, составляющей пожарную нагрузку. При отсутствии справочных данных необходимые параметры рассчитываются /I0/. По критериальной зависимости (2) рассчитывается новое значение максимальной температуры пламени T_{max_2} . Если $T_{max_1} - T_{max_2} \leq 5\%$, то значение T_{max_2} принимается за окончательное значение максимальной температуры пламени. В противном случае вычисляется максимальная температура пламени, для этого теплофизические характеристики определяются по T_{max_2} .

Значения максимальной температуры пламени T_{max} при горении различных веществ приведены в табл. I /8/.

Таблица I

Вещество	T_{max}
Ацетон	I420
Керосин	I360
Бутиловый спирт	I370
Трансформаторное масло	I380
Мазут	I330

3. Рассчитывается высота расположения точки в пламени, где температура максимальна Y_{max} /I3/:

$$\frac{Y_{max}}{\ell} = 0{,}97 \cdot 10^{7} \left(\frac{q\ell}{Q_i^2}\right)^{1{,}77} \left(\frac{\lambda}{\mu\beta Q_i^2}\right)^{1{,}16} \left(\frac{D}{\ell \cdot Q_i^2 \sqrt{2}}\right)^{2{,}26} \left(T_{\kappa}\beta\right)^{1{,}42} \cdot \left(0{,}3 + 0{,}7\sqrt{\frac{t}{t_0}}\right). \quad (3)$$

При определении Y_{max} и T_{max} за характерный размер очага горения принимается диаметр d_0 , если очаг имеет круглую форму, или величина

$$\ell = \sqrt{F}, \quad (4)$$

если форма очага отличается от круговой. Значения Y_{max} для различных веществ приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вещество	Y_{max}
Ацетон	I,05 ℓ
Керосин	I,I6 ℓ
Бутиловый спирт	0,87 ℓ

4. Вычисляется температура T_0 и скорость потока U_0 на оси пламени под перекрытием. При $H/Y_{max} \leq 4{,}5$ (H – высота перекрытия, м) расчет ведется по формулам:

$$\frac{T_0}{T_{max}} = 0{,}3 + 2{,}35\left(\frac{H}{Y_{max}}\right)^{1{,}12} \cdot exp\left(-1{,}21\frac{H}{Y_{max}}\right); \quad (5)$$

$$\frac{U_0}{U_{max}} = 1{,}58\left(\frac{H}{Y_{max}}\right)^{1{,}32} exp\left(-0{,}69\frac{H}{Y_{max}}\right) \cdot \left(0{,}3 + 0{,}7\sqrt{\frac{t}{\tau_0}}\right). \quad (6)$$

Максимальная скорость по оси пламени определяется из выражения

$$u_{max} = 2{,}15\sqrt{g\ell}. \qquad (7)$$

При $H/Y_{max} > 4{,}5$ значения u_0 и T_0 вычисляются по соотношениям

$$\Delta T_0 = 0{,}21 \cdot Q_0^{0{,}66} \cdot H^{-2}; \qquad (8)$$

$$u_0 = 1{,}53 \cdot 10^{-4} Q_0^{1{,}11} \cdot H^{-3{,}33}, \qquad (9)$$

где $\Delta T_0 = T_0 - T_{oc}$ – избыточная температура, К.

Величина Q_0 определяется для жидких топлив:

$$Q_0 = \varphi \cdot F \cdot M_{cp} \left(0{,}3 + 0{,}7\sqrt{\frac{t}{t_0}}\right) Q_{Hl}^{p}. \qquad (10)$$

Если время развития пожара $t \geq t_0$, то $(0{,}3 + 0{,}7\sqrt{t/t_0}) = 1$. При отсутствии данных о t_0 для жидких топлив принимается t_0 = 15 мин. Порядок расчета величины φ приведен в прил.4.

5. По справочным данным для продуктов сгорания (дымовые газы) вычисляются значения коэффициентов теплопроводности λ и кинематической вязкости ν по температуре, равной T_0.

6. Значение максимальной скорости на внешней границе пограничного слоя u_* ($м \cdot с^{-1}$) и расстояние от критической точки до точки, соответствующей максимальному значению осевой скорости r_*, определяется из соотношений

$$u_* = 0{,}92 \cdot u_0 \left(\frac{H}{Y_{max}}\right)^{-0{,}08}; \qquad (11)$$

$$r_* = 0{,}51 \cdot Y_{max} \left(\frac{H}{Y_{max}}\right)^{0{,}63}, \qquad (12)$$

где значения u_0 ($м \cdot с^{-1}$) определяются по формуле (6) или (9), а Y_{max} – по (3).

7. Значения локального и среднего коэффициента теплоотдачи конвекцией в зоне ускоренного течения ($0 < r < r_*$) рассчитываются из уравнений

$$\alpha_K = \frac{0{,}835\lambda}{r_*} Re_*^{0{,}5} Pr^{1/3} \left(1 - \frac{\bar{r}^2}{3}\right)^{1/2} \left(1 + \bar{r}\right)^{-0{,}62}; \qquad (13)$$

$$\bar{\alpha}_K = \frac{0{,}59\lambda}{r_*} \cdot Re_*^{0{,}5} \cdot Pr^{1/3}, \qquad (14)$$

где $Re = u_* r_* / \nu$; $\bar{r} = r/r_*$. Значение Pr берется из справочных данных для определяющей температуры T_0.

Коэффициент теплоотдачи конвекцией в зоне переходного течения $\tau_* < \tau \leq 2{,}4\tau_*$ определяется по формулам

$$\alpha_к = \frac{0{,}331\cdot\lambda}{\tau_*} Re_*^{0{,}5}\cdot Pr^{1/3}\left[1-0{,}715(1-L)(\bar{\tau}-1)\right]; \qquad (15)$$

$$\bar{\alpha}_к = \frac{0{,}5\lambda}{\tau_*}\left(Re_*^{0{,}5}\cdot 0{,}336\cdot Pr^{1/3}+1{,}89\cdot 10^{-3}\cdot Re^{0{,}927} Pr^{1/3}\cdot Pr_t^{-1}\right), \qquad (16)$$

где $L = 0{,}58\cdot 10^{-2}\, Re_*^{0{,}427}\cdot Pr_t^{-1}$; $Pr_t = 0{,}5$ – турбулентное число Прандтля.

