**МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ**

**И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ**

**АКАДЕМИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ**

КУРСОВАЯ РАБОТА

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ОФП

Тема: Прогнозирование опасных факторов пожара при горении окрашенных полов.

**Выполнил:** слушатель уч.гр. 0000

мл. лейтенант вн. службы

Иванов И.И.

**Проверил:** ­­­\_\_\_\_\_\_\_

Москва 2017

Содержание

[Содержание 2](#_Toc478158647)

[1.Исходные данные 2](#_Toc478158648)

[2.Описание математической модели развития пожара в помещении. 5](#_Toc478158649)

[3. Расчет динамки опасных факторов пожара в помещении. 6](#_Toc478158650)

[4. Определение критической продолжительности пожара и времени блокирования эвакуационных путей. 15](#_Toc478158651)

[5. Прогнозирование обстановки на пожаре к моменту прибытия первых подразделений на тушение. 18](#_Toc478158652)

[6. Расчет огнестойкости ограждающих строительных конструкций с учетом параметров реального пожара. 22](#_Toc478158653)

[7. Исходные условия для ИРКР, результаты расчетов и итоги исследования. 25](#_Toc478158654)

[Список литературы 29](#_Toc478158655)

#

# 1.Исходные данные

Резинотехнические изделия.

Геометрические характеристики:

|  |  |
| --- | --- |
| Помещение: Длина - 42Ширина - 18Высота – 6Двери:Количество - 2Высота – 2,2Ширина – 1,2 | Открытые окна:Количество - 2Высота – 1,8Ширина – 2Закрытые окна:Количество - 2Высота – 1,8Ширина – 2 |



Рис.1. План помещения.

Характеристика пожарной нагрузки.

Масса 1400 кг. Длина открытой поверхности 10 метров. Ширина открытой поверхности 6 метров. Высота открытой поверхности от уровня пола составляет 0 метров.

Параметры окружающей среды.

Наружная температура воздуха – 292 (К)

Наружное давление на уровне, равном половине высоты помещения – 101300(Ра)

Tm0 = 292K;

Pm0 = 101300Па;

µm = 0;

При t = 0 Xm(O2) = 0,23;

Xm(CO) = 0;

Xm(CO2) = 0;

Pm0 = Pm0/(R\*T m0);

# 2.Описание математической модели развития пожара в помещении.

Для расчета динамики опасных факторов пожара используем интегральную математическую модель свободного развития пожара в помещении.

Согласно исходным данным в базовой системе дифференциальных уравнений следует положить, что

Gпр = 0; Gвыт = 0; Gов = 0; Q0 = 0,

где Gпр и Gвыт – расходы приточного и вытяжного вентиляторов;

Gов – расход газообразного огнетушащего вещества; Q0 – тепловой поток, выделяемый системой отопления.

Для пожара при заданных условиях можно принять в уравнении энергии, что

$$V=\frac{d}{d\_{t}}\left(\frac{P\_{m}}{K-1}\right)=0,$$

т.е. внутренняя энергия среды в помещении при пожаре практически остается неизменной.

С учетом сказанного система основных уравнений ИММП имеет вид

$$V\*\frac{dpm}{d\_{t}}=Ψ+G\_{в}-G\_{г}$$

$$n\*Ψ\*Q\_{н}+С\_{ра}\*Т\_{а}\*G\_{в}-Q\_{w}=0;$$

$$p\_{m}\*V\*\frac{dX\_{02}}{d\_{t}}=\left(n\*L\_{02}+ X\_{02}\right)\* Ψ+\left(X\_{02в}+ X\_{02}\right)\*G\_{в};$$

$$p\_{m}\*V\*\frac{dæ}{d\_{t}}=\left(1-æ\right)\* Ψ-æ\*G\_{в};$$

$$V\*\frac{d\_{µm}}{d\_{t}}=D\* Ψ-µ\_{m}\*G\_{г}\*\frac{1}{p\_{m}};$$

$$p\_{m}=p\_{m}\*R\*T$$

где V – объем помещения, м3; pm, Tm, pm – соответственно среднеобъемные плотность, температура и давление µm – среднеобъемная оптическая плотность дыма, Нп/м; æ = Xm/L – приведенная среднеобъемная концентрация продукта горения; X02 – среднеобъемная концентрация кислорода.

