

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Владимирский государственный университет

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра «Автотранспортная и техносферная безопасность»

Методические указания к практической работе студента

по дисциплине

«Прогнозирование опасных факторов пожара»

Составитель:

Киндеев Е.А.

Владимир, 2016

Оглавление

1. Исходные данные
 2. Описание интегральной математической модели развития пожара
 3. Результаты компьютерного моделирования
 4. Время достижения пороговых и критических значений ОФП. Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещения
 - 4.1 Необходимое время эвакуации из помещения по данным математического моделирования. Свободное развитие пожара
 - 4.2 Расчет необходимого времени эвакуации из помещения по данным ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования
 5. Расчет динамики ОФП для уровня рабочей зоны. Анализ обстановки на пожаре на 11 минуте развития пожара
- Общий вывод по работе
- Литература

1. Исходные данные

Исходное помещение расположено в одноэтажном здании. Здание построено из сборных железобетонных конструкций и кирпича. В этом здании наряду с цехом деревообрабатывающего предприятия имеется цех сборки. Цех деревообрабатывающего предприятия отделен от цеха сборки противопожарной стеной. План здания приведен на рис.1.

A-A

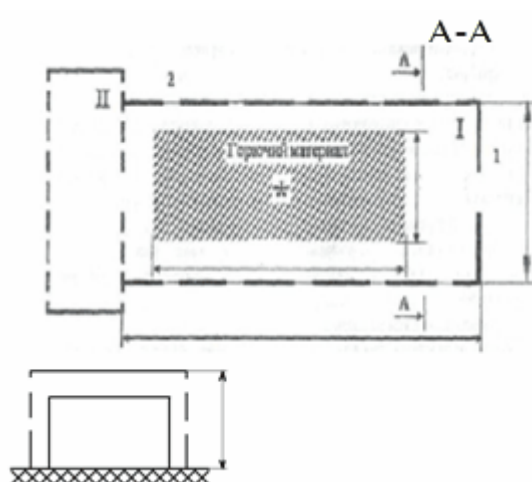


Рис. 1 План здания и разрез цеха деревообрабатывающего предприятия по A-A

I - заготовительный цех; II - цех сборки;

1 - дверной проем; 2 - оконные проемы;

* - место возгорания ГН, принятое при моделировании ситуации на пожаре

Размеры цеха деревообрабатывающего предприятия в плане:

длина $l_1 = 60$ м;

ширина $l_2 = 24$ м;

высота $H = 6$ м.

В наружных стенах цеха деревообрабатывающего предприятия имеется 10 одинаковых оконных проемов. Расстояние от пола до нижнего края

каждого оконного проема $Y_n = 1,2$ м. Расстояние от пола до верхнего края проема $Y_c = 2,4$ м. Ширина каждого оконного проема $b = 1,2$ м. Суммарная ширина оконных проемов $\Sigma b = 24$ м. Остекление оконных проемов выполнено из обычного стекла. Остекление разрушается при среднеобъемной температуре газовой среды в помещении, равной 300 °С.

В противопожарной стене имеется дверной проем шириной и высотой $2,4$ м. Этот проем защищен противопожарными дверями. При пожаре этот проем закрыт.

Цех деревообрабатывающего предприятия имеет один дверной проем, соединяющий цех с наружной средой. Его ширина равна $2,4$ м. Расстояние от пола до верхнего края дверного проема $Y_b = 3$ м. Расстояние от пола до нижнего края дверного проема $Y_n = 0$ м. При пожаре этот дверной проем открыт, т.е. температура вскрытия 20 °С.

Полы бетонные, с асфальтовым покрытием.

Горючий материал представляет собой деревянные заготовки, сложенные в пакеты. Доля площади, занятая ГН $\varphi_r = 80\%$. Площадь пола, занятая ГМ находится по формуле:

$$S_{ГМ} = \frac{\varphi_r \cdot S_{пол}}{100} = 0,8 \cdot 1440 = 1152 \text{ м}^2$$

где $S_{пол} = l_1 \cdot l_2 = 60 \cdot 24 = 1440 \text{ м}^2$ - площадь пола.

Количество ГМ на 1 м^2 $P_o = 30 \text{ кг/м}^2$. Общая масса горючего материала

$$M_0 = P_o \cdot S_{ГМ} = 30 \cdot 1152 = 34560 \text{ кг.}$$

Горение начинается в центре прямоугольной площадки, которую занимает ГМ. Размеры этой

$$l_{1Г} = 0,1 \cdot l_1 \cdot \sqrt{\varphi_{Г}} = 0,1 \cdot 60 \cdot \sqrt{80} = 53,6 \text{ м}$$

$$l_{2Г} = 0,1 \cdot l_2 \cdot \sqrt{\varphi_{Г}} = 0,1 \cdot 24 \cdot \sqrt{80} = 21,4 \text{ м}$$

Свойства ГН характеризуются следующими величинами:

теплота сгорания $Q_H = 13,8 \text{ МДж/кг}$;

удельная скорость выгорания $\psi_0 = 54 \text{ кг/(м ч)}$;

скорость распространения пламени по поверхности ГМ $v_{пл} = 0,019 \text{ м/с}$;

дымообразующая способность $D = 144 \text{ Нп}\cdot\text{м}^2/\text{кг}$;

потребление кислорода $L_{O_2} = 1,15 \text{ кг/кг}$;

выделение двуокси углерода $L_{CO_2} = 1,51 \text{ кг/кг}$;

выделение оксида углерода $L_{CO} = 0,024 \text{ кг/кг}$.

Вентиляция в цехе деревообрабатывающего предприятия, осуществляемая через дверные и оконные проемы. Отопление центральное водяное.

Внешние атмосферные условия:

ветер отсутствует, температура наружного воздуха $10^\circ\text{C} = 283 \text{ К}$,
давление (на уровне $Y = h$) $P_a = 760 \text{ мм. рт. ст.} = 101300 \text{ Па}$.

Параметры состояния газовой среды внутри помещения перед пожаром следующие:

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{m0} = 283 \text{ К}; \\ P_{m0} = 101300 \text{ Па}; \\ \mu_m = 0 \text{ Нп/м}; \\ X_{mO_2} = 0,23 \\ X_{mCO} = 0 \\ X_{mCO_2} = 0 \\ \rho_{m0} = \frac{P_{m0}}{R \cdot T_{m0}} = \frac{101300}{8,31 \cdot 283} = 43,07 \end{array} \right.$$

2 вариант расчетов. В цехе имеется приточно-вытяжная вентиляция с

автоматической системой удаления дыма со следующими характеристиками:

вытяжка $30.000 \text{ м}^3/\text{ч}$

приток $30.000 \text{ м}^3/\text{ч}$

время включения противодымной механической вентиляции - 3 мин с начала горения.

3 вариант расчетов. В цехе имеется вытяжная вентиляция с автоматической системой удаления дыма со следующими характеристиками:

вытяжка $30.000 \text{ м}^3/\text{ч}$

приток $30.000 \text{ м}^3/\text{ч}$

время включения противодымной механической вентиляции - 3 мин с начала горения.

А также система автоматического пожаротушения со следующими характеристиками:

огнетушащее вещество - азот;

запас огнетушащего вещества — 30 кг;

скорость подачи огнетушащего вещества $G_{\text{ов}} = 30 \text{ кг/мин}$;

начальная температура огнетушащего вещества $t_{\text{ое}} = 18 \text{ С}$;

удельная теплоемкость ОВ $C_p = 1052 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

время включения системы пожаротушения - 5 минут от начала горения.

2. Описание интегральной математической модели развития пожара

Интегральная математическая модель пожара в помещении разработана на основе уравнений пожара, изложенных в работах [1, 2, 5]. Эти уравнения вытекают из основных законов физики - закона сохранения веществ, первого закона термодинамики для открытой системы, и включают в себя:

уравнение материального баланса газовой среды в помещении $M = V \cdot p_m$:

$$V \left(\frac{dp_m}{d\tau} \right) = G_B + \Psi - G_r, \quad (1)$$

где V - объем помещения, m^3 ; p_m - среднеобъемная плотность газовой среды, kg/m^3 ; τ - время, с; G_B и G_r - массовые расходы поступающего в помещение воздуха и уходящих из помещения газов, kg/c ; Ψ - массовая скорость выгорания горючей нагрузки, kg/c .

уравнение баланса кислорода $V \cdot p_1$:

$$V \frac{d(p_1)}{d\tau} = x_{1B} G_B - x_{1B} n_1 G_r - \Psi L_1 \eta, \quad (2)$$

где x_1 - среднеобъемная массовая концентрация кислорода в помещении; x_{1B} - концентрация кислорода в уходящих газах; n_1 - коэффициент, учитывающий отличие концентрации кислорода в уходящих газах x_{1r} от среднеобъемного значения x_1 , $n_1 = x_{1r}/x_1$; L_1 - скорость потребления кислорода при горении; p_1 - парциальная плотность кислорода в помещении.