Величины локального и среднего коэффициента теплоотдачи конвекцией в зоне основного течения ($\bar{\tau} > 2{,}4$) рассчитываются по формулам

$$\alpha_к = \frac{0{,}0109\,\lambda\cdot Re_*^{0{,}85}\cdot Pr^{1/3}(1+\bar{\tau})^{-0{,}62}}{\tau_*\,\bar{\tau}^{0{,}85}(\delta_m)^{2/3}}\cdot Pr_t^{-1}\,\zeta^{-1/2}; \qquad (17)$$

$$\bar{\alpha}_к = \frac{0{,}0105\cdot\lambda\cdot Re_*^{0{,}85} Pr^{1/3}\cdot Pr_t^{-1}(a+4{,}2\,b+18{,}72\,c)}{\tau_*}, \qquad (18)$$

где $\zeta = 1{,}64\, e^{4(\bar{\tau}-2{,}4)}$; $\bar{\delta}_m = \left[0{,}038\, Re_*^{-2/3}\,\bar{\tau}^{15/3}+c_1\,\bar{\tau}^{-2{,}5}\right]^{13/15}$; $B_1 = -0{,}145+0{,}085\lg Re_*$;
$a = 0{,}06\,(1+2{,}66\lg Re_*)$;

$c_1 = 8{,}9\left(\frac{6{,}15}{Re_*^{0{,}376}}-\frac{0{,}105}{Re_*^{0{,}134}}\right)$; $b = 0{,}026\,(1-1{,}9\lg Re_*)$; $c = 0{,}004(\lg Re_* - 1)$.

Соотношение (18) справедливо для чисел Рейнольдса $Re_* = 10^3 - 10^7$ и относительных расстояний $\bar{\tau} = 2{,}4 - 6$.

Значение локального и среднего коэффициента теплоотдачи излучением при $H/Y_{max} \leq 2{,}3$ определяется по формулам:

$$\alpha_R = \varepsilon_w\left[0{,}88\,\varepsilon_\varphi\,\sigma_0 T_{y_0}^4\,\bar{h}^{-0{,}69}\exp(-0{,}28\,\bar{h}^{-0{,}2}\bar{\tau})-\sigma_0 T_w\right]; \qquad (19)$$

$$\bar{\alpha}_R = \varepsilon_w\left[0{,}88\,\varepsilon_\varphi\,\sigma_0 T_{y_0}^4\,\bar{h}^{-0{,}69}\frac{1}{a}(1-e^{-a})-\sigma_0 T_w^4\right]\frac{1}{T_{y_0}-T_w}, \qquad (20)$$

где $a = 0{,}28\,h^{-0{,}2}$.

При $6 \geq H/Y_{max} > 2{,}3$ значения локального и среднего коэффициента теплоотдачи излучением вычисляются из соотношений

$$\alpha_R = \varepsilon_w\left[0{,}786\,\varepsilon_\varphi\,\sigma_0 T_{max}^4\,\bar{h}^{-1{,}65}\exp(-0{,}28\,\bar{h}^{-0{,}2}\bar{\tau})-\sigma_0 T_w^4\right]\cdot\frac{1}{T_{y_0}-T_w}; \qquad (21)$$

$$\bar{\alpha}_R = \varepsilon_w\left[0{,}786\,\varepsilon_\varphi\,\sigma_0 T_{max}^4\,\bar{h}^{-1{,}65}\cdot\frac{1}{a}(1-e^{-a})-\sigma_0 T_w^4\right]\frac{1}{T_{y_0}-T_w}. \qquad (22)$$

При расчете коэффициента теплоотдачи в критической точке в формулах (13), (19), (21) принимается $\bar{\tau} = 0$.

8. С помощью ЭВМ вычисляются нестационарные температурные поля в плоской горизонтальной конструкции с учетом найденных граничных условий. Рассчитываются значения температуры по толщине конструкции на очередном временном шаге:

температура обогреваемой поверхности t_w :

$$T_{w,t+\Delta t}=T_{w,t}+\frac{\Delta t}{30\gamma\Delta x^2(C+DT_{w,t})}\cdot\left[\alpha_1(T_0-T_{w,t})\cdot\Delta x+A\times\right.$$

$$\left.\times(T_{1,t}-T_{w,t})+0{,}5B(T_{1,t}^2-T_{w,t}^2)\right],\ ^oC; \qquad (23)$$

температура в n-м слое:

$$T_{n,t+\Delta t}=T_{n,t}+\frac{\Delta t}{60\gamma\Delta x^2(C+DT_{n,\tau})}\left[A(T_{n-1,t}+T_{n+1,t}-2T_{n,\tau})+\right.$$

$$\left.+0{,}5B(T_{n-1,t}^2+T_{n+1,t}^2-2T_{n,t})\right],\ ^oC;$$

температура необогреваемой поверхности конструкции:

$$T_{N,t+\Delta t}=T_{N,t}+\frac{\Delta t\left[A(T_{n-1,\tau}-T_{N,\tau})+0{,}5B(T_{N-1,\tau}^2-T_{N,\tau}^2)+\alpha_2\Delta x(T_0-T_{N,\tau})\right]}{30\gamma\Delta x^2(C+DT_{N,\tau})}, \qquad (24)$$

где $\alpha_1=\alpha_R+\alpha_K$ – суммарный коэффициент теплоотдачи, вычисляемый по соотношениям (13) – (22); α_2 – коэффициент теплоотдачи от необогреваемой поверхности с температурой T_N в окружающую среду с температурой T_0 , определяемый по формулам /4/

$$\alpha_2=\alpha_{2K}+\alpha_{2R};\ \alpha_{2K}=0{,}135(Gr\cdot Pr)^{1/3}\frac{\lambda_g}{L_1}, \qquad (25)$$

где L_1 – характерный размер, принимаемый равным ширине перекрытия, м; Pr = 0,7 – критерий Прандтля; $Gr=\frac{g\beta L_1^3(T_w-T_0)}{\nu_0^2}$ – критерий Грасгофа; α_{2R} – коэффициент теплоотдачи излучением от необогреваемой поверхности, рассчитываемый по формуле

$$\alpha_{2R}=5{,}76\cdot\varepsilon_w\frac{\left(\frac{T_N+273}{100}\right)^4-\left(\frac{T_0+273}{100}\right)^4}{T_N-T_{0c}}. \qquad (26)$$