# 3. Расчет динамки опасных факторов пожара в помещении.

Для прогнозирования динамики ОФП использована интегральная математическая модель пожара, которую реализует программа INТМОDЕL,

разработанная на кафедре ИТиГ Академии ГПС МЧС России. В этой программе для численного решения системы дифференциальных уравнений использован метод Рунге-Кутта-Фельберга 4-5 порядка точности с переменным шагом. Описание программы INTMODEL представленно в приложении 3. Для введения исходных данных в компьютер нужно выбрать пункт «данные» главного меню. Режим редактирования позволяет изменить численные значения входных параметров, для их ввода используются цифровые клавиши. После загорания всех исходных данных необходимо вернуться в главное меню и выбрать пункт с названием «счет». После этого программа переходит в режим счета. Счет прекращается, если поступит команда об остановке, или «выгорит» весь горючий материал.

Таблица 1.

|  |  |
| --- | --- |
| Атмосфера: Давление, мм рт. ст Температура, °С |  |
| 760 |
| 19 |
| Помещение: Длина, м Ширина, м Высота, м | 42186 |
| Температура, °С | 20 |
| Количество проемов, шт  | 6 |
| Координаты первого проема: нижний срез, м верхний срез, м ширина, м вскрытие, °С  | 02,21,220 |
| Координаты второго проема: нижний срез, м верхний срез, м ширина, м вскрытие, °С  | 02,21,220 |
| Координаты третьего проема: нижний срез, м верхний срез, м ширина, м вскрытие, °С | 1,232300 |
| Координаты четвертого проема: нижний срез, м верхний срез, м ширина, м вскрытие, °С  | 1,234300 |
| Координаты пятого проема: нижний срез, м верхний срез, м ширина, м вскрытие, °С | 1,232250 |
| Координаты шестого проема: нижний срез, м верхний срез, м ширина, м вскрытие, °С  | 1,234250 |
| Горючая нагрузка:Вид горючей нагрузки: дерево+краска РХОДлина; мШирина, мКоличество, кгВыделение тепла, МДж∙кг-1Потребление О2, кг∙кг-1Дымовыделение, Нп∙м2∙кг -1Выделение СО, кг∙кг-1Выделение СО2, кг∙кг-1Скорость выгорания, кг/м2∙ часЛинейная скорость пламени, мм∙с | 106140014,11,21871,30,03491,4752,215,1 |

**Результаты расчетов динамики опасных факторов пожара в помещении.**

Таблица 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время, мин | Т-ра гр.С | КонцО2 масс.% | Задымл.Нп/м | ДалВид метры | КонцСО масс.% | КонцСО2 масс.% | КонцОВ масс.% |
| 0 | 19 | 23 | 0 | 45,69 | 0 | 0 | 77 |
| 1 | 20 | 22,986 | 0,001 | 45,69 | 0 | 0,016 | 76,992 |
| 2 | 31 | 22,865 | 0,009 | 45,69 | 0,004 | 0,15 | 76,922 |
| 3 | 59 | 22,503 | 0,031 | 45,69 | 0,013 | 0,552 | 76,711 |
| 4 | 110 | 21,744 | 0,068 | 34,74 | 0,033 | 1,397 | 76,268 |
| 5 | 174 | 20,563 | 0,126 | 18,84 | 0,065 | 2,726 | 75,572 |
| 6 | 232 | 19,05 | 0,238 | 9,98 | 0,106 | 4,482 | 74,652 |
| 6,4 | 248 | 18,409 | 0,317 | 7,51 | 0,125 | 5,259 | 74,245 |
| 6,5 | 250 | 18,304 | 0,332 | 7,16 | 0,128 | 5,389 | 74,177 |
| 7 | 261 | 17,568 | 0,463 | 5,14 | 0,148 | 6,217 | 73,744 |
| 8 | 270 | 16,579 | 0,825 | 2,88 | 0,183 | 7,719 | 72,956 |
| 9 | 272 | 15,732 | 1,331 | 1,79 | 0,215 | 9,062 | 72,253 |
| 10 | 270 | 15,084 | 1,95 | 1,22 | 0,243 | 10,252 | 71,63 |
| 11 | 267 | 14,595 | 2,63 | 0,9 | 0,268 | 11,294 | 71,084 |
| 12 | 264 | 14,232 | 3,32 | 0,72 | 0,29 | 12,195 | 70,612 |
| 13 | 260 | 13,965 | 3,977 | 0,6 | 0,308 | 12,965 | 70,209 |
| 14 | 257 | 13,768 | 4,574 | 0,52 | 0,323 | 13,618 | 69,867 |
| 15 | 255 | 13,623 | 5,099 | 0,47 | 0,336 | 14,168 | 69,579 |
| 16 | 253 | 13,517 | 5,549 | 0,43 | 0,347 | 14,628 | 69,338 |
| 17 | 251 | 13,438 | 5,926 | 0,4 | 0,356 | 15,012 | 69,136 |
| 18 | 250 | 13,379 | 6,237 | 0,38 | 0,364 | 15,331 | 68,969 |
| 19 | 249 | 13,336 | 6,492 | 0,37 | 0,37 | 15,595 | 68,831 |
| 20 | 248 | 13,304 | 6,697 | 0,36 | 0,375 | 15,813 | 68,717 |
| 21 | 247 | 13,28 | 6,862 | 0,35 | 0,38 | 15,992 | 68,623 |
| 22 | 223 | 13,763 | 6,773 | 0,35 | 0,362 | 15,256 | 69,009 |
| 23 | 175 | 14,911 | 6,08 | 0,39 | 0,315 | 13,272 | 70,048 |
| 24 | 133 | 16,034 | 5,214 | 0,46 | 0,269 | 11,329 | 71,066 |
| 25 | 103 | 16,933 | 4,424 | 0,54 | 0,233 | 9,797 | 71,868 |
| 26 | 81 | 17,622 | 3,759 | 0,63 | 0,205 | 8,636 | 72,475 |
| 27 | 66 | 18,153 | 3,21 | 0,74 | 0,184 | 7,757 | 72,937 |
| 28 | 55 | 18,568 | 2,456 | 0,86 | 0,168 | 7,073 | 73,295 |
| 29 | 47 | 18,899 | 2,377 | 1 | 0,155 | 6,531 | 73,579 |
| 30 | 41 | 19,171 | 2,059 | 1,16 | 0,145 | 6,09 | 73,81 |
| 30,8 | 38 | 19,362 | 1,833 | 1,3 | 0,137 | 5,78 | 73,972 |