уравнение баланса продуктов горения $V \cdot p_2$:

$$V \frac{d(p_2)}{d\tau} = \Psi L_2 \eta - x_2 n_2 G_r, \quad (3)$$

где x_i - среднеобъемная концентрация i -го продукта горения; L_i - скорость выделения выделение i -го продукта горения (CO , CO_2); n_i - коэффициент, учитывающий отличие концентрации i -го продукта в уходящих газах $x_{i\Gamma}$ от среднеобъемного значения x_i , $n_i = x_{i\Gamma}/x_i$, p_2 - парциальная плотность продуктов горения в помещении;

уравнение баланса оптического количества дыма в помещении $V \cdot \mu_m$:

$$V \frac{d(\mu_m)}{dt} = D\Psi L_2 \eta - \frac{\mu_m n_4}{p_m} G_\Gamma - \mu_m k_c S_w, \quad (4)$$

где μ_m - среднеобъемная оптическая плотность дыма; D — дымообразующая способность ГМ; n_4 - коэффициент, учитывающий отличие концентрации дыма в уходящих из помещения нагретых газах от среднеобъемной оптической концентрации дыма

$$n_4 = \mu_{m\Gamma} / \mu_m$$

уравнение баланса энергии U :

$$V \frac{dU}{dt} = \eta Q_H^p \Psi + i_\Gamma \Psi + c_{pв} T_в G_в - c_p T_m m G_\Gamma - Q_w, \quad (5)$$

где P_m - среднеобъемное давление в помещении, Па,
 c_{pm} , T_m - среднеобъемные значения изобарной теплоемкости и температуры в помещении; Q_H^p - низшая рабочая теплота сгорания ГН, Дж/кг;
 $c_{pв}$; $T_в$ - изобарная теплоемкость и температура поступающего воздуха, К; i_Γ - энтальпия газификации продуктов горения ГН, Дж/кг; m - коэффициент, учитывающий отличие температуры T_Γ и изобарной теплоемкости $c_{p\Gamma}$ уходящих газов от среднеобъемной температуры T_m и среднеобъемной изобарной теплоемкости c_{pm} , $m = \frac{c_{p\Gamma} T_\Gamma}{c_{pm} T_m}$; η - коэффициент полноты сгорания ГН; Q_w - тепловой поток в ограждение, Вт.

Среднеобъемная температура T_m связана со среднеобъемным давлением P_m и плотностью ρ_m уравнением состояния газовой среды в помещении:

$$P_m = \rho_m R_m T_m. \quad (6)$$

Уравнение материального баланса пожара с учетом работы приточно-вытяжной системы механической вентиляции, а так же работы системы объемного тушения пожара инертным газом примет следующий вид:

$$V \frac{d\rho_m}{d\tau} = \Psi + G_B - G_r + G_{пр} - G_{ов}, \quad (7)$$

где $G_{пр}$ и $G_{выг}$ - массовые расходы, создаваемые приточно-вытяжной вентиляцией, кг/с; $G_{ов}$ - массовая подача огнетушащего вещества кг/с.

3. Результаты компьютерного моделирования

Учебная компьютерная программа INTMODEL реализует описанную выше математическую модель и предназначена для расчета динамики пожара жидких и твердых горючих веществ и материалов в помещении. Программа позволяет учитывать вскрытие проемов, работу систем механической вентиляции, и объемного тушения пожара инертным газом, а так же учитывает кислородный баланс пожара, позволяет рассчитывать концентрацию оксидов углерода CO и CO₂, задымленность помещения и дальность видимости в нем.

Исходные данные для проведения компьютерных расчетов динамики развития пожара в цехе деревообрабатывающего предприятия:

Блок атмосфера:

давление 760 мм. рт. ст.

температура 10 °С

Блок помещения:

длина 60 м;

ширина 24 м;

высота 6 м;

температура 20°С

проемы 2

проем 1 – штатный

нижний срез 0 м

верхний срез 3 м

ширина 3,6 м

вскрытие 20°С

проем 2 – штатный

нижний срез 1,2 м

верхний срез 2,4 м

ширина 24 м

вскрытие 300°С

для 2 эксперимента: дымоудаление – есть

вытяжка 30000 м³/ч

приток 30000 м³/ч

включение 3 мин

для 3 эксперимента: дымоудаление – есть

пожаротушение – есть

ОВ азот

Запас ОВ 30 кг

подача ОВ 30 кг/мин

температура ОВ 20°С

удельная теплоемкость 1052 Дж/кг·К

включение 5 мин

Блок нагрузка:

Вид горючего материала – твердый

длина ГН 53,6 м

ширина ГН 21,4 м

количество ГН 34560 кг

выделение тепла 13,8 МДж/кг

потребление кислорода 1,15 кг/кг

дымовыделение 144 Нп·м²/кг

выделение СО 0,024 кг/кг

выделении СО₂ 1,51 кг/кг

удельная скорость выгорания 54 кг/м²ч

скорость распространения пламени 1,9 мм/с.

Таблица 1

Динамика развития параметров газовой среды и координаты ПРД от времени развития пожара в помещении																	
Время, мин	Температура, С		оптический плотность дыма μm Нп/м		дальность видимости Лвид, м		ХмО ₂ , масс %		ХмСО, мас с %	ХмСО ₂ , мас с %	Рм, кг/м ³	нейтральная плоскость ПРД - Y, м		Гв, кг/с	Гг, кг/с	ΔP, Па	Спож, м ²
	своб	Обв	своб	Обв	своб	выт	своб	выт				своб	выт				
0	20	20	0,000	0,000	64,62	64,62	23,000	23,000	0,000	0,000	1,2053	1,50	1,50	0,008	0,008	0,000	0,000
1	20	20	0,000	0,000	64,62	64,62	23,000	23,000	0,000	0,000	1,2053	1,36	1,36	0,081	0,107	0,000	0,000
2	20	20	0,000	0,000	64,62	64,62	22,999	22,999	0,000	0,001	1,2049	1,32	1,32	0,229	0,331	0,001	0,002
3	20	20	0,001	0,001	64,62	64,62	22,996	22,996	0,000	0,004	1,2039	1,29	1,28	0,410	0,632	0,002	0,007
4	21	21	0,001	0,001	64,62	64,62	22,991	22,991	0,000	0,011	1,2020	1,26	1,25	0,612	0,929	0,006	0,005
5	22	21	0,003	0,002	64,62	64,62	22,982	22,983	0,000	0,021	1,1989	1,24	1,23	0,830	1,394	0,011	0,012
6	23	23	0,004	0,004	64,62	64,62	22,969	22,971	0,001	0,037	1,1945	1,23	1,21	1,058	1,824	0,019	0,017
7	24	24	0,007	0,006	64,62	64,62	22,951	22,955	0,001	0,059	1,1888	1,22	1,20	1,296	2,269	0,029	0,020
8	26	25	0,010	0,009	64,62	64,62	22,926	22,934	0,001	0,088	1,1816	1,21	1,19	1,540	2,716	0,042	0,021
9	28	27	0,014	0,012	64,62	64,62	22,895	22,907	0,002	0,126	1,1732	1,21	1,18	1,789	3,157	0,056	0,033
10	31	30	0,018	0,016	64,62	64,62	22,855	22,873	0,003	0,173	1,1635	1,21	1,17	2,041	3,584	0,073	0,048
11	33	32	0,024	0,021	64,62	64,62	22,807	22,833	0,004	0,231	1,1528	1,21	1,17	2,294	3,992	0,092	0,044
12	36	35	0,030	0,026	64,62	64,62	22,749	22,786	0,005	0,300	1,1412	1,21	1,16	2,545	4,378	0,112	0,058
13	40	38	0,037	0,033	63,84	64,62	22,681	22,731	0,006	0,382	1,1287	1,21	1,16	2,794	4,740	0,134	0,069
14	44	41	0,045	0,039	52,36	60,70	22,601	22,667	0,008	0,477	1,1157	1,21	1,15	3,038	5,080	0,156	0,080
15	47	44	0,043	0,040	43,43	50,50	22,22	22,22	0,000	0,58	1,11	1,21	1,15	3,23	5,33	1,15	9,2