Толщина слоя Δx и временной интервал Δt вычисляются из условий устойчивости явной конечно-разностной схемы. При этом $\Delta t\leq min\left\{\Delta t_{1,2},\Delta t_{3,4},\Delta t_{5,6}\right\}$. Временные интервалы определяются зависимостями

$$\Delta t_{1,2}=\frac{c_t\gamma\Delta x}{2\left(\alpha_{2max}+\frac{\lambda_t}{\Delta x}\right)};\quad \Delta t_{3,4}=\frac{\Delta x^2c_t\gamma}{2\lambda_t};\quad \Delta t_{5,6}=\frac{\Delta x\gamma c_t}{2\left(\alpha_{2max}+\frac{\lambda t}{\Delta x}\right)},$$

где λ_t, C_t – теплопроводность и теплоемкость материала конструкции, рассчитанные при температуре конструкции в начале пожара и при максимальной температуре прогрева конструкции $T_{n\,max}$; α_{1max}, α_{2max} – максимально возможные величины коэффициента теплоотдачи от пламени к конструкции и от конструкции в окружающую среду.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Расчет изменения несущей способности железобетонных центрально-сжатых колонн и несущих стен при объемном пожаре в помещении

I. Расчет изменения несущей способности железобетонных центрально-сжатых колонн

I.I. Температурный режим пожара в помещении рассчитывается методом, изложенным в работе /I/.

I.2. По полученному значению среднеобъемной температуры рассчитывается прогрев колонны в определенный момент методом, приведенным в инструкции /II/. При этом закон теплообмена на гранях колонны выбирается таким же, как для вертикальных строительных конструкций .

I.3. Вычисляется изменение несущей способности колонны /II/:

$$N_{Rt} = \varphi \cdot \left[R^{H}_{np} \sum_{i,j} F_{б;i,j}\, \gamma_{б;i,j} + R^{H}_{a} \sum_{n,m} F_{a,n,m}\, \gamma_{a,n,m} \right], \qquad (I)$$

где R^{H}_{np} – призменная прочность бетона, кг·см$^{-2}$; R^{H}_{a} – прочность стали, кг·см$^{-2}$;

$$F_{б;i,j} = \begin{cases} \Delta x_i \Delta x_j - F_{a,n,m}, & \text{если } n=i,\ m=j \\ \Delta x_i \Delta x_j - \text{если } \begin{matrix} n \neq i \\ m \neq j \end{matrix} \end{cases}$$

– площадь поперечного сечения бетонного элемента с узлом i,j в центре, см^2;

$F_{a,n,m}$ – площадь поперечного сечения стального элемента с узлом n,m; $\gamma_{б;i,j} = a_б - b_б t_{i,j}$ – температурный коэффициент снижения прочности бетона; $\gamma_{a,n,m} = a_a - b_a t_{n,m}$ – температурный коэффициент снижения прочности стали; $t_{i,j}$ – температура в узле i,j температурной расчетной сетки сечения колонны, ^{0}C; $t_{n,m}$ – температура в узле n,m температурной сетки, совпадающей с расположением арматуры.

Значения коэффициентов $a_б, b_б, a_a, b_a$ приведены в инструк-

ции /9/. Коэффициент продольного изгиба φ вычисляется в зависимости от отношения ℓ_0 / β_t /9/, где ℓ_0 – расчетная длина сжатого элемента.

Рабочая ширина приведенного прямоугольного сечения колонны β_t определяется из соотношения $\beta_t = \beta_0 - 2(\Delta x_{i,M} + \frac{1}{2}\Delta x_{i,M})$, при условии $t_{i,M} > t_{кр}$ и $t_{i+1,M} < t_{кр}$,
где $j = M$ соответствует оси симметрии сечения колонны; β_0 – меньшая сторона прямоугольного сечения колонны. Под критической температурой $t_{кр}$ понимается температура $t_{i,j}$, при которой $\gamma_{\delta_{i,j}} = 0$.

I.4. После достижения максимального значения температуры в узле сетки $t_{i,j\,max}$ коэффициент потери прочности бетона в формуле (I) вычисляется по соотношению

$$\gamma_{\delta_{i,j}} = \gamma_{\delta_m} - \frac{\gamma_{\delta_m} - \gamma_{\delta_0}}{t_{i,j\,max} - t_н} \left(t_{i,j\,max} - t_{i,j}\right), \qquad (2)$$

где γ_{δ_m} – коэффициент потери прочности бетона, соответствующий $t_{i,j\,max}$; γ_{δ_0} – коэффициент потери прочности охлажденного бетона после нагрева до $t_{i,j\,max}$. Зависимость γ_{δ_0} от температуры нагрева приведена в работе /I2/.

I.5. Несущая способность колонны рассчитывается до полного ее остывания до температуры $t_н$.

I.6. Эквивалентная продолжительность пожара для сплошных железобетонных центрально-сжатых колонн определяется без оценки изменения несущей способности колонн в течение всего пожара. Вычисляется значение несущей способности остывшей после пожара колонны:

$$N_{R_0} = \varphi\left[R^н_{пр} \sum F_{\delta_{i,j}} \gamma_{\delta_0} + R^н_a \sum F_{a,n,m}\right]. \qquad (3)$$

Коэффициент продольного изгиба в формуле (3) определяется по п. I.3, однако в данном случае под критической температурой подразумевается значение $t_{i,j\,max}$, при котором $\gamma_{\delta_0} = 0$. Для остывшей арматуры, согласно работе /9/, $\gamma_{a,n,m} = I$.

2. Расчет изменения несущей способности сплошных железобетонных несущих стен

2.I. Производится расчет температурного режима пожара и прогрева несущих стен в помещении по методу из работы /I/.