Таблица 3.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время, мин | ПлотнГаза, кг/м3 | Избыт. давл., Па | НейтрПл, м | Приток воздуха | Истечение газов | Скорость выгор., г/с |
| м3/с | кг | м3/с | кг/с |
| 0 | 1,2095 | 0 | 1,7 | 0,007 | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0 |
| 1 | 1,204 | 0,1 | 1,11 | 0,354 | 0,428 | 1,662 | 2,001 | 37,4 |
| 2 | 1,1622 | 0,96 | 0,93 | 0,804 | 0,973 | 5,639 | 6,553 | 149,6 |
| 3 | 1,0628 | 3,06 | 0,87 | 1,281 | 1,549 | 10,783 | 11,461 | 336,5 |
| 4 | 0,9215 | 5,73 | 0,97 | 2,118 | 2,561 | 15,204 | 14,011 | 547,7 |
| 5 | 0,7906 | 1,49 | 1,18 | 3,406 | 4,119 | 16,95 | 13,401 | 727,2 |
| 6 | 0,6996 | 8,23 | 1,35 | 4,939 | 5,974 | 16,634 | 11,637 | 878,1 |
| 6,4 | 0,6779 | 8,2 | 1,43 | 5,662 | 6,848 | 15,931 | 10,806 | 910,3 |
| 6,5 | 0,6752 | 8,18 | 1,44 | 6,795 | 7,008 | 15,786 | 10,659 | 915,1 |
| 7 | 0,6615 | 7,47 | 1,61 | 8,242 | 9,968 | 18,781 | 12,424 | 1002 |
| 8 | 0,65 | 7,46 | 1,64 | 8,736 | 10,566 | 18,437 | 11,985 | 1082 |
| 9 | 0,6481 | 7,43 | 1,65 | 8,891 | 10,753 | 18,262 | 11,835 | 1152 |
| 10 | 0,6501 | 7,38 | 1,66 | 8,935 | 10,806 | 18,099 | 11,766 | 1207 |
| 11 | 0,6539 | 7,32 | 1,66 | 8,93 | 10,8 | 17,944 | 11,733 | 1249 |
| 12 | 0,6582 | 7,26 | 1,66 | 8,9 | 10,765 | 17,807 | 11,72 | 1278 |
| 13 | 0,6624 | 7,21 | 1,66 | 8,861 | 10,717 | 17,691 | 11,718 | 1299 |
| 14 | 0,6662 | 7,16 | 1,66 | 8,82 | 10,667 | 17,597 | 11,723 | 1313 |
| 15 | 0,6694 | 7,12 | 1,66 | 8,782 | 10,621 | 17,521 | 11,729 | 1322 |
| 16 | 0,6721 | 7,09 | 1,65 | 8,748 | 10,581 | 17,462 | 11,736 | 1329 |
| 17 | 0,6742 | 7,07 | 1,65 | 8,721 | 10,547 | 17,416 | 11,742 | 1333 |
| 18 | 0,6759 | 7,05 | 1,65 | 8,698 | 10,52 | 17,381 | 11,748 | 1336 |
| 19 | 0,6773 | 7,04 | 1,65 | 8,68 | 10,498 | 17,354 | 11,753 | 1338 |
| 20 | 0,6783 | 7,02 | 1,65 | 8,666 | 10,481 | 17,334 | 11,757 | 1340 |
| 21 | 0,6791 | 7,02 | 1,65 | 8,655 | 10,468 | 17,318 | 11,76 | 1341 |
| 22 | 0,7119 | 5,7 | 1,83 | 10,857 | 13,132 | 12,826 | 9,131 | 839,7 |
| 23 | 0,7881 | 4,46 | 1,92 | 11,217 | 13,567 | 9,79 | 7,716 | 415,8 |
| 24 | 0,8694 | 3,51 | 1,95 | 10,412 | 12,593 | 8,027 | 6,976 | 208,7 |
| 25 | 0,9402 | 2,79 | 1,94 | 9,242 | 11,178 | 6,891 | 6,479 | 114 |
| 26 | 0,9975 | 2,22 | 1,93 | 8,087 | 9,781 | 6,045 | 6,03 | 67,3 |
| 27 | 1,0427 | 1,77 | 1,92 | 7,057 | 8,535 | 5,354 | 5,582 | 41,9 |
| 28,0 | 1,0775 | 1,43 | 1,90 | 6,112 | 7,393 | 4,846 | 5,221 | 26,9 |
| 29,0 | 1,0330 | 1,16 | 1,88 | 5,377 | 6,503 | 4,395 | 4,849 | 17,7 |
| 30,0 | 1,1232 | 0,95 | 1,87 | 4,774 | 5,774 | 3,999 | 4,491 | 11,7 |
| 30,8 | 1,1364 | 0,81 | 1,86 | 4,348 | 5,258 | 3,705 | 4,211 | 8,4 |