			55	47	58	88	509	595	09	8	022	3	15	76	99	79	0
16	52	48	0,0 65	0,0 55	36, 72	43, 17	22, 403	22, 513	0,0 11	0,71 4	1,0 882	1,2 3	1, 14	3,5 06	5,6 87	2, 03	10, 47
17	56	52	0,0 76	0,0 65	31, 27	37, 01	22, 284	22, 422	0,0 14	0,85 7	1,0 740	1,2 4	1, 14	3,7 28	5,9 77	2, 27	11, 83
18	60	56	0,0 89	0,0 75	26, 86	31, 99	22, 149	22, 420	0,0 16	1,01 8	1,0 596	1,2 6	1, 13	4,0 35	6,1 34	2, 49	13, 27
19	65	60	0,1 03	0,0 86	23, 22	27, 85	22, 000	22, 207	0,0 19	1,19 7	1,0 458	1,2 5	1, 14	4,1 50	6,4 54	2, 74	14, 80
20	70	65	0,1 18	0,0 98	20, 19	24, 38	21, 834	22, 083	0,0 22	1,39 7	1,0 309	1,2 4	1, 12	4,2 28	6,7 56	3, 02	16, 41
21	75	70	0,1 35	0,1 12	17, 62	21, 44	21, 650	21, 947	0,0 26	1,61 8	1,0 152	1,2 3	1, 10	4,4 41	7,0 41	3, 30	18, 12
22	81	75	0,1 54	0,1 27	15, 42	18, 92	21, 448	21, 797	0,0 30	1,86 2	0,9 988	1,2 3	1, 09	4,6 03	7,3 07	3, 60	19, 92
23	87	81	0,1 76	0,1 43	13, 50	16, 73	21, 226	21, 634	0,0 34	2,13 0	0,9 820	1,2 2	1, 07	4,7 69	7,5 55	3, 90	21, 80
24	93	87	0,2 02	0,1 62	11, 80	14, 80	20, 984	21, 455	0,0 39	2,42 4	0,9 648	1,2 2	1, 06	4,9 36	7,7 83	4, 20	23, 79
25	10 0	94	0,2 31	0,1 83	10, 29	13, 08	20, 722	21, 260	0,0 44	2,74 4	0,9 476	1,2 2	1, 05	5,1 03	7,9 93	4, 50	25, 87
26	10 7	10 1	0,2 67	0,2 08	8,6 7	11, 54	20, 438	21, 048	0,0 49	3,09 2	0,9 303	1,2 2	1, 03	5,2 67	8,1 85	4, 81	28, 05
27	11 4	10 8	0,3 09	0,2 37	7,6 9	10, 14	20, 133	20, 818	0,0 55	3,46 9	0,9 132	1,2 2	1, 02	5,4 29	8,3 58	5, 11	30, 34
28	12 1	11 6	0,3 62	0,2 71	6,5 8	8,8 6	19, 806	20, 569	0,0 62	3,87 7	0,8 963	1,2 2	1, 01	5,5 88	8,5 12	5, 40	32, 73
29	12 9	12 5	0,4 27	0,3 12	5,6 0	7,7 0	19, 457	20, 299	0,0 69	4,31 6	0,8 798	1,2 2	1, 00	5,7 44	8,6 47	5, 68	35, 23
30	13 6	13 4	0,5 09	0,3 63	4,6 7	6,6 2	19, 088	20, 007	0,0 76	4,78 8	0,8 638	1,2 2	0, 99	5,8 98	8,7 61	5, 96	37, 84
31	14 3	14 3	0,6 13	0,4 26	3,8 8	5,6 5	18, 699	19, 693	0,0 84	5,29 4	0,8 484	1,2 2	0, 98	6,0 49	8,8 55	6, 22	40, 57
32	15 1	15 3	0,7 46	0,5 06	3,1 9	4,7 6	18, 292	19, 354	0,0 93	5,83 4	0,8 339	1,2 3	0, 97	6,1 99	8,9 28	6, 45	43, 41
33	15 8	16 3	0,9 16	0,6 07	2,6 0	3,9 6	17, 870	18, 991	0,1 02	6,40 8	0,8 204	1,2 3	0, 96	6,3 48	8,9 78	6, 67	46, 38
34	16 4	17 3	1,1 31	0,7 39	2,1 0	3,2 6	17, 436	18, 604	0,1 11	7,01 4	0,8 079	1,2 4	0, 95	6,5 02	9,0 02	6, 86	49, 46
35	17 0	18 3	1,4 05	0,9 09	1,6 9	2,6 5	16, 995	18, 194	0,1 22	7,65 3	0,7 967	1,2 5	0, 94	6,6 47	9,0 12	7, 03	52, 67

36	17 6	19 3	1,7 47	1,1 31	1,3 6	2,1 3	16, 550	17, 763	0,1 32	8,32 0	0,7 869	1,2 5	0, 94	6,7 85	9,0 07	7, 17	55, 99
37	18 1	20 3	2,1 71	1,4 20	1,1 0	1,7 0	16, 107	17, 316	0,1 43	9,01 5	0,7 786	1,2 6	0, 93	6,9 21	8,9 83	7, 27	59, 42
38	18 5	21 2	2,6 89	1,7 92	0,8 9	1,3 5	15, 672	16, 857	0,1 55	9,73 3	0,7 718	1,2 7	0, 93	7,0 46	8,9 49	7, 35	62, 96
39	18 8	22 1	3,3 09	2,2 66	0,7 2	1,0 6	15, 250	16, 394	0,1 66	10,4 69	0,7 765	1,2 8	0, 94	7,1 62	8,9 04	7, 41	66, 61
40	19 0	22 8	4,0 36	2,8 61	0,5 9	0,8 4	14, 846	15, 934	0,1 78	11,2 19	0,7 627	1,2 9	0, 94	7,2 63	8,8 57	7, 43	70, 35
41	19 2	23 4	4,8 70	3,5 89	0,4 9	0,6 7	14, 464	15, 488	0,1 90	11,9 77	0,7 603	1,3 0	0, 94	7,3 48	8,8 07	7, 44	74, 16
42	19 2	23 9	5,8 06	4,4 55	0,4 1	0,5 4	14, 106	15, 063	0,2 02	12,7 37	0,7 592	1,3 0	0, 95	7,4 15	8,7 59	7, 43	78, 05
43	19 2	24 3	6,8 33	5,4 55	0,3 5	0,4 4	13, 775	14, 667	0,2 14	13,4 94	0,7 591	1,3 1	0, 95	7,4 65	8,7 14	7, 41	81, 99
44	19 2	24 6	7,9 39	6,5 74	0,3 0	0,3 7	13, 471	14, 304	0,2 26	14,2 93	0,7 600	1,3 1	0, 96	7,4 96	8,6 76	7, 37	85, 97
45	19 1	24 8	9,1 05	7,7 90	0,2 6	0,3 1	13, 193	13, 976	0,2 38	14,9 81	0,7 616	1,3 2	0, 96	7,5 11	8,6 44	7, 33	89, 99
46	19 0	24 9	10, 315	9,0 75	0,2 3	0,2 6	12, 942	13, 684	0,2 50	15,7 04	0,7 637	1,3 2	0, 96	7,5 12	8,6 18	7, 29	94, 02
47	18 8	24 9	11, 551	10, 399	0,2 1	0,2 3	12, 714	13, 425	0,2 61	16,4 10	0,7 663	1,3 2	0, 96	7,5 00	8,5 99	7, 24	98, 06
48	18 6	24 9	12, 796	11, 736	0,1 9	0,2 0	12, 509	13, 198	0,2 72	17,0 97	0,7 691	1,3 2	0, 96	7,4 79	8,5 85	7, 19	102 ,11
49	18 5	24 9	14, 037	13, 061	0,1 7	0,1 8	12, 323	12, 999	0,2 82	17,7 65	0,7 720	1,3 2	0, 96	7,4 52	8,5 74	7, 14	106 ,15
50	18 3	24 8	15, 262	14, 353	0,1 6	0,1 7	12, 155	12, 824	0,2 93	18,4 12	0,7 750	1,3 2	0, 96	7,4 18	8,5 69	7, 10	110 ,18
51	18 1	24 8	16, 460	15, 600	0,1 4	0,1 5	12, 004	12, 670	0,3 03	19,0 40	0,7 779	1,3 2	0, 95	7,3 81	8,5 65	7, 06	114 ,20
52	17 9	24 8	17, 626	16, 794	0,1 4	0,1 4	11, 866	12, 533	0,3 12	19,6 47	0,7 807	1,3 2	0, 95	7,3 44	8,5 64	7, 02	118 ,20
53	17 8	24 7	18, 754	17, 930	0,1 3	0,1 3	11, 740	12, 410	0,3 22	20,2 35	0,7 835	1,3 1	0, 95	7,3 06	8,5 65	6, 98	122 ,19
54	17 6	24 7	19, 841	19, 008	0,1 2	0,1 3	11, 625	12, 300	0,3 31	20,8 03	0,7 861	1,3 1	0, 94	7,2 68	8,5 67	6, 94	126 ,16
55	17 5	24 7	20, 885	20, 030	0,1 1	0,1 2	11, 520	12, 199	0,3 39	21,3 54	0,7 885	1,3 1	0, 94	7,2 31	8,5 70	6, 91	130 ,11
56	17 17	24 24	21, 20,	20, 0,1	0,1 0,1	11, 12,	11, 12,	12, 0,3	21,8 0,7	21,8 0,7	0,7 1,3	1,3 0,	0, 7,1	7,1 8,5	8,5 6,	6, 134	134

