

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

Направление подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность»

Магистерская программа «Управление пожарной безопасностью»

УДК 614.841.33

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование и разработка мероприятий по повышению
эффективности системы оповещения при эвакуации персонала на социальных
объектах

Студент

М.А. Федяев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

Н.Е. Данилина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультант

С.В. Грачева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель магистерской программы

к.п.н., доцент Н.Е. Данилина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н. Горина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Реферат

Отчет 98 с., 2 ч., 87 рис., 42 табл., 30 источников.

НАЧАЛЬНОЕ ВРЕМЯ ЭВАКУАЦИИ, ПОЖАР, СИСТЕМА, ОПАСНЫЙ ФАКТОР ПОЖАРА, РИСК.

Объектом исследования являются здания социального назначения.

Целью работы - изучение и улучшение способов эвакуации людей на социальных объектах путем эффективного применения современных систем оповещения эвакуации людей при пожаре.

Методом или методологией проведения работы для решения поставленных задач исследования использовался комплекс теоретических, эмпирических и математических методов, включающих в себя анализ информации, обработка статистических данных, методология проектирования и т.д.

В результате работы был предложен новый способ управления и эвакуации людей из здания при пожаре, основанный на психологическом воздействии, по средствам, реализации устройства управления и оповещения.

Достижения, которые были получены в исследовании:

Рассмотрены влияние опасных факторов пожара на человека в процессе эвакуации, поведение людей при пожаре, принципы работы системы оповещения и эвакуации людей;

Выявлены основные аспекты проблемы эвакуации;

Разработан способ решения проблемы эвакуации;

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	
1 Актуальность.....	5
2	
Задачи.....	6
3 Анализ исходных данных	
3.1 Описание воздействия опасных факторов пожара.....	7
3.2 Расчет пожарных рисков.....	9
3.3 Анализ проводимых исследований.....	79
4 Предлагаемое улучшение эвакуации при пожаре	
4.1 Автоматизация.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	96

ВВЕДЕНИЕ

Пожар в зданиях на социальных объектах – чрезвычайная ситуация, состоящая в возникновении и развитии неконтролируемого горения, при котором образуются опасные факторы пожара и создается угроза их воздействия на людей, материальные ценности здания и на окружающую среду.

В начале XXI века в мире происходило до 7 млн пожаров ежегодно, на которых погибло около 70 тыс. человек, до 1 млн человек получают травмы, а потери от пожаров и затраты на борьбу с ними достигают 1 % валового национального продукта стран мирового сообщества. В России в среднем из расчета на 1000 человек населения происходит на 40 % пожаров больше, чем в мире, а количество людей, погибших на них, в расчете на 100 тыс. чел., в 9–10 раз больше, чем в среднем по другим странам мира [1].

Исследования направленные в представленной диссертации затрагивают проблемы эвакуации людей из зданий т.к. эвакуация – не только индивидуальная потребность человека, но и приоритетное требование обеспечения безопасности людей на территории Российской Федерации для своевременной и беспрепятственной эвакуацию людей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Актуальность

Большинство людей, вынужденных эвакуироваться из здания, находятся вне помещения, где возник пожар, и не могут непосредственно наблюдать момент возгорания и развитие пожара. По данным анкетных опросов людей, переживших пожар, можно сделать вывод, что чаще всего люди узнают о пожаре из устных сообщений (35 % опрошенных), увидев пламя (21 %) или по запаху дыма (18 %), остальные – как-то иначе.

Из опросов известно, что из узнавших о пожаре 33 % опрошенных людей начинали обследовать помещение, 10 % готовились покинуть помещение, 20 % стремились предупредить других, 10 % выясняли, вызвана ли пожарная команда, 6 % пытались сами вызвать пожарную команду, 13 % пытались сами потушить пожар, 8 % ничего не предпринимали, наблюдая, что делают другие [2-6].

Исходя из опросов можно сделать вывод, что разность действий, а также обнаружения по тем или иным признакам опасных факторов пожара непосредственно людьми расходятся, поэтому вопрос своевременного обнаружения опасных факторов пожара, коллективного оповещения людей стоит на первом месте.

2 Задачи

Основными задачами являются:

1. Определить сущность проблемы, связанной с эвакуацией людей.
2. Анализ зарубежного и Российского опыта в ходе решения поставленной цели.
3. Разработка решения по сложившимся проблемам выявленных в ходе анализа и поставленных целей.

