

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 02.02.2021 05:30:51  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
проректор по учебной работе  
Е.А. Кудряшов  
2011 г.



## **Расчёт динамики развития опасных факторов пожара**

Методические указания к проведению практических занятий  
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»  
для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2011

УДК 658

Составители: В.В. Протасов, В.В. Юшин, В.М. Попов

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.В. Беседин*

**Расчёт динамики развития опасных факторов пожара:** методические указания к проведению практических занятий по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.В. Протасов, В.В. Юшин, В.М. Попов Курск, 2011. 12с.: табл. 1. Библиогр.: с. 12.

Представлены опасные и сопутствующие проявления опасных факторов пожара, воздействующие на людей и имущество. Дана методика расчёта динамики опасных факторов пожара.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *18.12.94*. Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,70. Уч.-изд.л. 0,63. Тираж 100 экз. Заказ *455*. Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** ознакомиться с опасными и сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара, воздействующими на людей и имущество. Рассчитать динамику опасных факторов пожара.

### Основные положения

К опасным факторам пожара, воздействующим на людей и имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму.

К сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара относятся:

- 1) осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, строений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- 2) радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- 3) вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- 4) опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;
- 5) воздействие огнетушащих веществ.

Критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

- по повышенной температуре - 70°C;
- по тепловому потоку - 1400 Вт/м<sup>2</sup>;
- по потере видимости - 20 м;
- по пониженному содержанию кислорода - 0,226 кг/м<sup>3</sup>;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (CO<sub>2</sub> - 0,11 кг/кг; CO - 1,16·10<sup>-3</sup> кг/кг; HCL - 23·10<sup>-6</sup> кг/кг).

Классификация веществ и материалов по пожарной опасности

основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара или взрыва.

По горючести вещества и материалы подразделяются на следующие группы:

1) негорючие - вещества и материалы, неспособные гореть в воздухе. Негорючие вещества могут быть пожаровзрывоопасными (например, окислители или вещества, выделяющие горючие продукты при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом);

2) трудногорючие - вещества и материалы, способные гореть в воздухе при воздействии источника зажигания, но неспособные самостоятельно гореть после его удаления;

3) горючие - вещества и материалы, способные самовозгораться, а также возгораться под воздействием источника зажигания и самостоятельно гореть после его удаления.

3. Методы испытаний на горючесть веществ и материалов устанавливаются нормативными документами по пожарной безопасности.

4. Из горючих жидкостей выделяют группы легковоспламеняющихся и особо опасных легковоспламеняющихся жидкостей, воспламенение паров которых происходит при низких температурах, определенных нормативными документами по пожарной безопасности.

Классификация строительных, текстильных и кожевенных материалов по пожарной опасности основывается на их свойствах и способности к образованию опасных факторов пожара.

Пожарная опасность строительных, текстильных и кожевенных материалов характеризуется следующими свойствами:

- 1) горючесть;
- 2) воспламеняемость;
- 3) способность распространения пламени по поверхности;
- 4) дымообразующая способность;
- 5) токсичность продуктов горения.

3. По горючести строительные материалы подразделяются на горючие (Г) и негорючие (НГ).

Строительные материалы относятся к негорючим при следующих значениях параметров горючести, определяемых экспериментальным путем: прирост температуры - не более 50 градусов Цельсия, потеря массы образца - не более 50 процентов, продолжительность устойчивого пламенного горения - не более 10 секунд.

Горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы:

1) слабогорючие (Г1), имеющие температуру дымовых газов не более 135 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 65 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 20 процентов, продолжительность самостоятельного горения 0 секунд;

2) умеренногорючие (Г2), имеющие температуру дымовых газов не более 235 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца не более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 30 секунд;

3) нормальногорючие (Г3), имеющие температуру дымовых газов не более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца не более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения не более 300 секунд;

4) сильногорючие (Г4), имеющие температуру дымовых газов более 450 градусов Цельсия, степень повреждения по длине испытываемого образца более 85 процентов, степень повреждения по массе испытываемого образца более 50 процентов, продолжительность самостоятельного горения более 300 секунд.