2.2. Статический расчет платформенно-опертой стены производится при условии разрушения стены с прогибом в "холодную" сторону (от пожара). При этом несущая способность стены N_{p_t} в каждый момент определяется из условия ее равновесия в предельном состоянии:

$$N_{p_t} = \frac{N_a z_u + D_\delta z_\delta}{\ell}; \qquad N_p + N_a = D_\delta + N_a', \tag{4}$$

где $N_a' = R_a^H F_a' \gamma_a$ – усилие, воспринимаемое сжатой арматурой стены, кг; $N_a = R_a^H F_a \gamma_a$ – усилие, воспринимаемое растянутой арматурой стены, кг; F_a', F_a – сечение сжатой и растянутой арматуры соответственно, см^2; z_u – расстояние между центрами сжатой и растянутой арматуры, см; $\ell = 0{,}5H - a + \ell_0$ – начальное расстояние от линии приложения нагрузки до центра растянутой арматуры: H – толщина стены, см; $\ell_0 = 2$ см – случайный эксцентриситет приложения нагрузки; a – расстояние от необогреваемой грани до центра растянутой арматуры, см; $D_\delta = \delta R_{np}^H \int_{H-a-x}^{H-a} \gamma_\delta dx$ – усилие, воспринимаемое сжатым бетоном сечения стены, кг; $D_\delta z_\delta = \delta R_{np}^H \int_{H-a-x}^{H-a} \gamma_\delta X dx$ – момент сжатой зоны бетона относительно растянутой арматуры, кг·см; X – высота сжатой зоны бетона; x – текущая координата, перпендикулярная плоскости стены и отсчитываемая от растянутой арматуры; δ – ширина стены, см.

Используя ту же пространственную сетку, что и для решения теплофизической задачи прогрева стены, и записывая интегралы в численном виде методом трапеций, из системы (4) получим безразмерное уравнение для определения высоты сжатой зоны бетона:

$$\bar{R} + \Delta\bar{x}^2 \sum_{i=0}^{N} \kappa_i \gamma_{\delta_i} (\bar{\ell}_{\Delta_x} - i) = 0, \tag{5}$$

где $\bar{R} = \bar{R}_a (m' \bar{\ell}' \gamma_a' + m \bar{\ell}_0 \gamma_a)$; $\bar{R}_a = R_a^H / R_{np}^H$; $\bar{\ell}' = (z_a - \ell')/H$; $\bar{\ell}_0 = \ell/H$; $m' = F_a'/H\delta$; $m = F_a/H\delta$; $\Delta\bar{x} = \Delta x/H$; $\bar{\ell}_{\Delta_x} = \bar{\ell}/\Delta\bar{x}$; $\bar{\ell} = 0{,}5 - \ell_0/H$;

$$\kappa_i = \begin{cases} \frac{1}{2}, & i = 0, N \\ 1, & i = 1 \ldots N-1 \end{cases}; \quad i = 0 - \text{соответствует обогреваемой поверхности стены.}$$

Значение γ_{ϑ_i} до достижения максимальной температуры в элементарном слое $t_{i\,max}$ вычисляется в соответствии с инструкцией /II/. После достижения максимального значения температуры в элементарном слое коэффициент потери прочности бетона γ_{ϑ_i} в формуле (5) рассчитывается по соотношению

$$\gamma_{\vartheta_i} = \gamma_{\vartheta_m} - \frac{\gamma_{\vartheta_m} - \gamma_{\vartheta_2}}{t_{i\,max} - t_H}\,(t_{i\,max} - t_i).$$

2.3. Определяется значение $i = N_{ul} = N+1$, для которого $\Delta(N) > 0$, $\propto \Delta(N+1) < 0$, где $\Delta(i)$ – левая часть уравнения (5).

2.4. Вычисляется значение несущей способности стены N_{pt}:

$$N_{pt} = \beta R_{np}^{M} \Delta x \sum_{i=0}^{N} n_i \gamma_{\vartheta_i} + R_a^{H}(F_a' \gamma_a' - F_a \gamma_a), \text{если } \frac{\Delta(N)}{|\Delta(N+1)|} \leqslant 1,\ n_i = \begin{cases} 0{,}5,\ i=0 \\ 0{,}5 + \dfrac{\Delta(N)}{\Delta(N)+|\Delta(N+1)|},\ i=N \\ 1,\ i=1..N-1 \end{cases} \tag{6}$$

$$N_{pt} = \beta R_{np}^{M} \Delta x \sum_{i=0}^{N+1} n_i \gamma_{\vartheta_i} + R_a^{H}(F_a' \gamma_a' - F_a \gamma_a), \text{ если } \frac{\Delta(N)}{|\Delta(N+1)|} > 1,\ n_i = \begin{cases} 0{,}5,\ i=0 \\ \dfrac{\Delta(N)}{\Delta(N)+|\Delta(N+1)|} - 0{,}5,\ i=N+1 \\ 1,\ i=1-N \end{cases}$$

2.5. Несущая способность стены рассчитывается до полного остывания до температуры t_H.

2.6. Эквивалентная продолжительность пожара для сплошной железобетонной стены определяется с учетом его полного остывания по остаточной несущей способности. Расчет прогрева конструкции производится до момента, когда температуры всех элементарных слоев, на которые разбивается сечение стены, достигнут максимального значения. Высота сжатой зоны, выраженная количеством элементарных слоев, определяется для остывшей стены из уравнения

$$\bar{R} + \bar{\Delta x}^2 \sum_{i=0}^{N} \kappa_i \gamma_{\vartheta_0} (\bar{e}_{\Delta x} - i) = 0, \tag{7}$$

где $\bar{R} = \bar{R}_a(m'\bar{e}' + m\bar{e}_0)$. Если $F_a' = F_a$, то $\bar{R} = \bar{m}\bar{R}_a\bar{z}_a$, где $\bar{z}_a = z_a/H_i$ $m = 0{,}5 \cdot 10^{-2}\mu_i;\mu$ – процент армирования стены; γ_{ϑ_0} – соответствует максимальному значению температуры в элементарном слое за все время пожара $t_{i\,max}$.

2.7. Определяется значение $i = Nui = N+1$, для которого $\Delta'(N) > 0$ и $\Delta'(N+1) < 0$, где $\Delta'(i)$ – левая часть уравнения (7).