3 Анализ исходных данных

3.1 Описание воздействия опасных факторов пожара

В развитии пожара в помещении обычно выделяют три стадии:

- начальная стадия – от возникновения локального неконтролируемого очага горения до полного охвата помещения пламенем; при этом средняя температура среды в помещении имеет невысокие значения, но внутри вокруг зоны горения температура такова, что скорость тепловыделения выше скорости отвода тепла из зоны горения, что обуславливает самоускорение процесса горения;
- стадия полного развития пожара – горят все горючие вещества и материалы, находящиеся в помещении; интенсивность тепловыделения от горящих объектов достигает максимума, что приводит и к быстрому нарастанию температуры среды помещения до максимальных значений;
- стадия затухания пожара – интенсивность процесса горения в помещении снижается из-за расходования находящейся в нем массы горючих материалов или воздействия средств тушения пожара.

Однако в любом случае, как показывает уравнение «стандартного пожара» [7], температура в очаге пожара через 1,125 мин достигает значения 365 °С. Поэтому очевидно, что возможное время эвакуации людей из помещений не может превосходить продолжительности начальной стадии пожара.

В начальной стадии развития пожара опасными для человека факторами являются: пламя, высокая температура, интенсивность теплового излучения, токсичные продукты горения, дым, снижение содержания кислорода в воздухе,

поскольку при достижении определенных уровней они поражают его организм, особенно при синергическом воздействии.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых установлено, что максимальная температура, кратковременно переносимая человеком в сухой атмосфере, составляет 149 °С, во влажной атмосфере вторую степень ожога вызывало воздействие температуры 55 °С в течение 20 с и 70 °С при воздействии в течение 1 с; а плотность лучистых тепловых потоков 3500 Вт/м² вызывает практически мгновенно ожоги дыхательных путей и открытых участков кожи; концентрации токсичных веществ в воздухе приводят к летальному исходу: окиси углерода (СО) в 1,0 % за 2–3 мин, двуокиси углерода (СО₂) в 5 % за 5 мин, цианистого водорода (HCN) в 0,005 % практически мгновенно; при концентрации хлористого водорода (HCL) 0,01–0,015 % останавливается дыхание; при снижении концентрации кислорода в воздухе с 23 % до 16 % ухудшаются двигательные функции организма, и мускульная координация нарушается до такой степени, что самостоятельное движение людей становится невозможным, а снижение концентрации кислорода до 9 % приводит к смерти через 5 минут.

Совместное действие некоторых факторов усиливает их воздействие на организм человека (синергический эффект). Так, токсичность окиси углерода увеличивается при наличии дыма, влажности среды, снижении концентрации кислорода и повышении температуры. Синергический эффект обнаруживается и при совместном действии двуокиси азота и понижении концентрации кислорода при повышенной температуре, а также при совместном воздействии цианистого водорода и окиси углерода.

Особое воздействие на людей оказывает дым. Дым представляет собой смесь несгоревших частиц углерода с размерами частиц от 0,05 до 5,0 мкм. На этих частицах конденсируются токсичные газы. Поэтому воздействие дыма на человека также имеет, опасный эффект.

3.2 Расчет пожарных рисков

Для дальнейшего предметного изучения и для наглядности воздействия опасных факторов пожара проведем расчет пожарных рисков на выбранном социальном объекте.

3.2.1 Описание объекта

Пятиэтажное здание ГУ- Управление Пенсионного фонда Российской Федерации в Автозаводском районе г. Тольятти Самарской области, место расположения объекта защиты Российская Федерация, Самарская обл., г. Тольятти Автозаводский район, ул. 70 лет Октября д.37 Б, площадью 4335,4 м². Помещения Здание II степени огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности С0, классов функциональной пожарной опасности Ф 3.5. Наружные стены монолитные керазитобетонные, перекрытия – железобетонные монолитные, перегородки – кирпич и керазитобетон, полы бетонные, крыша – кровля металлочерепица, отопление централизованное водяное. Освещение – естественное и искусственное. Время работы заведения с 8-00 до 15-00 час. Количество людей за все время работы (данные предоставлены заказчиком) составляет 227 человек (персонал) и до 1000 человек (посетителей). Здание обеспечено подъездом по дороге с твердым покрытием со стороны ул. 70 лет Октября. Дислокация подразделений пожарной охраны городского округа до прибытия на объект не превышает 3-х километров. Внутренний противопожарный водопровод в наличии. Наружное пожаротушения

предусмотрено от внутриквартального хозяйственно-питьевого водопровода города. Конструкции, участвующие в обеспечении общей устойчивости здания, соответствуют пределу огнестойкости. Предел огнестойкости строительных конструкций внутренних стен лестничной клетки составляет не менее – R90, маршей и площадки лестниц в лестничной клетке – R60. Перекрытия междуэтажные (в том числе чердачные и над подвалами) – железобетонные плиты перекрытий третьего типа, с пределом огнестойкости не менее REI 45. Из здания предусмотрено 4 эвакуационных выхода.