	4	7	886	997	1	1	423	107	48	77	907	1	94	95	74	88	,03
57	17 3	24 7	22, 844	21, 914	0,1 0	0,1 1	11, 334	12, 022	0,3 56	22,4 03	0,7 928	1,3 1	0, 94	7,1 61	8,5 78	6, 85	137 ,94
58	17 1	24 6	23, 760	22, 783	0,1 0	0,1 0	11, 251	11, 944	0,3 64	22,9 02	0,7 948	1,3 0	0, 93	7,1 28	8,5 82	6, 83	141 ,84
59	17 0	24 6	24, 635	23, 610	0,1 0	0,1 0	11, 173	11, 870	0,3 72	23,3 87	0,7 966	1,3 0	0, 93	7,0 98	8,5 87	6, 81	145 ,71
60	17 0	24 6	25, 472	24, 399	0,0 9	0,1 0	11, 101	11, 801	0,3 79	23,8 56	0,7 982	1,3 0	0, 93	7,0 69	8,5 92	6, 79	149 ,56
61	16 9	24 6	26, 272	25, 152	0,0 9	0,0 9	11, 034	11, 736	0,3 86	24,3 12	0,7 998	1,3 0	0, 93	7,0 42	8,5 97	6, 77	153 ,40
62	16 8	24 6	27, 038	25, 873	0,0 9	0,0 9	10, 970	11, 675	0,3 93	24,7 53	0,8 012	1,3 0	0, 92	7,0 16	8,6 02	6, 75	157 ,23
63	16 7	24 7	27, 770	26, 566	0,0 9	0,0 9	10, 910	11, 616	0,4 00	25,1 82	0,8 025	1,3 0	0, 92	6,9 92	8,6 08	6, 74	161 ,03
64	16 7	24 7	28, 473	27, 234	0,0 8	0,0 9	10, 853	11, 560	0,4 07	25,5 99	0,8 036	1,2 9	0, 92	6,9 70	8,6 13	6, 72	164 ,82
65	16 6	24 7	29, 147	27, 877	0,0 8	0,0 9	10, 800	11, 507	0,4 13	26,0 04	0,8 047	1,2 9	0, 92	6,9 49	8,6 18	6, 71	168 ,60
66	16 5	24 7	29, 795	28, 500	0,0 8	0,0 8	10, 749	11, 456	0,4 20	26,3 97	0,8 057	1,2 9	0, 91	6,9 29	8,6 23	6, 70	172 ,36
67	16 5	24 7	30, 419	29, 103	0,0 8	0,0 8	10, 700	11, 406	0,4 26	26,7 80	0,8 067	1,2 9	0, 91	6,9 10	8,6 27	6, 69	176 ,11
68	16 4	24 7	31, 020	29, 689	0,0 8	0,0 8	10, 653	11, 359	0,4 32	27,1 52	0,8 075	1,2 9	0, 91	6,8 92	8,6 32	6, 68	179 ,85
69	16 4	24 7	31, 600	30, 258	0,0 8	0,0 8	10, 609	11, 314	0,4 37	27,5 14	0,8 083	1,2 9	0, 91	6,8 76	8,6 37	6, 67	183 ,58
70	16 4	24 7	32, 160	30, 813	0,0 7	0,0 8	10, 566	11, 269	0,4 43	27,8 67	0,8 091	1,2 9	0, 91	6,8 60	8,6 42	6, 66	187 ,29
71	16 3	24 7	32, 702	31, 353	0,0 7	0,0 8	10, 525	11, 227	0,4 48	28,2 11	0,8 098	1,2 9	0, 90	6,8 45	8,6 46	6, 65	190 ,99
72	16 3	24 7	33, 228	31, 881	0,0 7	0,0 7	10, 486	11, 186	0,4 54	28,5 46	0,8 104	1,2 8	0, 90	6,8 31	8,6 51	6, 65	194 ,69
73	16 3	24 7	33, 738	32, 397	0,0 7	0,0 7	10, 448	11, 146	0,4 59	28,8 73	0,8 110	1,2 8	0, 90	6,8 17	8,6 55	6, 64	198 ,37
74	16 2	24 7	34, 233	32, 901	0,0 7	0,0 7	10, 411	11, 107	0,4 64	29,1 92	0,8 116	1,2 8	0, 90	6,8 05	8,6 59	6, 64	202 ,04
75	16 2	24 7	34, 715	33, 395	0,0 7	0,0 7	10, 376	11, 070	0,4 69	29,5 03	0,8 121	1,2 8	0, 90	6,7 92	8,6 64	6, 63	205 ,70
76	16 2	24 7	35, 184	33, 879	0,0 7	0,0 7	10, 341	11, 033	0,4 74	29,7 06	0,8 127	1,2 8	0, 90	6,7 80	8,6 68	6, 62	209 ,35

77	16 1	24 7	35, 642	34, 354	0,0 7	0,0 7	10, 308	10, 997	0,4 78	30,1 03	0,8 131	1,2 8	0, 89	6,7 69	8,6 72	6, 62	212 ,99
78	16 1	24 7	36, 089	34, 820	0,0 7	0,0 7	10, 276	10, 963	0,4 83	30,3 93	0,8 136	1,2 8	0, 89	6,7 58	8,6 76	6, 62	216 ,63
79	16 1	24 7	36, 525	35, 277	0,0 7	0,0 7	10, 244	10, 929	0,4 88	30,6 76	0,8 140	1,2 8	0, 89	6,7 47	8,6 80	6, 61	220 ,25
80	16 1	24 7	36, 952	35, 726	0,0 6	0,0 7	10, 214	10, 896	0,4 92	30,9 53	0,8 145	1,2 8	0, 89	6,7 37	8,6 84	6, 61	223 ,87
81	16 0	24 7	37, 369	36, 168	0,0 6	0,0 7	10, 184	10, 864	0,4 96	31,2 24	0,8 149	1,2 8	0, 89	6,7 27	8,6 88	6, 60	227 ,48
82	16 0	24 7	37, 778	36, 602	0,0 6	0,0 7	10, 155	10, 833	0,5 00	31,4 90	0,8 153	1,2 8	0, 89	6,7 17	8,6 92	6, 60	231 ,08
83	16 0	24 7	38, 179	37, 030	0,0 6	0,0 6	10, 127	10, 803	0,5 05	31,7 49	0,8 156	1,2 7	0, 89	6,7 08	8,6 95	6, 60	234 ,67
84	16 0	24 7	38, 573	37, 450	0,0 6	0,0 6	10, 099	10, 773	0,5 09	32,0 04	0,8 160	1,2 7	0, 88	6,6 99	8,6 99	6, 59	238 ,25
85	16 0	24 7	38, 959	37, 864	0,0 6	0,0 6	10, 072	10, 744	0,5 13	32,2 53	0,8 163	1,2 7	0, 88	6,6 90	8,7 03	6, 59	241 ,83
86	16 0	24 7	39, 339	38, 272	0,0 6	0,0 6	10, 046	10, 715	0,5 17	32,4 98	0,8 167	1,2 7	0, 88	6,6 81	8,7 06	6, 59	245 ,40
87	15 9	24 7	39, 712	38, 674	0,0 6	0,0 6	10, 020	10, 687	0,5 20	32,7 37	0,8 170	1,2 7	0, 88	6,6 73	8,7 10	6, 58	248 ,96
88	15 9	24 7	40, 079	39, 070	0,0 6	0,0 6	9,9 95	10, 660	0,5 24	32,9 72	0,8 173	1,2 7	0, 88	6,6 64	8,7 13	6, 58	252 ,52
89	15 9	24 7	40, 440	39, 461	0,0 6	0,0 6	9,9 71	10, 633	0,5 28	33,2 03	0,8 177	1,2 7	0, 88	6,6 56	8,7 16	6, 58	256 ,07
90	15 9	24 7	40, 795	39, 846	0,0 6	0,0 6	9,9 46	10, 607	0,5 31	33,4 29	0,8 180	1,2 7	0, 88	6,6 48	8,7 20	6, 58	259 ,61
91	15 9	24 7	41, 145	40, 227	0,0 6	0,0 6	9,9 23	10, 581	0,5 35	33,6 52	0,8 183	1,2 7	0, 87	6,6 40	8,7 23	6, 57	263 ,15
92	15 9	24 7	41, 490	40, 600	0,0 6	0,0 6	9,9 00	10, 557	0,5 38	33,8 70	0,8 186	1,2 7	0, 87	6,6 32	8,7 26	6, 57	266 ,68
93	15 8	24 7	41, 830	40, 965	0,0 6	0,0 6	9,8 77	10, 533	0,5 42	34,0 85	0,8 189	1,2 7	0, 87	6,6 25	8,7 29	6, 57	270 ,20
94	15 8	24 7	42, 165	41, 319	0,0 6	0,0 6	9,8 55	10, 511	0,5 45	34,2 96	0,8 192	1,2 7	0, 87	6,6 17	8,7 33	6, 57	273 ,71
95	15 8	24 7	42, 495	41, 661	0,0 6	0,0 6	9,8 33	10, 490	0,5 48	34,5 03	0,8 195	1,2 7	0, 87	6,6 10	8,7 36	6, 56	277 ,22

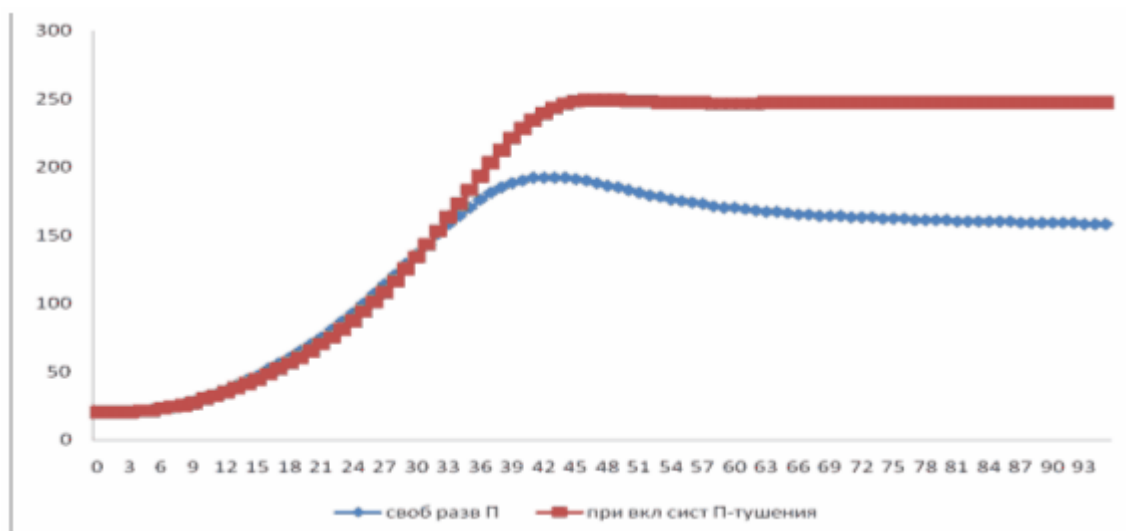


Рис.2 Изменение среднеобъемной температуры газовой среды от времени развития пожара.