2.8. Несущая способность остывшей после пожара стены рассчитывается из соотношения

$$N_p = \delta R^H_{np} \Delta x \sum_{i=0}^{N} n_i \gamma_{\delta_0} + R^H_a (F'_a - F_a), \text{ если } \frac{\Delta'(N)}{|\Delta'(N+1)|} \leq 1, n_i = \begin{cases} 0{,}5, & i = 0 \\ 0{,}5 + \dfrac{\Delta'(N)}{\Delta'(N)+|\Delta'(N+1)|}, & i = N \\ 1, & i = 1 \ldots N-1 \end{cases} \quad (8)$$

$$N_p = \delta R^H_{np} \Delta x \sum_{i=0}^{N+1} n_i \gamma_{\delta_0} + R^H_a (F'_a - F_a), \text{ если } \frac{\Delta'(N)}{|\Delta'(N+1)|} > 1, n_i = \begin{cases} 0{,}5, & i = 0 \\ \dfrac{\Delta'(N}{\Delta'(N)+|\Delta'(N+1)|} - 0{,}5, & i = N+1 \\ 1, & i = 1-N \end{cases}$$

Если $\Delta'(i) > 0$ при любом $i \leq N_1$, где N_1 – количество элементарных слоев от обогреваемой грани до центра растянутой арматуры, то значение N_p вычисляется по формуле

$$N_p = \frac{0{,}5 B h_0^2 R_{np} + F'_a R^H_a Z_a}{\ell}, \quad (9)$$

где $h_0 = \Delta x \sqrt{2 \sum_{i=0}^{N_1} \gamma_{\delta_0} \kappa_i (N_1 - i)}$ – приведенная полезная высота сечения стены.

2.9. Для заданного помещения получаем зависимость относительной несущей способности стены $\bar{N}_p = N_p / N_{p_0}$ от параметров $\bar{R}$ и $\bar{\ell}$ при пожаре, где $N_{p_0} = HBR_{np} (\bar{\ell} + \sqrt{\bar{\ell}^2 + 2\bar{R}})$ – начальное значение несущей способности стены; R – параметр в формуле (7). По известному значению относительной нормативной рабочей нагрузки $\bar{N}_H = N_H / N_{p_0}$ получаем соответствующие ей значения $\bar{R}$ и $\bar{\ell}$. Фактический предел огнестойкости конструкции с полученными таким образом параметрами $\bar{R}$ и $\bar{\ell}$ будет эквивалентной продолжительностью пожара для сплошной железобетонной стены в рассматриваемом помещении.

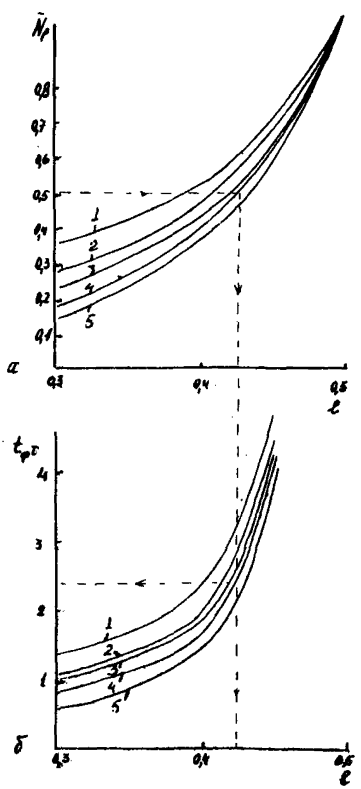
3. Расчет изменения несущей способности трехслойных панелей стен

3.1. Описание конструкции трехслойных стеновых панелей наружных стен с гибкими связями и схема разрушения платформенно-опертой трехслойной стеновой панели приведены в работе /6/.

3.2. Расчет несущей способности трехслойных стеновых панелей аналогичен расчету сплошных железобетонных стен по п. 2.2. Для трехслойных стен учитываются следующие изменения. В формуле (4) $\ell = 0{,}5 h_1 + h_2 + (h_3 - \alpha) + \ell_0$, где h_1, h_2, h_3 – толщина

слоев трехслойной стены; h_1 – толщина несущего слоя. Случайный эксцентриситет для трехслойной стены ℓ_0 = I см. В формуле (5) вместо H используется h_1. При выполнении условия

$$N_c < F_a R_a^H \gamma_a, \qquad (10)$$



Зависимость относительной несущей способности (а) и фактического предела огнестойкости (б) трехслойных стеновых панелей от параметров $\bar{R}$ и $\bar{\ell}$:
I – $\bar{R}$ = I0·I0^{-2}; 2 – $\bar{R}$ = 5·I0^{-2};
3 – $\bar{R}$ = 3·I0^{-2}; 4 – $\bar{R}$ = I·I0^{-2};
5 – $\bar{R}$ = 0,5·I0^{-2}

где $N_c = \frac{0{,}1 n d^3 R_a^H \gamma_a}{h_2 + h_3 - a}$ – усилие, воспринимаемое связями между бетонными слоями; n – расчетное количество связей; d – диаметр связей. Необходимо сделать следующие изменения:

параметр $\bar{R}$ в формуле (5) записывается как:

$$\bar{R} = (m' \bar{\ell}' \gamma_a' + \bar{\ell} \bar{c} \gamma_a) \bar{R}_a,$$

где $\bar{c} = N_c / \gamma_a h_1 R_a^H b$; $\bar{\ell} = \ell / h_1$;

второе слагаемое в формулах (6) примет вид:

$$R_a^H F_a' \gamma_a' - N_c;$$

параметр $\bar{R}$ в формуле (7) запишем в виде

$$\bar{R} = \bar{R}_a (m' \bar{\ell}' + \bar{\ell} \bar{c});$$

второе слагаемое в формулах (8) примет вид:

$$R_a^H F_a' - N_c / \gamma_a.$$

При обратном знаке в неравенстве (10) все указанные выше выражения будут иметь тот же вид, что и для сплошной железобетонной стены.

Если $\Delta'(i) > 0$ при любом $i \leq N_1$ (для трехслойной панели N_1 – количество элементарных слоев несущего слоя), то значение N_β вычисляется по формуле

$$N_p = \frac{B R_{np} h_o \left[\frac{h_o}{2} + h_2 + (h_3 - a)\right] + F_a' R_a'' Z_a}{\ell}, \qquad (11)$$

где $h_o = -\left[h_2 + (h_3 - a)\right] + \sqrt{\left[h_2 + (h_3 - a)\right]^2 + 2\sum_{i=0}^{M_1} \gamma_{\delta_0} \kappa_i \Delta\chi \left[h_1 + h_2 + (h_3 - a) - \Delta\chi \cdot i\right]}$ -

приведенная полезная высота сечения несущего слоя трехслойной стены.

3.3. Процедура определения эквивалентной продолжительности пожара для трехслойной стеновой панели аналогична изложенной в п. 2.9. При этом параметры $\bar{R}$ и $\bar{\ell}$ определяются в соответствии с изложенными выше особенностями для трехслойных стен.