Эвакуационные пути в и выходы в расчете пожарного риска приняты по фактическим размерам. В здании смонтирована автоматическая пожарная сигнализация с использованием дымовых пожарных извещателей, установленных на конструкциях межэтажного перекрытия. У выхода из здания установлены ручные пожарные извещатели (ИПР), светозвуковые оповещатели «ВЫХОД». Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) третьего типа. Здание в полном объеме обеспечено знаками пожарной безопасности. Противопожарный режим на объекте установлен соответствующими инструкциями о мерах пожарной безопасности, распоряжениями, приказами. Имеются первичные средства пожаротушения – порошковые огнетушители. Разработаны и вывешены планы эвакуации людей в случае пожара. В соответствии с методикой эффективность срабатывания систем АПС и СОУЭ – 0,8. Для ремонта и обслуживания установок пожарной сигнализации и оповещения заключен договор со специализированной организацией. В соответствии с договором не реже 1 раза в месяц производятся осмотры и планово-предупредительные ремонты оборудования систем АПС и СОУЭ. В соответствии с методикой значение параметра $K_{ап}$ (коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения), принимается равным $K_{ап} = 0,9$. По системам противодымной защиты принимаем $K_{ПДЗ}$ (коэффициент, учитывающий соответствие систем

противодымной защиты), принимается равным $K_{\text{ПДЗ}} = 0$. В соответствии с Методикой принимаем $Q_{\text{п}} = 4,00 \times 10^{-2}$ по среднестатистическому значению.

3.2.2 Формулировка математической модели развития пожара, моделирование его динамики развития

Выбор расчетной модели базируется на анализе объемно-планировочных решений объекта и особенностях сценария.

Учитывая следующие особенности:

- объект представляет собой систему помещений простой геометрической конфигурации, линейные размеры которых соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в 5 раз);
- размер источника пожара достаточен для формирования дымового слоя и при этом меньше размеров объекта;

можно использовать для моделирования зонную модель.

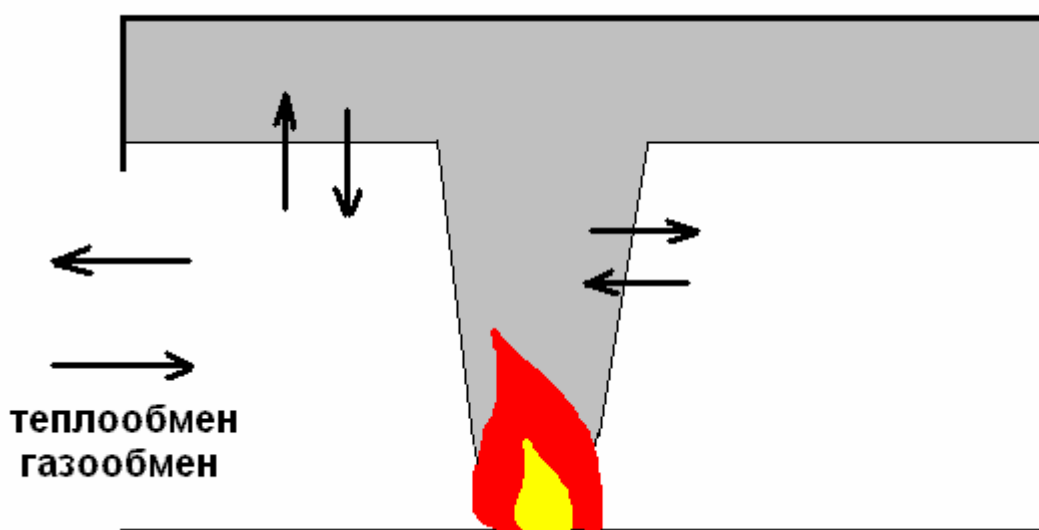


Рисунок - 3.2.2.1 – Распределение теплообмена и газообмена в помещении

Зонная модель предполагает выделение в помещении нескольких зон: дымовой слой, незадымленный слой, конвективная колонка - в которых термодинамические параметры можно считать однородными. При моделировании решается система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающих основные законы сохранения, замкнутая дополнительными экспериментальными соотношениями. Подробно математическая двухзонная модель пожара в здании описана в разделе IV Приложения 6 «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». Для расчета используется программа «СИТИС: Блок 2» на основе модуля CFAST реализующего двухзонную модель тепломассопереноса при пожарах.