Таблица 4.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время, мин | КонцОВ гр.С | Т-ра гр.С | КонцО2 масс. % | ПолнСг масс. % | УделСкВыг кг/м.кв/ч | ВыгМасса кг | СкВыг г/с | ПлощГор м.кв |
| 0 | 77 | 19 | 23 | 89,805 | 52,2 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 76,992 | 20 | 22,986 | 89,805 | 52,2 | 0,593 | 37,4 | 2,58 |
| 2 | 76,922 | 31 | 22,865 | 89,799 | 52,201 | 5,501 | 149,6 | 10,32 |
| 3 | 76,711 | 59 | 22,503 | 89,713 | 52,193 | 19,509 | 336,5 | 23,21 |
| 4 | 76,268 | 110 | 21,744 | 89,206 | 52,156 | 46,223 | 547,7 | 37,81 |
| 5 | 75,572 | 174 | 20,563 | 87,489 | 52,291 | 84,429 | 727,2 | 50,07 |
| 6 | 74,652 | 232 | 19,05 | 83,557 | 23,33 | 133,045 | 878,1 | 59,28 |
| 6,4 | 74,245 | 248 | 18,409 | 81,348 | 54,618 | 155,659 | 910,3 | 60 |
| 6,5 | 74,177 | 250 | 18,304 | 80,889 | 54,905 | 159,591 | 915,1 | 60 |
| 7 | 73,744 | 261 | 17,658 | 78,198 | 60,096 | 189,39 | 1001,6 | 60 |
| 8 | 72,956 | 270 | 16,579 | 72,938 | 64,904 | 251,762 | 1081,7 | 60 |
| 9 | 72,253 | 272 | 15,732 | 68,191 | 69,103 | 318,612 | 1151,7 | 60 |
| 10 | 71,63 | 270 | 15,084 | 64,23 | 72,418 | 389,24 | 1207 | 60 |
| 11 | 71,084 | 267 | 14,595 | 61,081 | 74,91 | 462,78 | 1248,5 | 60 |
| 12 | 70,612 | 264 | 14,232 | 58,662 | 76,696 | 538,49 | 1278,3 | 60 |
| 13 | 70,209 | 260 | 13,965 | 56,84 | 77,934 | 615,733 | 1298,9 | 60 |
| 14 | 69,867 | 257 | 13,768 | 55,481 | 78,779 | 694,035 | 1313 | 60 |
| 15 | 69,579 | 255 | 13,623 | 54,472 | 79,347 | 773,055 | 1322,4 | 60 |
| 16 | 69,338 | 253 | 13,517 | 53,724 | 79,731 | 852,561 | 1328,9 | 60 |
| 17 | 69,136 | 251 | 13,438 | 53,169 | 79,992 | 932,398 | 1333,2 | 60 |
| 18 | 68,969 | 250 | 13,379 | 52,757 | 80,17 | 1012,459 | 1336,2 | 60 |
| 19 | 68,831 | 249 | 13,336 | 52,451 | 80,294 | 1092,676 | 1338,2 | 60 |
| 20 | 68,717 | 248 | 13,304 | 52,222 | 80,381 | 1173,002 | 1339,7 | 60 |
| 21 | 68,623 | 247 | 13,28 | 52,052 | 80,442 | 1253,405 | 1340,7 | 60 |
| 22 | 69,009 | 223 | 13,763 | 55,448 | 50,383 | 1321,097 | 839,7 | 60 |
| 23 | 70,048 | 175 | 14,911 | 63,131 | 24,946 | 1357,777 | 415,8 | 60 |
| 24 | 71,066 | 133 | 16,034 | 69,942 | 12,522 | 1375,832 | 208,7 | 60 |
| 25 | 71,868 | 103 | 16,933 | 74,764 | 6,842 | 1385,242 | 114 | 60 |
| 26 | 72,475 | 81 | 17,622 | 78,035 | 4,038 | 1390,587 | 67,3 | 60 |
| 27 | 72,937 | 66 | 18,153 | 80,29 | 2,512 | 1393,835 | 41,9 | 60 |
| 28 | 73,295 | 55 | 18,568 | 81,887 | 1,615 | 1395,899 | 26,9 | 60 |
| 29 | 73,579 | 47 | 18,899 | 83,056 | 1,06 | 1397,248 | 17,7 | 60 |
| 30 | 73,81 | 41 | 19,171 | 83,943 | 0,704 | 1398,143 | 11,7 | 60 |
| 30,8 | 73,972 | 38 | 19,362 | 84,531 | 0,505 | 1398,659 | 8,4 | 60 |