Для материалов, относящихся к группам горючести Г1-Г3, не допускается образование горящих капель расплава при испытании (для материалов, относящихся к группам горючести Г1 и Г2, не допускается образование капель расплава). Для негорючих строительных материалов другие показатели пожарной опасности не определяются и не нормируются.

По воспламеняемости горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) трудновоспламеняемые (В1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 35 киловатт на квадратный метр;

2) умеренновоспламеняемые (В2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 20, но не более 35 киловатт на квадратный метр;

3) легковоспламеняемые (В3), имеющие величину критической

поверхностной плотности теплового потока менее 20 киловатт на квадратный метр.

По скорости распространения пламени по поверхности горючие строительные материалы (в том числе напольные ковровые покрытия) в зависимости от величины критической поверхностной плотности теплового потока подразделяются на следующие группы:

1) нераспространяющие (РП1), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока более 11 киловатт на квадратный метр;

2) слабораспространяющие (РП2), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 8, но не более 11 киловатт на квадратный метр;

3) умереннораспространяющие (РП3), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока не менее 5, но не более 8 киловатт на квадратный метр;

4) сильнораспространяющие (РП4), имеющие величину критической поверхностной плотности теплового потока менее 5 киловатт на квадратный метр.

По дымообразующей способности горючие строительные материалы в зависимости от значения коэффициента дымообразования подразделяются на следующие группы:

1) с малой дымообразующей способностью (Д1), имеющие коэффициент дымообразования менее 50 квадратных метров на килограмм;

2) с умеренной дымообразующей способностью (Д2), имеющие коэффициент дымообразования не менее 50, но не более 500 квадратных метров на килограмм;

3) с высокой дымообразующей способностью (Д3), имеющие коэффициент дымообразования более 500 квадратных метров на килограмм.

По токсичности продуктов горения горючие строительные материалы подразделяются на следующие группы:

1) малоопасные (Т1);

2) умеренноопасные (Т2);

3) высокоопасные (Т3);

4) чрезвычайно опасные (Т4).

Для классификации строительных, текстильных и кожевенных материалов следует применять значение индекса распространения пламени (I) - условного безразмерного показателя, характеризующего

способность материалов или веществ воспламеняться, распространять пламя по поверхности и выделять тепло. По распространению пламени материалы подразделяются на следующие группы:

1) не распространяющие пламя по поверхности, имеющие индекс распространения пламени 0;

2) медленно распространяющие пламя по поверхности, имеющие индекс распространения пламени не более 20;

3) быстро распространяющие пламя по поверхности, имеющие индекс распространения пламени более 20.

Пожароопасные зоны подразделяются на следующие классы:

1) П-I - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 и более градуса Цельсия;

2) П-II - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна;

3) П-IIa - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр;

4) П-III - зоны, расположенные вне зданий, сооружений, строений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 и более градуса Цельсия или любые твердые горючие вещества.

В зависимости от частоты и длительности присутствия взрывоопасной смеси взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

1) 0-й класс - зоны, в которых взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

2) 1-й класс - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары легко воспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

3) 2-й класс - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования взрывоопасные смеси горючих газов или паров легко воспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

4) 20-й класс - зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел воспламенения менее 65 граммов на кубический метр и присутствуют

постоянно;

5) 21-й класс - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр;

6) 22-й класс - зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 и менее граммов на кубический метр, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

#### Расчет динамики развития опасных факторов пожара

Расчеты динамики опасных факторов пожара (ОФП) производятся по интегральной модели, позволяющей определить среднеобъемные показатели состояния газовой среды помещений в соответствии с прил. 2 ГОСТ 12.1.004-91\*.