3.2.3 Определение модели эвакуации людей из здания, построение расчетной схемы эвакуации и моделирование эвакуации людей

Упрощенная аналитическая модель движения людского потока (определение расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей)

Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i и шириной δ_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п.

При определении расчетного времени эвакуации людей длину и ширину каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимают по проекту, а для построенных – по фактическому положению. Длину пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряют по длине марша. Длину пути в дверном проеме принимают равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельными участками горизонтального пути, имеющими конечную длину l_i .

Расчетное время эвакуации людей t_p следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (3.2.3.1)$$

где t_1 – время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;
 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$ – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути t_1 , мин, рассчитывают по формуле:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1}, \quad (3.2.3.2)$$

где l_1 – длина первого участка пути, м;

V_1 – скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин (определяется по таблице - 1 в зависимости от плотности D).

Плотность однородного людского потока на первом участке пути D_1 рассчитывают по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1}, \quad (3.2.3.3)$$

где N_1 – число людей на первом участке, чел.;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, м²/чел., принимаемая в соответствии с пунктом 6 приложения № 5 к настоящей Методике;

δ_1 – ширина первого участка пути, м.

Скорость v_1 движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимают по таблице - 1 в зависимости от интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, которую вычисляют для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (3.2.3.4)$$

где δ_i , δ_{i-1} – ширина рассматриваемого i -го и предшествующего ему участка пути, м;

q_i , q_{i-1} – интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i -му и предшествующему участкам пути, м/мин (интенсивность движения людского потока на первом участке пути $q = q_{i-1}$ определяется по таблице -1 по значению D_1 , установленному по формуле (3)).

Если значение q_i , определяемое по формуле (5), меньше или равно q_{\max} , то время движения по участку пути t_i , мин, равно:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i}, \quad (3.2.3.5)$$

при этом значения q_{\max} , м/мин следует принимать равными:

16,5 – для горизонтальных путей;

19,6 – для дверных проемов;

16,0 – для лестницы вниз;

11,0 – для лестницы вверх.

Если значение q_i , определенное по формуле, больше q_{\max} то ширину b_i данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \leq q_{\max} . \quad (3.2.3.6)$$

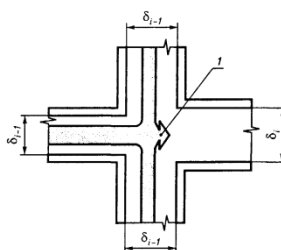
При невозможности выполнения условия интенсивность и скорость движения людского потока по участку i определяют по таблице 1 при значении $D = 0,9$ и более. При этом следует учитывать время задержки движения людей из-за образовавшегося их скопления, в соответствии с пунктом 4 приложения № 5 к настоящей Методике.

Таблица 3.2.3.1 - Интенсивность и скорость движения людского потока на разных участках путей эвакуации в зависимости от плотности

Плотность потока D , м ² /м ²	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность q , м/мин	Лест. вниз		Лест. вверх	
	Скорость V , м/мин	Интенсивность q , м/мин		Скорость V , м/мин	Интенсивность q , м/мин	Скорость V , м/мин	Интенсивность q , м/мин
0,01	100	1,0	1,0	100	1,0	60	0,6
0,05	100	5,0	5,0	100	5,0	60	3,0
0,10	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
40	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,50	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,60	28	16,3	19,05	24,5	14,1	18,5	10,75
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5

0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Примечание — интенсивность движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более равная 8,5 м/мин, установлена для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины интенсивность движения следует определять по формуле $q = 2,5 + 3,75 \cdot \delta$.



1 — начало участка i

Рисунок 2.3.2 - Слияние людских потоков

При слиянии в начале i -го участка двух и более людских потоков (см. рисунок 1) интенсивность движения q_i , м/мин, рассчитывают по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (3.2.3.7)$$

где q_{i-1} – интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале i -го участка, м/мин;

δ_{i-1} – ширина участков пути слияния, м;

δ_i – ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение q_i , определенное по формуле (7), больше q_{\max} , то ширину δ_i данного участка пути следует увеличивать на такое значение, чтобы соблюдалось условие (6). В этом случае время движения по участку i определяют по формуле.