Описание графика: При включенной системе пожаротушения температура газовой среды выше, чем при свободном развитии пожара. Температура увеличивается до своего максимального значения, не достигая температуры в 300 С, вскрытия окон. В течение долгого времени остается практически неизменной.

Выводы по графику: В начальный период развития пожара площадь пожара возрастает, плотность теплового потока возрастает поэтому среднеобъемная температура в помещении тоже возрастает. Затем горение распространяется на всю площадь горючей нагрузки и пожар входит в установившийся режим, температура практически не возрастает. Затем пожар переходит в режим затухания, что связано с выгоранием горючей нагрузки.

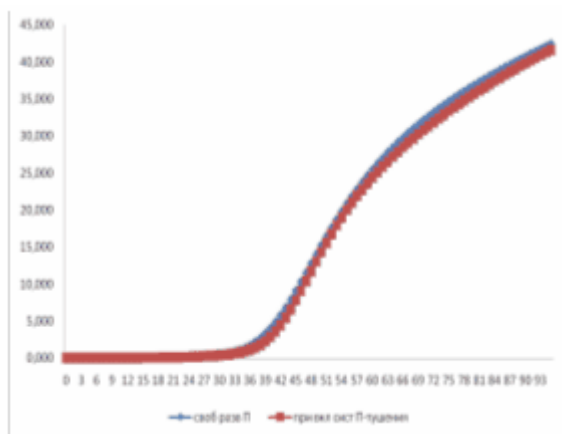


Рис.3 Изменение среднеоптической плотности дыма газовой среды от времени пожара

Описание графика: При включении системы пожаротушения оптическая плотность дыма газовой среды немного ниже, чем при свободном развитии пожара. В течении 33 минут плотность дыма не увеличилась, затем в связи с разгоранием пожара стала повышаться.

Выводы по графику: В начальный период развития пожара среднеобъемная плотность газовой среды не увеличивается, а даже уменьшается, что связано с повышением среднеобъемной температуры. При снижении среднеобъемной температуры среднеобъемная плотность газовой среды возрастает.

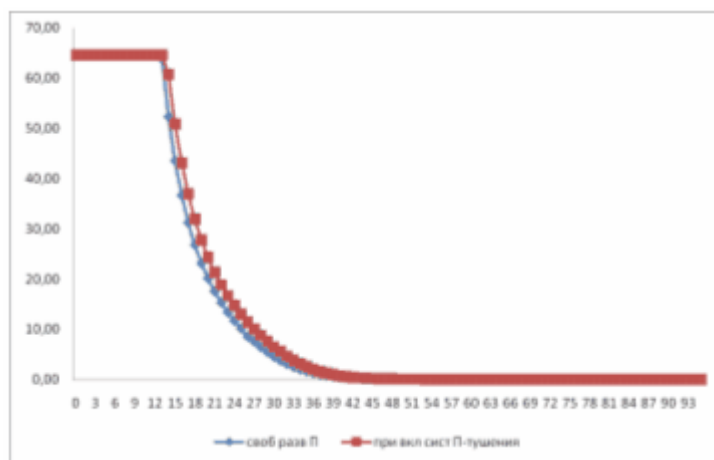


Рис.4 Изменение дальности видимости в помещении от времени развития пожара

Описание графика: Дальность видимости в помещении со временем развития пожара уменьшается. Дальность видимости оставалась неизменной на уровне 64,62 метров в течении 12 минут, затем упало до 0,06.

Выводы по графику: На данном графике мы видим, что вскрытия оконных проемов не было, т.к. температура не достигла 300С, что привело к резкому падению видимости до конца пожара, что и отражено на графике в виде плавно убывающей кривой, принимая нулевое значение после 39 минут от начала пожара и далее остается неизменной.

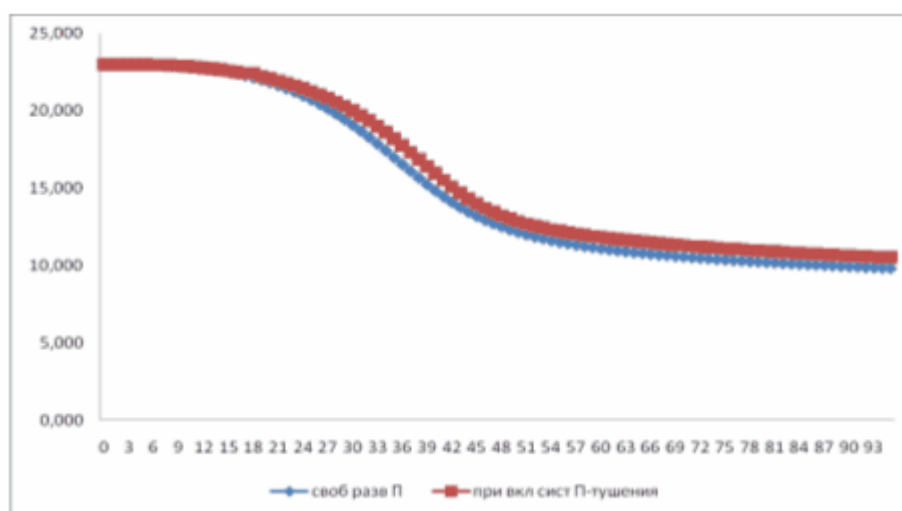


Рис.5. Изменение среднеобъемной концентрации кислорода от времени развития пожара.

Описание графика: При включении системы пожаротушения концентрация кислорода практически не отличается от концентрации при свободном развитии пожара. В связи и увеличением площади горения потребление кислорода увеличивается.

Выводы по графику: Несущественное изменение концентрации кислорода объясняется уравнением баланса, в котором одно значение сбалансирует значение другого показателя.

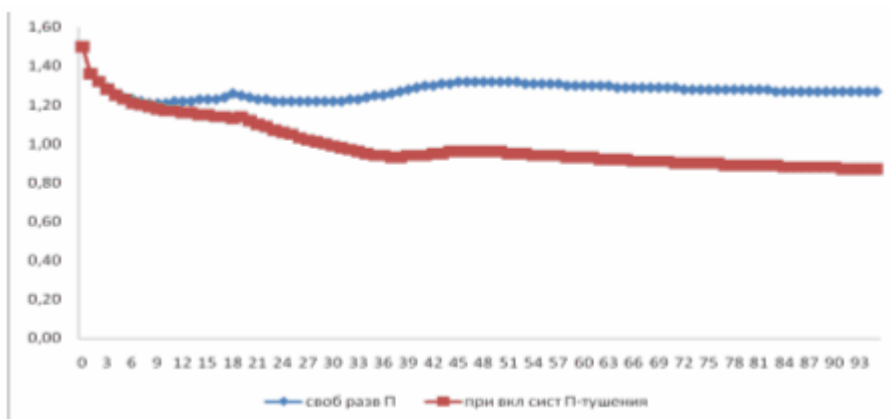


Рис.6. Изменение положения плоскости равных давлений от времени развития пожара.

Описание графика: При включении системы пожаротушения плоскость равных давлений практически не отличается от свободного развития пожара, затем она стабилизируется приблизительно на 1,29 метра с незначительными изменениями, по сравнению с незначительным убыванием уровня при свободном горении равным 0,87 метра.

Выводы по графику: В начальный период развития пожара происходит резкое увеличение плоскости равных давлений при включенной системе пожаротушения. Это связано с тем, что работает вытяжка. Последующее выравнивание говорит о том, что задымленность помещения стала высокой, но за счет системы пожаротушения плоскость выше, значит и выше уровень, на котором возможна работа пожарного.