Необходимое время эвакуации людей из помещения (тнб) определяется в зависимости от времени достижения опасными факторами пожара своих критических значений для наиболее опасного варианта развития пожара, характеризующегося наибольшим темпом нарастания ОФП в рассматриваемом помещении.

Критическая продолжительность пожара  $t_{кр}$ , с, рассчитывается по условию достижения каждым из ОФП предельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне):

по повышенной температуре:

$$\tau_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{1/n} \quad (1)$$

по потере видимости:

$$\tau_{кр}^{н.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{кр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} \quad (2)$$

по пониженному содержанию кислорода:

$$\tau_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} \quad (3)$$

по каждому из токсичных газообразных продуктов горения:

$$\tau_{кр}^{m.z.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} \quad (4)$$

где  $B$  - размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг;  $t_0$  - начальная температура воздуха в помещении, °C;  $n$  - показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени;  $A$  - размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг·с<sup>-2</sup>;  $Z$  - безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;  $Q_n$  - низшая теплота сгорания материала, кДж/кг;  $C_p$  - удельная изобарная теплоемкость газа кДж/(кг·K);  $\varphi$  - коэффициент теплопотерь;  $\eta$  - коэффициент полноты горения;  $V$  - свободный объем помещения, м<sup>3</sup>;  $\alpha$  - коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;  $E$  - начальная освещенность, лк;  $l_{кр}$  - предельная дальность видимости в дыму, м;  $D_m$  - дымообразующая способность горящего материала, Нп·м<sup>2</sup>/кг;  $L$  - удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;  $X$  - предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг/м<sup>3</sup>. Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный ОФП не представляет опасности.

Размерный комплекс  $B$ , зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг, определяется из следующего соотношения:

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_n} \quad (5)$$

Параметр  $Z$  рассчитывается по формуле:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot e^{1,4 \frac{h}{H}} \quad (6)$$

где  $h$  - высота рабочей зоны, м. Определяется из выражения:

$$h = h_{нн} + 1,7 - 0,5\delta \quad (7)$$

где  $h_{нн}$  - высота площадки, на которой находятся люди, над полом

помещения, м;  $\delta$  - разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Параметры  $A$  и  $n$  для случая кругового распространения пожара рассчитываются следующим образом

$$A = 1,05 \cdot \psi_{уд} \cdot v^2, \text{ при } n = 3,$$

где  $\psi_{уд}$  - удельная скорость выгорания горючих материалов,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ ;  $v$  - линейная скорость распространения,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

для случая горения жидкости с установившейся скоростью:

$$A = \psi_{уд} \cdot F_{гор}, \quad n = 1$$

Из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара выбирается минимальное:

$$\tau_{кр} = \min\{\tau_{кр}^T, \tau_{кр}^{n.v.}, \tau_{кр}^{O_2}, \tau_{кр}^{m.g.}\}$$

Необходимое время эвакуации людей  $\tau_{нб}$ , мин, из рассматриваемого помещения рассчитывается по формуле

$$\tau_{нб} = \frac{0,8 \cdot \tau_{кр}}{60}$$

**Задание**

Рассчитайте динамику ОФП, а также необходимое время эвакуации. При следующих данных: объем пожарной нагрузки в основном объеме рассматриваемых помещений принимается равным 20% от общего объема помещения; начальная температура воздуха в помещении  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; удельная изобарная теплоемкость газа  $C_p = 1,068 \text{ КДж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ ; коэффициент теплопотерь  $\varphi = 0,7$ ;  $\eta = 0,95$  - коэффициент полноты горения; коэффициент отражения предметов на путях эвакуации  $\alpha = 0,3$ ; начальная освещенность  $E = 50 \text{ лк}$ ; предельная дальность видимости в дыму  $l_{кр} = 20 \text{ м}$ . Площадь помещения составляет  $633,0 \text{ м}^2$ , высота помещения до подвесного потолка -  $2,7 \text{ м}$ . По результатам расчета постройте графики изменения ОФП:  $T_{нов} = f(\tau_{кр}^T)$  при  $T_{нов} = 30 \div 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $l = f(\tau_{кр}^{n.v.})$  при  $l_{кр} = 2,5 \div 50 \text{ м}$ .