Пример. Определить эквивалентную продолжительность пожара для трехслойной стеновой панели в помещении общественного здания. Площадь помещения S = 288 м^2, высота 7 м, общая площадь проемов 20 м^2, приведенная высота проемов 3 м, пожарная нагрузка, приведенная к древесине, составляет 40 кг на I м^2 площади пола.

В соответствии с п. 3.2. получаем зависимость относительной величины несущей способности остывшей после пожара трехслойной стены N_p от параметров $\bar{R}$ и $\bar{\ell}$ (см. рисунок, а). Если относительная величина нормативной рабочей нагрузки $\bar{N}_H$ = =0,5 и $\bar{R} = 10^{-2}$, то значение параметра $\bar{\ell}$ = 0,43. По зависимости фактического предела огнестойкости трехслойных стеновых панелей от аналогичных параметров (см. рисунок, б) получаем предел огнестойкости, равный 2,4 ч. Таким образом, эквивалентная продолжительность пожара для трехслойных стеновых панелей в данном помещении составляет 2,4 ч. Описанный порядок определения эквивалентной продолжительности пожара схематически показан на рисунке стрелками.

Номограммы выполнены для трехслойных стеновых панелей из тяжелого бетона с утепляющим слоем из минеральной ваты. Если $h_2 \geqslant 70$ мм, номограммы достоверны для любого утеплителя (воздушная прослойка, пенополиуретан, минвата и др.).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Расчет коэффициента полноты горения пожарной нагрузки

I. Для исходного материала пожарной нагрузки с известным элементарным составом рассчитываются состав и термодинамические свойства продуктов горения по методике, изложенной в работе /I3/.

2. По результатам расчета определяется изменение энтальпии продуктов горения $(\Sigma\Delta H)_{пр}$ и плотности ρ в зависимости от температуры и коэффициента избытка окислителя α.

3. Находится значение коэффициента $\bar{m}$, равное отношению массы продуктов горения к выгоревшей массе пожарной нагрузки. Величина $\bar{m}$ зависит от коэффициента избытка окислителя.

4. Определяется теплотворная способность топлива (материала пожарной нагрузки и кислорода воздуха):

$$Q_T = Q_H^P / m.$$

В качестве примера на рис. I-6 приведены зависимости $(\Sigma\Delta H)_{пр}=f(T,\alpha)$; $\rho=f(T,\alpha)$; $\bar{m}=f(\alpha)$; $Q_T=f(\alpha)$ для твердой пожарной нагрузки (древесина), ЛВЖ (этанол) и ГЖ (турбинное масло ТП-22с).

5. Определяется вид возможного пожара в помещении в соответствии с п. 2.I раздела 2.

6. Находится значение коэффициента избытка окислителя: $\alpha=(21-\chi_{O_2})/21$, где χ_{O_2} - объемное содержание кислорода в пламени.

Принимается, что для ПРВ χ_{O_2} = 0-I0 % (об.), для ПРН χ_{O_2} = I0-20 % (об.) Коэффициент избытка окислителя рассчитывается для определенного ранее вида пожара при граничных значениях диапазона изменения χ_{O_2}, то есть определяются значения α_1 и α_2.

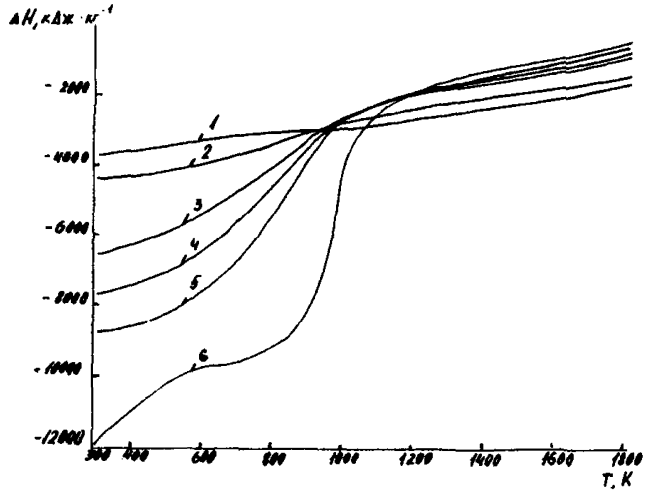


Рис.I.Зависимость энтальпии продуктов горения древесины ΔH от температуры T для различных значений коэффициента избытка окислителя α :

I - α = I; 2 - α = 0,5; 3 - α = 0,25; 4 - α = 0,I5; 5 - α = 0,I; 6 - α = 0

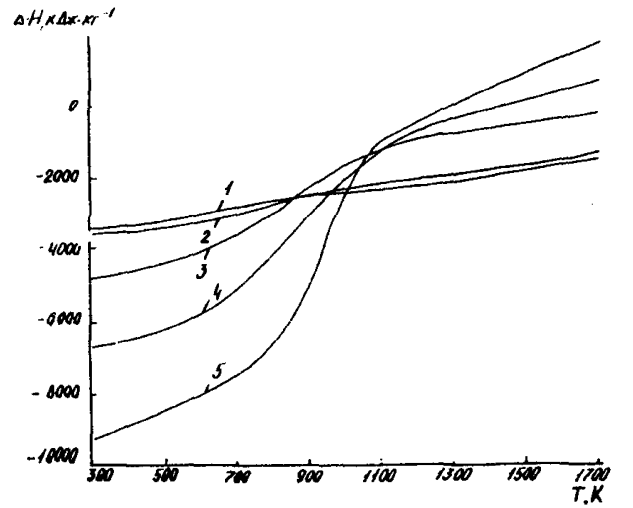


Рис.2. Зависимость энтальпии продуктов горения этанола ΔH от температуры T для различных значений коэффициента избытка окислителя α :

I - α = I; 2 - α = 0,75; 3 - α = 0,25; 4 - α = =0,I; 5 - α = 0

7. Вычисляется максимальное значение температуры пламени T_{max} в соответствии с прил. 2 и работой /I4/.

8. Для полученных значений T_{max} и α_1, α_2 в соответствии с п.2 определяются плотность продуктов горения ρ_1 и ρ_2, энтальпия $(\Sigma \Delta H_0)_{пр.1}$ и $(\Sigma \Delta H_0)_{пр.2}$ при $T = 298$ К, $(\Sigma \Delta H)_{пр.1}$ и $(\Sigma \Delta H)_{пр.2}$ при $T = T_{max}$.