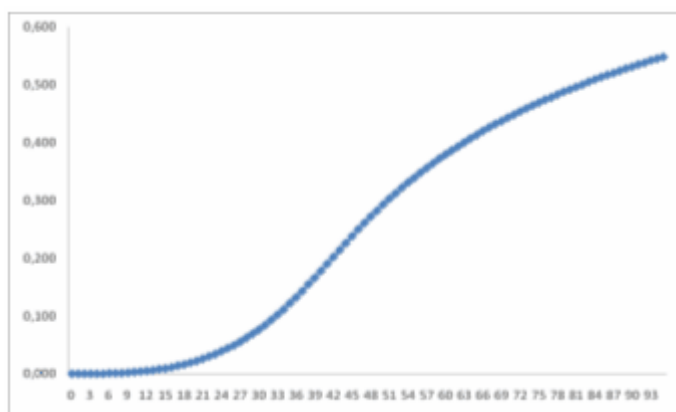


Рис.7. Изменение среднеобъемной концентрации СО от времени

развития пожара.

Описание графика: Данный график можно описать следующим образом, с течением времени огонь распространяется на новые участки, следовательно, площадь горения таким образом возрастает, таким образом увеличивается концентрация угарного газа.

Выводы по графику: Это можно объяснить тем, что при пожаре с увеличением времени горения так же увеличивается изменение среднеобъемной концентрации CO, что мы и видим на графике, в виде плавно возрастающей кривой, принимая свое максимальное значение в последние минуты пожара.

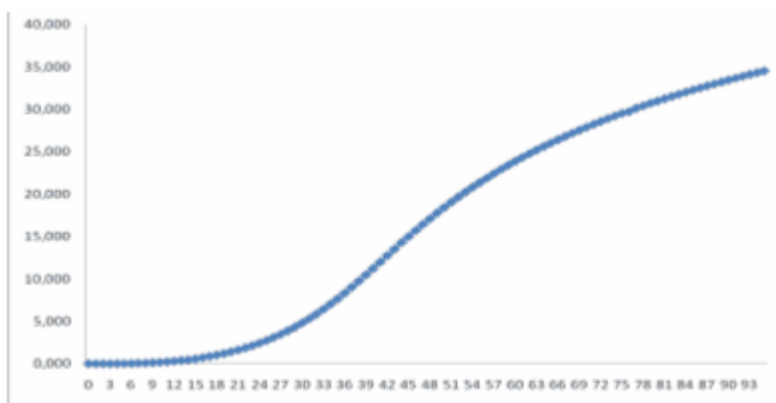


Рис.8. Изменение среднеобъемной концентрации CO₂ от времени развития пожара.

Описание графика: Данный график можно описать следующим образом, с течением времени огонь распространяется на новые участки, следовательно, площадь горения таким образом возрастает, таким образом увеличивается концентрация углекислого газа.

Выводы по графику: Это можно объяснить тем, что при пожаре с увеличением времени горения так же увеличивается изменение среднеобъемной концентрации углекислого газа, что мы и видим на графике, в виде плавно возрастающей кривой, принимая свое максимальное значение в последние минуты пожара.

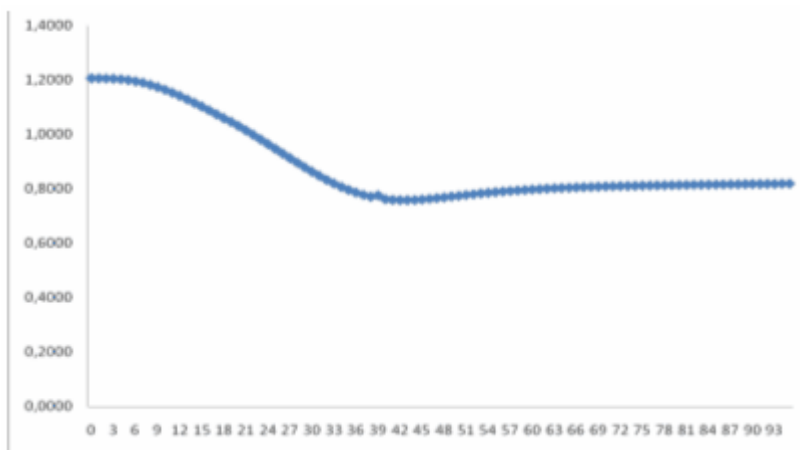


Рис.9. Изменение среднеобъемной плотности газовой среды от времени развития пожара.

Описание графика: Среднеобъемной плотность газовой среды в начальный момент времени уменьшается до $0,7591 \text{ кг/м}^3$, а затем постепенно стабилизируется.

Выводы по графику: Такое поведение графика можно объяснить зонной моделью развития пожара ,после 42 минуты развитие пожара перешло во вторую зону –зону стабилизации горения.

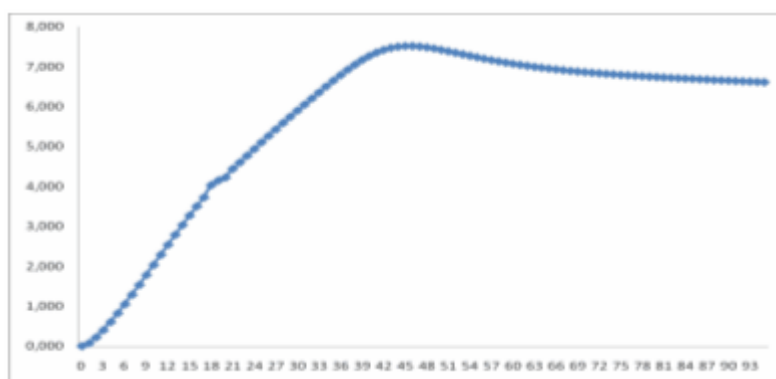


Рис.10. Изменение притока свежего воздуха в помещение от времени развития пожара.

Описание графика: Притока свежего воздуха на 46 минуте горения достигает своего максимального значения - $7,512 \text{ кг/с}$, а затем начал спадать.

Выводы по графику: Возрастающий отток нагретых газов в начале

развития пожара объясняется тем, что нагретые газы сначала накапливаются, а после 48 минуты помещение стало настолько заполненным нагретыми газами, что газы начали “делит” проемы с притоком свежего воздуха и из-за этого отток снизился.

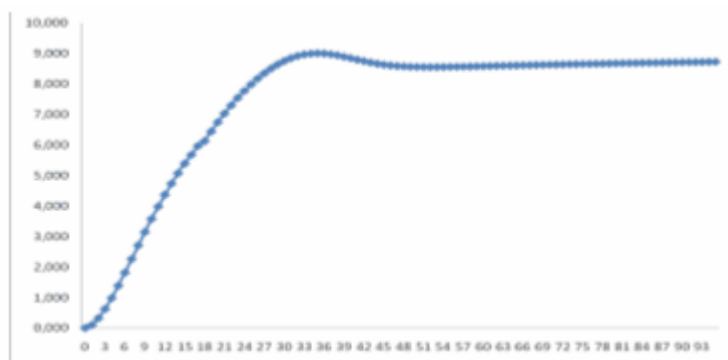
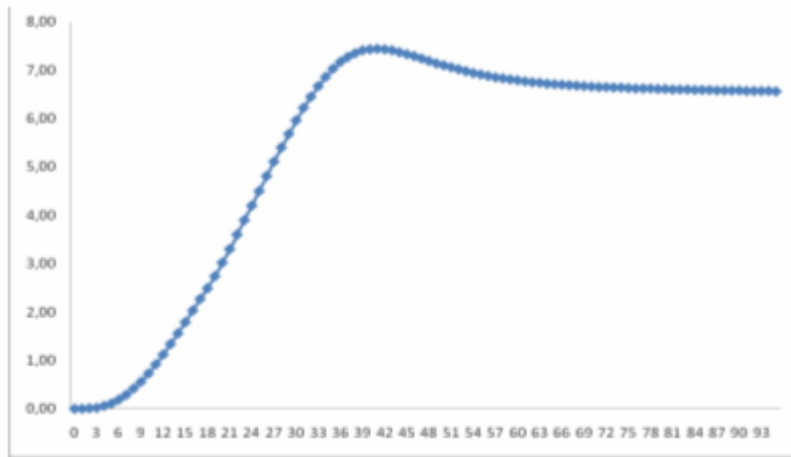


Рис.11. Изменение оттока нагретых газов из помещения от времени развития пожара.

Описание графика: Отток нагретых газов идет интенсивно до 35 минуты, затем постепенно стабилизируется, незначительно возрастая.

Выводы по графику: Возрастающий отток нагретых газов в начале развития пожара объясняется тем, что нагретые газы сначала накапливаются, а после 39 минуты помещение стало настолько заполненным нагретыми газами, что газы начали “делит” проемы с притоком свежего воздуха и из-за этого отток снизился.

Рис.12. Изменение разности давлений от времени развития пожара.



Описание графика: Разность давлений резко увеличивается до 42 минуты, затем идет стабильно, незначительно возрастая.

Выводы по графику: Возрастание разности давлений в начале развития пожара объясняется тем, что плоскость равных давлений со временем развития пожара опускается все ниже. А после 47 минуты плоскость равных давлений достигла проемов и оттоков газов, практически сравнилась с притоком свежего воздуха.