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Помещение / вещество	автомобиль	Помещение облюнованное	Верхняя одежда, ткань (шерсть+шелк)	РТИ, резина	Мебель; дерево+обивка 90+10%	Пром. товары; текстильные изделия	толуол	ксилол	Каменные плиты; потолок; кабели	Сырье и изделия из синт. каучука
$Q_{об}$ , кДж/кг	31700	18100	23300	36000	14400	16700	40900	41200	30700	43000
$v$ , м·с <sup>-1</sup> , $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	0,006	0,0405	0,0835	0,0184	0,0154	0,0071	860	860	0,0071	0,0143
$\psi_{уд}$ , кг·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	0,0233	0,0143	0,013	0,0112	0,0135	0,0244	0,043	0,09	0,0244	0,011
$D^*$ , Нп·м <sup>2</sup> /кг	487	130	129	850	84,1	60,60	562	402	521	212
$L_{CO_2}$ , кг/кг	2,64	1,15	3,698	2,99	1,288	2,56	3,098	3,623	2,91	2,915
$L_{CO}$ , кг/кг	1,295	0,686	0,467	0,416	1,55	0,879	3,677	3,657	0,65	1,408
$L_{HCl}$ , кг/кг	0,097	0,0215	0,145	0,015	0,0367	0,0626	0,148	0,148	0,1295	0,15
$L_{HCl}$ , кг/кг	0,01	0	0	0	0,0036	0	0	0	0,0202	0,005
$F_{гор}$ , ГДж, м <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	18	30	-	-
№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$Q_{об}$ , кДж/кг	-	25	21	23	12	16	20	-	-	-
$v$ , м·с <sup>-1</sup> , $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	-	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\psi_{уд}$ , кг·м <sup>-2</sup> ·с <sup>-1</sup>	-	0,0585	0,0415	0,0425	0,044	0,031	0,0241	0,0145	0,0145	0,0129
$D^*$ , Нп·м <sup>2</sup> /кг	172	256	438,1	620,1	80	80	438	57	57	53
$L_{CO_2}$ , кг/кг	1,7	3,405	3,341	3,368	2,22	2,362	3,24	1,15	1,15	1,161
$L_{CO}$ , кг/кг	0,679	2,92	2,92	3,163	2,293	1,937	3,104	1,57	1,57	0,642
$L_{HCl}$ , кг/кг	0,112	0,175	0,148	0,122	0,269	0,269	0,161	0,024	0,024	0,0317
$L_{HCl}$ , кг/кг	0,0037	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$F_{гор}$ , ГДж, м <sup>2</sup>	-	25	21	23	12	16	20	-	-	-

### Контрольные вопросы

1. Опасные факторы пожара.
2. Сопутствующие проявления опасных факторов пожара.
3. Исходные данные для расчета динамики ОФП.
4. Методика расчета динамики ОФП.
5. Классификация веществ и материалов по пожарной опасности.
6. Общие сведения о горении
7. Механизм прекращения горения
8. Классификация пожаров
9. Пожарная опасность веществ и материалов
10. Статистика пожаров в Российской Федерации.

### Список рекомендуемой литературы

1. ФЗ-123 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Сборник законодательства Российской Федерации, N 30, 28.07.2008, (ч.1), ст.3579.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 года N 382.
3. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. М.: Академия ГПС МВД России. 2000 118с.
4. Пожарная безопасность: учебное пособие. Издание 2-е / В.В. Протасов, С.Г.Емельянов, В.М.Попов, В.В. Юшин, П.П. Кукин; Юго-зап. гос. ун-т. Курск, 2010. 264с.
5. В.В. Протасов, А.А. Абрамов Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2011614748 Российская Федерация Расчет динамики развития опасных факторов пожара.