Таблица 5.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Время, мин | Т-ра гр.С | ТемПов гр.С | КоэфТепОб Вт/м.кв/К | ПлТеплПот Вт/м.кв | ТеплПот кВт |
| 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 20 | 19 | 4,147 | 4,4 | 9,73 |
| 2 | 31 | 21 | 8,597 | 81 | 179,8 |
| 3 | 59 | 28 | 12,812 | 399,7 | 887,06 |
| 4 | 110 | 43 | 14,989 | 1013,7 | 2249,83 |
| 5 | 174 | 66 | 17,346 | 1878,2 | 4168,81 |
| 6 | 232 | 91 | 19,827 | 2793,1 | 6199,29 |
| 6,4 | 248 | 99 | 20,563 | 3064 | 6800,56 |
| 6,5 | 250 | 100 | 20,678 | 3111,3 | 6894,33 |
| 7 | 261 | 105 | 21,199 | 3297,5 | 7307,02 |
| 8 | 270 | 110 | 21,665 | 3468,1 | 7685,13 |
| 9 | 272 | 111 | 21,747 | 34,98 | 7751,27 |
| 10 | 270 | 110 | 21,661 | 3466,7 | 7681,84 |
| 11 | 267 | 109 | 21,506 | 3410,1 | 7556,41 |
| 12 | 264 | 107 | 21,332 | 3346,2 | 7415 |
| 13 | 260 | 105 | 21,165 | 3285 | 7279,33 |
| 14 | 257 | 104 | 21,018 | 3230,9 | 7159,47 |
| 15 | 255 | 102 | 20,894 | 3185,5 | 7058,84 |
| 16 | 253 | 101 | 20,793 | 3148,6 | 6977,01 |
| 17 | 251 | 100 | 20,713 | 3119,2 | 6911,97 |
| 18 | 250 | 100 | 20,651 | 3096,3 | 6861,07 |
| 19 | 249 | 99 | 20,602 | 3078,5 | 6821,67 |
| 20 | 248 | 99 | 20,565 | 3064,8 | 6791,43 |
| 21 | 247 | 99 | 20,537 | 3054,4 | 6768,36 |
| 22 | 223 | 87 | 19,432 | 2647,8 | 5867,25 |
| 23 | 175 | 66 | 17,401 | 1898,5 | 4206,95 |
| 24 | 133 | 50 | 15,802 | 1310,5 | 2903,97 |
| 25 | 103 | 40 | 14,727 | 918,7 | 2035,82 |
| 26 | 81 | 34 | 14,014 | 660,9 | 1464,54 |
| 27 | 66 | 30 | 13,528 | 486,4 | 1077,78 |
| 28 | 55 | 27 | 12,33 | 342,9 | 759,74 |
| 29 | 47 | 25 | 11,4 | 250,5 | 555,17 |
| 30 | 41 | 24 | 10,592 | 186,7 | 413,76 |
| 30,8 | 38 | 23 | 9,995 | 148 | 327,99 |

1. При τ = 6,5 мин. оконное остекление закрытых окон разрушается.

2. При τ = 6,4 мин. площадь гм. охвачена огнем полностью.