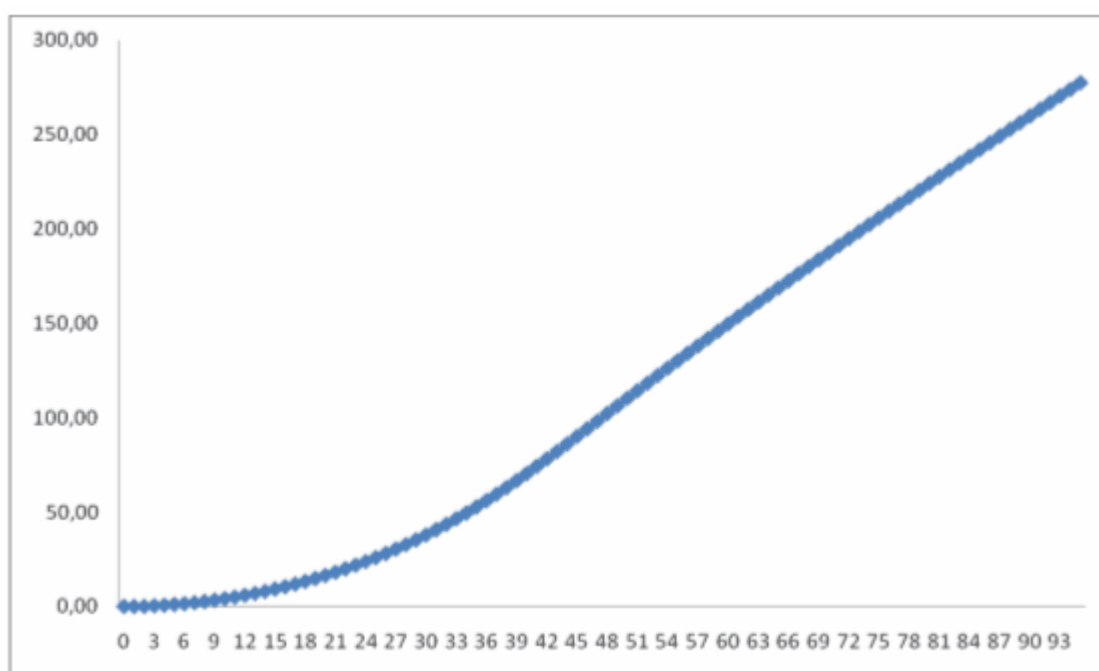


Рис.13. Изменение площади горения при пожаре от времени развития пожара.

Описание графика: Площадь пожара на всем промежутке распространения пламени возрастает.

Выводы по графику: Возрастание площади пожара объясняется тем, что пламя заполняло весь объем помещения.

Описание обстановки на пожаре в момент времени 11 мин:

В начальные моменты времени при свободном развитии пожара параметры газовой среды в помещении достигают следующих значений: $T_m = 33 \text{ }^\circ\text{C}$, $\mu = 0,024 \text{ Нп/м}$, $L_{\text{вид}} = 64,62 \text{ м}$, $X_{\text{O}_2} = 22,807\%$, концентрация угарного

газа – 0,004 %, концентрация углекислого газа – 0,231 %, $P_m = 1,1528 \text{ кг/м}^3$, $Y = 1,22 \text{ м}$, $G_B = 2,294 \text{ кг/с}$, $G_T = 3,992 \text{ кг/с}$, разность давлений $P=0,92$ и площадь горения – $4,94 \text{ м}^2$.

При наличии вытяжной вентиляции эти параметры в начальные моменты времени изменяются: $L_{\text{вид}} = 64,62 \text{ м}$, $X_{O_2} = 22,833\%$, и $Y = 1,17 \text{ м}$.

При наличии вытяжной вентиляции и подаче в помещение инертного газа обстановка на пожаре в начальные моменты времени следующая: температура газовой среды в помещении 32°C , оптическая плотность дыма $0,021 \text{ Нп/м}$.

Таким образом, расчеты показали, что с точки зрения людей, которые могут находиться в помещении при возникновении пожара, необходимо покидать помещение вследствие постепенного наступления ПДЗ.

4. Время достижения пороговых и критических значений ОФП. Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещения

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», необходимым временем эвакуации считается минимальное время достижения одним из опасных факторов пожара своего критического значения.

4.1 Необходимое время эвакуации из помещения по данным математического моделирования. Свободное развитие пожара

Таблица 2. Время достижения пороговых значений ОФП.

№ п/п	Название и величина порогового значения опасного фактора пожара	Время достижения, мин
1	Критическая температура для остекления $t=300^{\circ}\text{C}$	Не достиг
2	Пороговая температура для тепловых извещателей ИП-103-1 $t_{\text{порог}}=140^{\circ}\text{C}$	30,5
3	Максимальная среднеобъемная температура газовой среды $T_m = 192+273=501\text{ K}$	41
4	Предельная парциальная плотность двуоксида углерода для безопасной эвакуации $(\rho_{\text{mXco}_2})_{\text{пред}}=(\rho_{\text{co}_2})_{\text{пред}} = 0,11\text{ кг/м}^3$	8,5
5	Предельная парциальная плотность оксида углерода $(\rho_{\text{mXco}})_{\text{пред}}=(\rho_{\text{co}})_{\text{пред}} = 1,16*10^{-3}\text{ кг/м}^3$	8,5
6	Пороговое значение оптической плотности дыма для извещателей ДИП-3 (ИП 212-5) $\mu_{\text{пор}} = 0,11\text{ Нп/м}$	19,5
7	Предельная концентрация кислорода $X_{\text{o}_2}=14\%$	42,5
8	Критическая температура для ЭВМ $t_{\text{крит}}=160^{\circ}\text{C}$	33,5
9	Предельная температура газовой среды $t = 70^{\circ}\text{C}$	20
10	Критическая дальность видимости $l_{\text{кр}} = 20\text{ м}$	20

В данном случае минимальным временем для эвакуации из цеха деревообрабатывающего предприятия является время достижения предельно допустимых значений предельной температуры газовой среды, равное 8,5 мин.

Вывод: Для увеличения необходимого времени эвакуации из цеха деревообрабатывающего предприятия необходимо обеспечить охлаждение ограждающих конструкций и подачи воды в очаг пожара, так как введение азота, как показали расчеты математического моделирования, увеличивает температуру газовой среды в помещении, но уменьшает время развития пожара.

4.2 Расчет необходимого времени эвакуации из помещения по данным ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования

Рассчитываем необходимое время эвакуации для помещения размерам 60x24x6, пожарной нагрузкой в котором является древесина. Начальная температура в помещении -20 °С.

Исходные данные.

помещение:

свободный объем $V = 0,8 \cdot V_{ГЕОМ} = 0,8 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot H = 0,8 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 6 = 6912 \text{ м}^3$

безразмерный параметр $Z = \frac{1,7}{H} \cdot e^{\frac{1,4 \cdot 1,7}{H}} = \frac{1,7}{6} \cdot e^{\frac{1,4 \cdot 1,7}{6}} = 0,42$

температура $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

ГН

Вид горючего материала – древесина – ТГМ, $n=3$;

тепла сгорания $Q = 13,8 \text{ МДж/кг}$

удельный расход кислорода $L_{O_2} = 1,15 \text{ кг/кг}$

дымовыделение $D = 144 \text{ Нп} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$

удельный выход СО $L_{CO} = 0,024 \text{ кг/кг}$

удельный выход СО₂ $L_{CO_2} = 1,51 \text{ кг/кг}$

удельная скорость выгорания $\Psi_0 = 54 \text{ кг/м}^2\text{ч} = 54/3600 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^2\text{с};$

линейная скорость распространения пламени $\vartheta = \frac{1,9}{1000} = 1,9 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}}{\text{с}};$

полнота сгорания ГМ $\eta = 0,95$

коэффициент теплопоглощения (теплопотерь) $\phi = 0,6;$

другие параметры:

коэффициент отражения $\alpha = 0,3$;

начальная освещенность $E = 50$ Лк;

удельная изобарная теплоемкость $C_p = 1,003 \cdot 10^{-3}$ МДж/кг·К;

предельная дальность видимости $l_{пр} = 20$ м;

предельные значения концентрации токсичных газов

$$X_{CO_2} = 0,11 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Расчет вспомогательных параметров:

$$A = 1,05 \cdot \psi_0 \cdot v_{Л}^2 = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot (1,9 \cdot 10^{-3})^2 = 5,69 \cdot 10^{-8} \text{ кг/с}^3$$

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q} = \frac{353 \cdot 1,003 \cdot 10^{-3} \cdot 6912}{(1 - 0,6) \cdot 0,95 \cdot 13,8} = 466,67 \text{ кг}$$

$$\frac{B}{A} = \frac{466,67}{5,69 \cdot 10^{-8}} = 8,2 \cdot 10^9 \text{ с}^3$$

Расчет критического времени наступления предельно-допустимых значений ОФП:

1) повышенной температуре:

$$\tau_{кр}^T = \left[\frac{B}{A} \cdot \ln \left(1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right) \right]^{\frac{1}{n}} = \sqrt[3]{8,2 \cdot 10^9 \cdot \ln \left(1 + \frac{70 - 20}{(273 + 20) \cdot 0,42} \right)} = 1408,77 \text{ с}$$