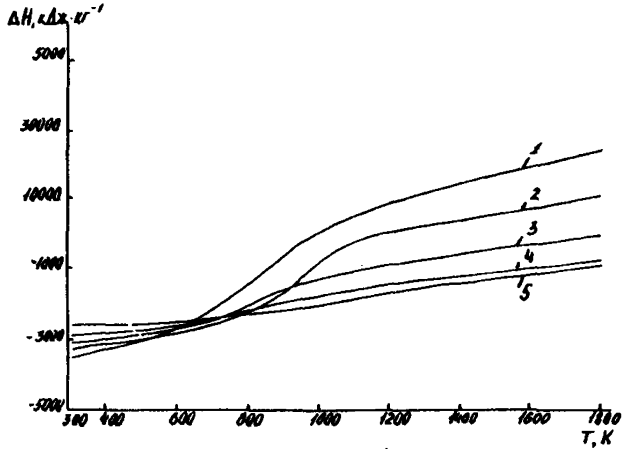


Рис.3. Зависимость энтальпии ΔH продуктов горения турбинного масла ТП-22с от температуры T для различных значений коэффициента избытка окислителя α:
I - α = 0,I; 2 - α = 0,25; 3 - α = 0,5; 4 - α = 0,75; 5 - α = I,0

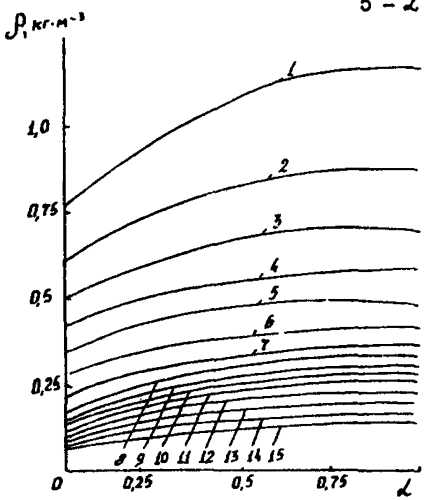


Рис. 4. Зависимость плотности продуктов горения древесины ρ от температуры T и коэффициента избытка окислителя α:
I - T = 300 К; 2 - 400 К; 3 - 500 К; 4 - 600 К; 5 - 700 К; 6 - 800 К; 7 - 900 К; 8 - I000 К; 9 - II00 К; I0 - I200 К; II - I300 К; I2 - I400 К; I3 - I700 К; I4 - 2000 К; I5 - 2400 К

9. Для значений α_1 и α_2 вычисляется энтальпия продуктов горения при адиабатических условиях:

$$(\Sigma \Delta H_{ag})_{пр} = (\Sigma \Delta H_0)_{пр} + Q_T .$$

10. Для найденных значений $(\Sigma \Delta H_{ag})_{пр}$ и α по рис. I-3 рассчитывается значение адиабатической температуры T_{ag}.

11. Определяется плотность продуктов горения ρ_{ag} при $T = T_{ag}$ по рис. 4,5.

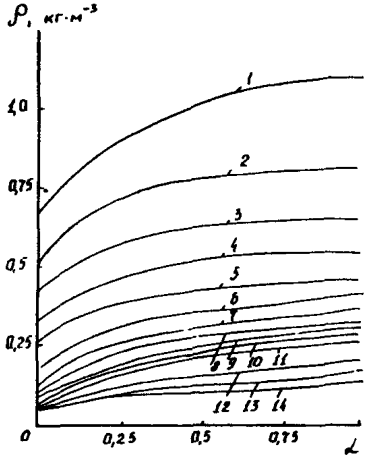


Рис. 5. Зависимость плотности продуктов горения ЛВЖ и ГЖ ρ от температуры T и коэффициента избытка окислителя α :

I - T = 300 К; 2 - 400 К; 3 - 500 К; 4 - 600 К; 5 - 700 К; 6 - 800 К; 7 - 900 К; 8 - 1000 К; 9 - 1100 К; 10 - 1200 К; 11 - 1300 К; 12 - 1700 К; 13 - 2000 К; 14 - 2400 К

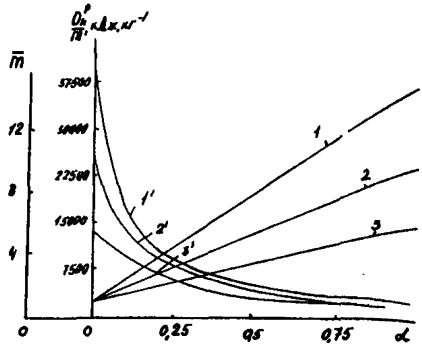


Рис. 6. Зависимость низшей теплотворной способности топлива $Q_н^р/\bar{m}$ и безразмерной массы продуктов горения топлива m от коэффициента избытка окислителя (кислорода воздуха) α :

I,2,3 - масса ГЖ, ЛВЖ, древесины соответственно

I',2',3' - низшая теплотворная способность ГЖ, ЛВЖ, древесины

12. Вычисляется коэффициент полноты горения:

$$\eta_{\alpha_1 \alpha_2} = \frac{\rho_{ag}}{\rho} \left[\frac{(\Sigma \Delta H_0)_{пр} - (\Sigma \Delta H_{ag})_{пр}}{(\Sigma \Delta H_0)_{пр} - (\Sigma \Delta H)_{пр}} \right]^{1/2} .$$

13. Определяется среднее значение коэффициента полноты горения в заданный момент: $\eta = (\eta_{\alpha_1} + \eta_{\alpha_2})/2$.