3. При τ = 30,8 мин - полное выгорание горючей нагрузки.

Графики зависимостей Тm (τ), µm (τ), XО2 (τ), XCO2 (τ), XCO (τ), Sпож (τ), Y\* (τ), lвид (τ)

представлены на рис. 2-8

Рис.2. График зависимости среднеобъемной температуры от времени.

Рис.3. График зависимости среднеобъемной концентрации оксида углерода от времени.

Рис.4. График зависимости среднеобъемной концентрации диоксида углерода от времени.

Рис.5. График зависимости среднеобъемной концентрации кислорода от времени.

Рис.6. График зависимости среднеобъемной оптической плотности дыма от времени.

Рис.7. График зависимости дальности видимости от времени.

Рис.8. График изменения плоскости давлений во времени.

Рис.9. График изменения площади пожара во времени.

# 4. Определение критической продолжительности пожара и времени блокирования эвакуационных путей.

Обеспечению безопасности людей при возможном пожаре необходимо уделять первостепенное значение.

Основополагающий документ, регламентирующий пожарную безопасность в России – ФЗ №123 «Технический регламент» определяет эвакуацию как один из основных способов обеспечения безопасности людей при пожарах в зданиях и сооружениях.

Основным критерием обеспечения безопасности людей при пожаре является время блокирования эвакуационных путей tбл. Время блокирования эвакуационных путей вычисляется путем расчета минимального значения критической продолжительности пожара. Критическая продолжительность пожара есть время достижения предельно допустимых для человека опасных факторов пожара.

Таким образом, для расчета времени блокирования эвакуационных путей tбл необходимо располагать методом расчета критической продолжительности пожара. Вопрос о точности метода расчета критической продолжительности пожара является ключевым в решении задачи обеспечения безопасной эвакуации людей на пожаре. Недооценка пожарной опасности, равно как и ее переоценка, может привести к большим экономическим и социальным потерям.

Определим с помощью полученных на ПЭВМ данных по динамике ОФП время блокирования эвакуационных путей tбл из помещения цеха. Для этого предварительно найдем время достижения каждым опасным фактором его критического значения.

**Предельно допустимые значения ОФП**

|  |  |
| --- | --- |
| **ОФП, обозначение, размерность** | **ПДЗ** |
| Температура t, 0С | 70 |
| Парциальная плотность, кг\*м-3-кислорода p1-оксида углерода p2-диоксида углерода p2-хлористого водорода p2 | 0,2260,001160,1123\*10-6 |
| Оптическая плотность дыма m, Непер\*м-1 | 2,38\*Г-1 |
| Тепловой поток, Вт/м2 | 1400 |

Рассчитываем среднеобъемную температуру:

(ОФП-ОФП0)=(ОФПm-(ОФП0)\*Z,

где ,



 H – высота помещения, h – уровень рабочей зоны.

Высоту рабочей зоны определяем по формуле:

h=hпл+1,7,

h=0+1,7=1,7

где hпл – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения.

Тогда при достижении на уровне рабочей зоны температуры 70С среднеобъемная температура будет равна:



Этого значения среднеобъёмная температура достигает, примерно, через 4,5 мин. после начала пожара.

Определяем дальность видимости по формуле:

lпр = 2,38/m

2,38/20=0,119 Нп/м

При этом среднеобъёмный уровень задымленности будет равен:



По таблице 1 

Предельная парциальная плотность кислорода на путях эвакуации со­ставляет 0,226 кг/м3. При достижении на уровне рабочей зоны парциальной плотностью  этого значения, среднеобъемная плотность кислорода составит:



Для определения времени достижения концентрации кислорода этого значения, строим график зависимости среднеобъемной плотности кислорода от времени пожара.

 .

Рис.10. Зависимость парциальной плотности кислорода в помещении от времени пожара..

В соответствии с рисунком 10 время достижения критического значения парциальной плотности кислорода составляет 2,6 минуты.

Предельная парциальная плотность оксида углерода на путях эвакуа­ции составляет  При достижении на уровне рабочей зоны парциальной плотностью СО этого значения, среднеобъемная плотность оксида углерода составит:



Такого значения среднеобъемная парциальная плотность СО за время расчета не достигает.

Предельное значение парциальной плотности СО2 на уровне рабочей зоны равно 0,11 кг/м3. При этом среднеобъемное значение плотности диок­сида углерода будет равно:



Такого значения парциальная плотность СО2 за время расчета не достигает.

Предельно допустимое значение теплового потока на путях эвакуации составляет 1400 Вт/м2. В первом приближении оценить значение плотности теплового потока на путях эвакуации можно по данным таблицы.

Средняя плотность теплового потока на путях эвакуации достигает своего критического значения через 5 мин от начала пожара.