2) по потере видимости

$$\tau_{кр}^T = \left[\frac{B}{A} \cdot \ln \left(1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D \cdot Z} \right) \right]^{\frac{1}{n}} = \sqrt[3]{8,2 \cdot 10^9 \cdot \ln \left(1 - \frac{6912 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 466,67 \cdot 144 \cdot 0,42} \right)} = 655,44$$

3) по пониженному содержанию кислорода

$$\tau_{кр}^{O_2} = \left[\frac{B}{A} \cdot \ln \left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right)^{-1} \right]^{\frac{1}{n}} = \sqrt[3]{8,2 \cdot 10^9 \cdot \ln \left(1 - \frac{0,044}{\left(\frac{466,67 \cdot 1,15}{6912} + 0,27 \right) \cdot 0,42} \right)^{-1}} = 1432,7$$

4) по углекислому газу CO₂

$$\tau_{кр}^{CO_2} = \left[\frac{B}{A} \cdot \ln \left(1 - \frac{V \cdot X_{CO_2}}{B \cdot L_{CO_2} \cdot Z} \right)^{-1} \right]^{\frac{1}{n}} = \sqrt[3]{8,2 \cdot 10^9 \cdot \ln \left(1 - \frac{6912 \cdot 0,11}{466,67 \cdot 1,51 \cdot 0,42} \right)^{-1}} ;$$

под знаком логарифма получается отрицательное число → данный фактор не представляет опасности;

5) по угарному газу CO:

$$\tau_{кр}^{CO} = \left[\frac{B}{A} \cdot \ln \left(1 - \frac{V \cdot X_{CO}}{B \cdot L_{CO} \cdot Z} \right)^{-1} \right]^{\frac{1}{n}} = \sqrt[3]{8,2 \cdot 10^9 \cdot \ln \left(1 - \frac{6912 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{466,67 \cdot 0,024 \cdot 0,42} \right)^{-1}} ;$$

под знаком логарифма получается отрицательное число → данный фактор не представляет опасности.

Критическая продолжительность пожара

$$\tau_{кр} = \min \{ \tau_{кр}^T ; \tau_{кр}^{PB} ; \tau_{кр}^{O_2} ; \tau_{кр}^{CO} ; \tau_{кр}^{CO_2} \} = \{ 1408,77 ; 655,44 ; 1432,7 \} = 655,44 \text{ с}$$

Критическая продолжительность пожара обусловлена временем наступления предельно-допустимого значения дальности видимости (менее 20 м).

Необходимое время эвакуации людей из цеха деревообрабатывающего

предприятия:

$$\tau_{HB} = \frac{0,8 \cdot \tau_{KP}}{60} = \frac{0,8 \cdot 655,44}{60} = 8,7 \text{ мин}$$

Чтобы увеличить необходимое время эвакуации людей из цеха деревообрабатывающего предприятия необходимо увеличить освещаемость цеха, с помощью, например, увеличения оконных проемов.

Вывод: различие в значениях необходимого времени эвакуации, полученных по данным математического моделирования и по расчетам по ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования обусловлено тем, что интегральная математическая модель пожара позволяет учесть потери теплоты на нагрев конструкции, освещаемость помещения, теплоемкость материалов и их отражательную способность.

5. Расчет динамики ОФП для уровня рабочей зоны. Анализ обстановки на пожаре на 11 минуте развития пожара

Уровень рабочей зоны, согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования», принимается равным 1,7 м.

Связь между локальными и среднеобъемными значениями ОФП по высоте помещения имеет следующий вид:

$$(ОФП_{\text{л}} - ОФП_0) = (ОФП_{\text{м}} - ОФП_0)Z,$$

где ОФП_л – локальные значения ОФП,

ОФП₀ – начальное значение ОФП,

ОФП_м – среднеобъемное значение ОФП,

Z – безразмерный параметр,

$$z = 1,7/H \cdot e^{\frac{1+1,7}{H}} = 1,7/6 \cdot e^{\frac{1+1,7}{6}} = 0,42;$$

Расчеты проведены в программе Excel.

Таблица 3. Динамика развития ОФП на уровне рабочей зоны

Время τ, мин	Температура tм, С	оптич, плотн, дыма μm Нп/м	дальность видимости Lвид, м	XmO2, масс %	XmCO, масс %	XmCO2, масс %	Pm, кг/м ³	нейтральная плоскость ПРД - Y, м
1	20	0	64,62	23	0	0,0004	1,205	1,4244
2	20	0,00042	64,62	23	0	0,0017	1,205	1,4118
3	20,42	0,00042	64,62	23	0	0,0046	1,204	1,3992
4	20,84	0,00126	64,62	22,99	0	0,0088	1,203	1,3908
5	21,26	0,00168	64,62	22,99	0,0004	0,0155	1,201	1,3866
6	21,68	0,00294	64,62	22,98	0,0004	0,0248	1,198	1,3824
7	22,52	0,0042	64,62	22,97	0,0004	0,037	1,195	1,3782
8	23,36	0,00588	64,62	22,96	0,0008	0,0529	1,192	1,3782
9	24,62	0,00756	64,62	22,94	0,0013	0,0727	1,188	1,3782

10	25,46	0,01008	64,62	22,92	0,0017	0,097	1,183	1,3824
11	26,72	0,0126	64,62	22,89	0,0021	0,126	1,178	1,3824
12	28,4	0,01554	64,2924	22,87	0,0025	0,1604	1,173	1,3824

Таблица 4. Время достижения ПДЗ ОФП в помещении на уровне рабочей зоны

№ п/п	Вид ОФП	Предельно допустимое значение	Время достижения ПДЗ ОФП
1	Температура газовой среды	70 °С	Не достиг
2	Парциальная плотность O ₂	0,226 кг/м ³	Не достиг
3	Парциальная плотность СО	0,00116 кг/м ³	9,5
4	Парциальная плотность СО ₂	0,11 кг/м ³	10,5
5	Оптическая плотность дыма	0,116 Нп/м	5

Анализ обстановки на пожаре на 11 минуте развития пожара.

При свободном развитии пожара идет постепенное развитие пожара и площадь пожара достигает 4,94 м².

Температура на уровне рабочей зоны не превышает ПДЗ и равна 26,72°С

Наблюдается задымление, дальность видимости в помещении составляет

$$L_{\text{вид}} = \frac{2,38}{\mu_m} = \frac{2,38}{0,0126} = 64,22 \text{ м}$$

Концентрация кислорода 22,89% что превышает ПДЗ

$$\rho_{\text{O}_2} = \rho_m \cdot X_{\text{O}_2} = 1,178 \cdot 22,89 / 100 = 0,269 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Парциальная плотность СО и СО₂ достигают ПДЗ и равны соответственно

$$0,0021 \text{ и } 0,126\%$$

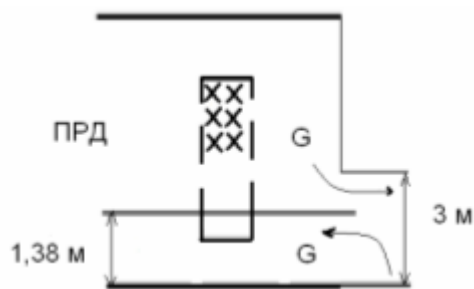


Рис.14 Схема газообмена в помещении в момент времени 11 мин

На 11 минуте газообмен протекает достаточно интенсивно, со следующими показателями: приток холодного воздуха составляет 2,294 кг/с, а отток нагретых газов из помещения 3,992 кг/с. В верхней части дверного проема идет отток задымленных нагретых газов из помещения, плоскость равных давлений опускается до уровня 1,38, что на 0,32 м ниже уровня рабочей зоны.

Вывод: исходя из анализа обстановки на пожаре на 11 минуте развития пожара, действия пожарных должны быть следующими: немедленно приступить к тушению пожара, вероятность найти живых велика из-за не превышения ПДЗ.

Общий вывод по работе

В данной курсовой работе мы использовали два наиболее распространенных метода математического моделирования динамики опасных факторов пожара: это расчет необходимого времени эвакуации из помещения по данным ГОСТ 12.1.004-91. и второй способ, это расчет необходимого времени эвакуации из помещения по данным математического моделирования, которое производится с помощью программы Intel Model. Оба способа одобрены и санкционированы соответствующими органами надзора и являются верными. Однако между ними существует незначительное расхождение в итоговых результатах, что объясняется кардинально разной методикой ведения расчетов, приближенными вычислениями, погрешностью в самих формулах и неточностью в самом методе расчета.

По сей день, пожар – это процесс неконтролируемый и мы не можем с точностью сказать, что один из этих методов расчета является более точным, чем второй.

В результате выполнения курсовой работы были закреплены и углублены знания в области математического моделирования динамики ОФП, были получены навыки пользования компьютерной программой Intel Model при исследовании пожаров. Были получены навыки в области определения наиболее опасного фактора для находящихся в помещении людей, из которых впоследствии можно делать выводы, с чего начинать пожаротушение.

Литература

1. Абросимов Ю.Г. и др. Методические указания к выполнению курсовой работы по прогнозированию опасных факторов пожара в помещении. М. 1997. – 62.
2. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. Учебное пособие. М., 2000.
3. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.
4. Кошмаров Ю.А. и др. Термогазодинамика пожаров в помещениях. – М. 1988.