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Рекомендуемые термины и определения

Термин	Обозначение	Определение
1	2	3
Эквивалентная продолжительность пожара	$t_{экв}$	Продолжительность стандартного температурного режима, имеющего эквивалентное (по какому-либо признаку потери огнестойкости) реальному пожару воздействие на строительные конструкции
Начальная стадия пожара	НСП	Стадия пожара, характеризующаяся распространением огня по поверхности пожарной нагрузки в помещении
Минимальная продолжительность начальной стадии пожара	$t_{нсп}$	Время от момента возникновения пожара до полного охвата пламенем всей поверхности пожарной нагрузки в помещении с закрытыми проемами
Линейная скорость распространения пламени	v	Путь, пройденный фронтом пламени в единицу времени
Локальный пожар		Пожар, развивающийся при горении пожарной нагрузки на площади $F \leq \pi (v t_{нсп})^2$
Объемный пожар		Пожар, развивающийся при горении пожарной нагрузки на площади $F > \pi (v t_{нсп})^2$ и характеризующийся большой степенью перемешивания продуктов горения
Характерная продолжительность пожара	$t_п$	Время развития объемного пожара, соответствующее моменту снижения среднеобъемной температуры в очаге пожара
Общая вспышка		Одновременный охват пламенем всей поверхности негорящей пожарной нагрузки в помещении

Окончание таблицы

1	2	3
Температура общей вспышки	$T_в$	Значение среднеобъемной температуры в помещении, при которой происходит общая вспышка
Предельная продолжительность пожара	$t_{пр}$	Продолжительность пожара до момента потери устойчивости соответствующей строительной конструкции
Предельное количество пожарной нагрузки	G_g, P_g	Минимальное количество пожарной нагрузки, при сгорании которой соответствующие строительные конструкции теряют свою устойчивость

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

I. Руководство по расчету температурного режима пожара в помещениях жилых зданий. - М.: ВНИИПО, 1983. - 48 с.

2. Романенко П.Н., Бубырь Н.Ф., Башкирцев М.П. Теплопередача в пожарном деле. - М.: Высшая школа МВД СССР, 1969.- 424 с.

3. Расчет полей скоростей, температур и концентраций продуктов горения в коридорах при пожаре в смежных с ними помещениях: (Методические указания). - М.: ВНИИПО, 1984. - 21 с.

4. Молчадский И.С. Приведение температурного режима реальных пожаров к стандартному // Огнестойкость строительных конструкций: Сб.тр. - М.: ВНИИПО, 1979.-Вып.7.-С. 3-7.

5. Молчадский И.С., Зотов С.В.Расчет требуемого предела огнестойкости и допустимой пожарной нагрузки для железобетонных колонн // Огнестойкость строительных конструкций: Сб.науч.тр. - М.: ВНИИПО, 1984. - С. 50-65.

6. Яковлев А.И., Шейнина Л.В. Расчет огнестойкости трехслойных панелей стен на основе использования ЭВМ // Огнестойкость строительных конструкций: Сб.тр. - М.: ВНИИПО, 1974.-Вып.2.- С. 25-45.

7. Решетар Я. Исследование граничных условий для расчета огнестойкости строительных и технологических конструкций: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. - М.: ВИПТШ, 1980.- 26 с.

8. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. - М.: Наука, 1972. - 720 с.

9. Таблица физических величин: Справочник. - М.: Атомиздат, 1976. - 1005 с.

10. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ. - М.: Химия, 1979. - 423 с.

11. Инструкция по расчету фактических пределов огнестойкости железобетонных строительных конструкций на основе применения ЭВМ. - М.: ВНИИПО, 1975. - 220 с.

12. Огнестойкость зданий / Бушев В.П., Пчелинцев В.А., Федоренко В.С., Яковлев А.И. - М.: Стройиздат, 1970.-261 с.

13. Гутов В.Н., Молчадский И.С. Расчет состава и теплофизических свойств продуктов сгорания древесины // Огнестойкость строительных конструкций: Сб.тр. - М.: ВНИИПО, 1979. - Вып.7. - С. 20-29.

14. Равич М.Б. Топливо и эффективность его использования. - М.: Наука, 1971. - 358 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения 3
Введение 5
I. Общие положения 8
2. Определение интегральных теплотехнических параметров объемного свободно развивающегося пожара в помещении 9
3. Определение эквивалентной продолжительности пожара для плоских горизонтальных железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций в условиях начальной стадии пожара и локального пожара при горении твердых горючих и трудногорючих материалов I4
4. Определение эквивалентной продолжительности пожара для плоских горизонтальных железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия при горении ЛВЖ и ГЖ в условиях локального пожара I7
5. Определение предельной продолжительности пожара и предельного количества пожарной нагрузки при горении ЛВЖ и ГЖ для горизонтальных плоских железобетонных или огнезащищенных металлических конструкций перекрытия . . . I9
6. Определение эквивалентной продолжительности пожара для горизонтальных и вертикальных незащищенных металлических конструкций при горении ЛВЖ и ГЖ в условиях локального пожара . . . 20
7. Определение предельной продолжительности пожара и предельного количества пожарной нагрузки при горении ЛВЖ и ГЖ для горизонтальных и вертикальных незащищенных металлических конструкций 23

8. Определение эквивалентной продолжительности пожара для плоских горизонтальных железобетонных конструкций перекрытия, железобетонных центрально-сжатых колонн и железобетонных несущих стен в условиях объемного пожара при горении твердых горючих и трудногорючих материалов 24

9. Определение предельного количества пожарной нагрузки для плоских горизонтальных железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия, железобетонных несущих стен, центрально-сжатых железобетонных колонн в условиях объемного пожара при горении твердых горючих и трудногорючих материалов . . 27

IO. Определение эквивалентной продолжительности пожара для железобетонных трехслойных панелей наружных стен с гибкими связями 28

II. Определение предельного количества пожарной нагрузки для трехслойных железобетонных панелей наружных стен с гибкими связями 29

Приложения 3I

Приложение I. Расчет температурного режима пожара в помещении с учетом начальной стадии пожара при горении твердых горючих и трудногорючих материалов 32

Приложение 2. Расчет прогрева плоских горизонтальных железобетонных и огнезащищенных металлических конструкций перекрытия при горении ЛВЖ и ГЖ в условиях локального пожара 34

Приложение 3. Расчет изменения несущей способности железобетонных центрально-сжатых колонн и несущих стен при объемном пожаре в помещении 40

Приложение 4. Расчет коэффициента полноты горения пожарной нагрузки 47

Приложение 5. Рекомендуемые термины и определения 5I

Список литературы 52

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО
РЕЖИМА ПОЖАРА В ПОМЕЩЕНИЯХ
ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

(Рекомендации)

Редактор Г.В. Прокопенко
Технический редактор Л.А. Буланова
Корректор В.Н. Брешина
Отв. И.С. Молчадский

Подписано в печать 3.08.87 Т. - I200 экз.
[illegible] I6. Печать офсетная.
[illegible] ,49. Уч.-изд.л. 3,0. Заказ № 333. Изд.№ 39.
Бесплатно.

Типография ВНИИПО.
143900, г. Балашиха-6

gost.e-ecolog.ru