Как видим, быстрее всего критического значения достигает температура газовой среды в помещении, следовательно, tбл = tt = 5 мин.

# 5. Прогнозирование обстановки на пожаре к моменту прибытия первых подразделений на тушение.

Определяем обстановку на пожаре к моменту прибытия на пожар пер­вых подразделений. Она определяется расчетом, при этом используются данные, полученные при расчете динамики опасных факторов пожара. На основании анализа полученных данных производится расчет сил и средств, оценка обстановки на пожаре, намечаются действия первых подразделе­ний.

Первые подразделения прибывают на пожар через 5 мин после его на­чала. В это время площадь пожара составляет 70,07 м2, среднеобъемная температура в помещении составляет 393 °С, тогда температура на уровне рабочей зоны (принимаем 1,7 м) для личного состава будет составлять (формула п.4.1):



При такой температуре личный состав должен работать в средствах защиты от повышенной температуры.

Высота плоскости равных давлений на 5 минуте пожара составляет 1,18 м. Все имеющиеся открытые про­емы будут работать в смешанном режиме газообмена, т. е. через верхние части проемов, расположенных выше плоскости равных давлений, будут истекать дымовые газы из помещения, а в нижней части проемов будет подсос наружного воздуха. С учетом направления ветра, независимо от высоты расположения нейтральной плоскости, возможно задымление по­мещений и прилегающей территории с подветренной стороны. План по­мещения и схемы газообмена помещения с окружающей средой через от­крытые проемы показана на рисунке.



Рис.11. План помещения.

Среднеобъемная оптическая плотность дыма в помещении на 5 минуте пожара составляет 0,126 Нп/м. На уровне рабочей зоны значение оптической плотности дыма будет составлять:



Тогда дальность видимости на уровне рабочей зоны составит:



Среднеобъемное значение парциальной плотности кислорода в помещении на 5 минуте пожара составляет 0,162 кг/м3.



Полученное значение парциальной плотности кислорода выше критического значения, поэтому нет необходимости в работе личного состава в средствах индивидуальной защиты органов дыхания.

Среднеобъемное значение парциальной плотности оксида углерода в

помещении на 5 минуте пожара определим по формуле:



Содержание оксида углерода на рабочем уровне составит:



Полученное значение парциальной плотности оксида углерода ниже критического значения. Поэтому для личного состава этот опасный фактор пожара не опасен.

Среднеобъемное значение парциальной плотности диоксида углерода в помещении на 5 минуте пожара определим по формуле



Содержание диоксида углерода на рабочем уровне составит:

 Полученное значение парциальной плотности диоксида углерода ниже критического значения. Поэтому для личного состава этот опасный фактор пожара не опасен.

# 6. Расчет огнестойкости ограждающих строительных конструкций с учетом параметров реального пожара.

Рассчитать температурное поле в перекрытии через 30 мин после начала нагревания и установить время достижения на рабочей арматуре температуры 550 °С.

Перекрытие представляет собой сплошную бетонную толщиной 12 см. Толщина слоя бетона от нижней грани до центра тяжести рабочей арматуры 2 см. Плита изготовлена из бетона на известняковом щебне.

Перекрытие подвергается одностороннему нагреванию в условиях пожара. Зависимость среднеобъемной температуры греющей среды от времени берется из таблицы 2, полученной при расчетах на ЭВМ.

Начальная температура перекрытия 20°С, такую же температуру имеет воздух над перекрытием.

Задачу решаем численным методом конечных разностей.

Принимаем среднюю температуру плиты за весь период нагревания равной 200° С. Тогда усредненные за весь период нагревания коэффициенты теплопроводности и температуропроводности будут равные *λ* = 1,2 Вт/(м∙К), *а* = 6,3∙10-7 м./с.

Максимальная температура среды за период нагревания может быть определена по следующей формуле:



где *ТТ* - среднеобъемная температура; *х*0 - половина расстояния от очага горения до места выхода газов из помещения; *х* - координата, отсчитываемая от очага горения по горизонтали; *у* - координата, отсчитываемая от поверхности пола по вертикали.





Максимальный коэффициент теплоотдачи между средой и поверхностью плиты:



 Максимальная расчетная толщина слоя:



 Минимальное число слоев:



Разобьем плиту на 3 слоя. При этом толщина слоя будет равна:



 Расчетный интервал времени:



Расчет температурного поля в плите ведется по явной разностной схеме, которая при  имеет вид:



В начальный момент времени температура во всех слоях равна начальной температуре:



Температурное поле через *Δτ* = 21 мин, температура греющей среды (определяется аналогично максимальной температуры среды):





Коэффициент теплоотдачи с обогреваемой стороны:



 Толщина пограничного слоя:



температура в 1-м слое через *1Δτ*:



т.е. температуры в слоях с 1-го по 2-й через *1Δτ* останутся равными начальным температурам.

Температура в 0-м слое через *1Δτ*:



температура на обогреваемой поверхности:



Температурные поля последующих слоев рассчитываются аналогичным способом.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № *Δτ* | *τ* | t1m | α1 | λ/α1 | t0 | t1c | t1 | t2 | t3 |
| 0 | 0 | 19 | - | - | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 |
| 1 | 21 | 557 | 41,9 | 0,029 | 461 | 240 | 19 | 19 | 19 |
| 2 | 30 | 501 | 36,8 | 0,033 | 439 | 339 | 240 | 19 | 19 |

На рабочей арматуре через 30 мин после начала нагревания температу­ра 550° *С* не достигается.

# 7. Исходные условия для ИРКР, результаты расчетов и итоги исследования.

 Проведем расчет критической продолжительности пожара и времени

блокирования эвакуационных путей. Расчет τбл производится для наиболее опасного варианта развития пожара, характеризующегося наибольшим темпом нарастания ОФП в рассматриваемом помещении. Сначала рассчитывают значения критической продолжительности пожара (τкр) по условию достижения каждым из ОФП предельно допустимых значений в зоне пребывания людей (рабочей зоне):

по повышенной температуре τ т:



по потере видимости τпв:



по пониженному содержанию кислорода:



по каждому из газообразных продуктов горения:





где В - размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и

свободного объема помещения, кг;

t0 - начальная температура воздуха в помещении, °С;

n - показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего

материала во времени;

А - размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость

выгорания горючего материала и площадь пожара, кг⋅с-n;

z - безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;

Q - низшая теплота сгорания материала, МДж⋅кг-1;

Ср - удельная изобарная теплоемкость газа МДж⋅кг-1;

ϕ - коэффициент теплопотерь;

η - коэффициент полноты горения;

V - свободный объем помещения, м ,

λ - коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

Е - начальная освещенность, лк;

lпр - предельная дальность видимости в дыму, м;

Dm - дымообразующая способность горящего материала, Нп·м2 ⋅кг-1 .

L - удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг-кг-1,

X - предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении,

кг⋅м-3 (Хсо2 =0,11 кг∙м-3; Хсо = 1,16-10-3 кг⋅м-3; XHCL=23x10-6 кг⋅м-3);

L02 - удельный расход кислорода, кг·кг -1.

 Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то этот

ОФП не представляет опасности.







Рассчитываем критическую продолжительность пожара по каждому опасному фактору:

по температуре:



по потери видимости:



по пониженному содержанию кислорода:



по содержанию оксида углерода:



 Под знаком логарифма отрицательное число, значит концентрация СО не достигает критического значения.

по содержанию двуокиси углерода:



Под знаком логарифма отрицательное число, значит концентрация СО2 не достигает критического значения. Минимальное значение критической продолжительности пожара (по

потере видимости) составляет 171 секунду. Тогда время блокирования эвакуационных путей составит



# Список литературы

1. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожар­ной безопасности». 2008.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в здани­ях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожар­ной опасности. Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382.
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска на про­изводственных объектах. Приложение к приказу МЧС России от 10.07.2009 №404.
4. Пособие по определению пределов огнестойкости конструкций, пре­делов распространения огня по конструкциям и групп возгораемости мате­риалов (к СНиП II-2-80). - М., 1985.
5. Пожарная безопасность зданий и сооружений. СНиП 21-01-97\*.
6. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в поме­щении и их применение при решении практических задач пожаровзрыво- безопасности. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2003.
7. Рыжов А.М., Хасанов И.Р., Карпов А.В. и др. Применение полевого метода математического моделирования пожаров в помещениях. Методи­ческие рекомендации. - М.: ВНИИПО, 2003.
8. Определение времени эвакуации людей и огнестойкости строитель­ных конструкций с учетом параметров реального пожара: Учебное посо­бие/ Пузач С.В., Казеннов В.М., Горностаев Р.П. - М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. 147 л.
9. Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С., Шевляков А.Н. Термогазодинамика пожаров в помещениях.- М.: Стройиздат, 1986.
10. Мосалков И.Л., Плюсина Г.Ф., Фролов А.Ю. Огнестойкость строи­тельных конструкций. - М.: Спецтехника, 2001.
11. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в по­мещении: Учебное пособие. - М.: Академия ГПС МВД России, 2000.
12. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров. - М., Стройиздат, 1988.
13. Яковлев А.И. Расчет огнестойкости строительных конструкций. - М.: Стройиздат, 1988.