3.2.4 Выбор сценариев для проведения расчетов.

Построение полей опасных факторов пожара и определение значение времени блокирования путей эвакуации ОФП

Для проведения данного расчета принимаем следующие сценарии:

Сценарий №1. Загорание в помещении_02 на первом этаже здания.

Сценарий №2. Загорание в помещении_07 на первом этаже здания.

Вид развития пожара принимаем – круговое по твердой горючей нагрузке. Состояние проемов принимаем открытое (за исключением дверей лестничных клеток, которые оборудованы устройствами для самозакрывания и уплотнением в притворах), первоначальную температуру в помещении 20 °С.

В соответствии с методикой, в формуле по расчету вероятности эвакуации людей (формула № 3), значимую роль играет $t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5). Так если значение $t_{ск}$ превышает 6 минут, то вероятность эвакуации людей в данном случае равна 0,000.

Таким образом, необходимо произвести расчет времени эвакуации людей из помещений, до эвакуационных выходов, для сравнения временных значений распространения по ним ОФП, а также проверить величину $t_{ск}$.

3.2.5 Построение полей опасных факторов пожара и определение значение времени блокирования путей эвакуации ОФП

Сценарий №1. Загорание в помещении на втором этаже здания. ОФП распространяются по коридорам второго этажа и в первую очередь блокируют центральную лестницу.

Сценарий_01

Исходные данные

Таблица 3.2.5.1 - Свойства сценария

Параметр	Ед. изм.	Значение
Название		Сценарий_01
Топология		Топология_01
Время моделирования	с	600
Начальная температура	°С	20
Определение ПДЗ по видимости		Автоматически
Состояние дверей		100%;0с;100%
Состояние верт. проемов		100%;0с;100%
Состояние гор. проемов		100%;0с;100%

Таблица 3.2.5.2 - Свойства поверхности горения Поверхность горения_01

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		Помещение_02
Площадь	м2	25
Типовая горючая нагрузка		Кабинет; мебель + бумага (0,75+0,25)

Продолжение таблицы 3.2.5.2

h — Коэффициент полноты горения		0,97
Q — Низшая теплота сгорания	МДж/кг	14,002
у F— Удельная массовая скорость выгорания	кг/(м ² ·с)	0,0129
v — Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,042
LO ₂ — Удельный расход кислорода	кг/кг	1,161
Dm — Дымообразующая способность горящего материала	Нп·м ² /кг	53
Макс. выход CO ₂	кг/кг	0,642
Макс. выход CO	кг/кг	0,0317
Макс. выход HCl	кг/кг	0
Критерий возгорания		Время

Таблица 3.2.5.3 - Свойства дверей и проёмов

Этаж	Объект	Расположение	Исходное состояние, %	Время изменения состояния, с.	Конечное состояние, %
Этаж_01					
	Верт_проем_01	Помещение_05	100	0	100
	Верт_проем_02	Помещение_05	100	0	100
	Верт_проем_03	Помещение_05	100	0	100
	Верт_проем_04	Помещение_02	100	0	100

Продолжение таблицы 3.2.5.3

	Верт_проем_05	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_06	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_07	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_08	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_09	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_10	Помещение_11	100	0	100
	Дверь_03	Помещение_12	100	0	100
	Дверь_04	Коридор_10	100	0	100
	Дверь_05	Коридор_02	100	0	100
	Дверь_06	Коридор_01	100	0	100
	Дверь_08	Коридор_01	100	0	100
	Дверь_09	Коридор_11	100	0	100
	Дверь_10	Помещение_02	100	0	100
	Дверь_11	Помещение_02	100	0	100
	Дверь_17	Помещение_02	100	0	100
	Дверь_18	Помещение_05	100	0	100
	Дверь_23	Помещение_06	100	0	100
	Дверь_24	Помещение_05	100	0	100
	Дверь_25	Коридор_04	100	0	100

Продолжение таблицы 3.2.5.3

	Дверь_30	Помещение_05	100	0	100
	Дверь_31	Помещение_13	100	0	100
	Дверь_40	Помещение_07	100	0	100
	Дверь_41	Помещение_09	100	0	100
	Дверь_42	Помещение_10	100	0	100
	Дверь_43	Помещение_11	100	0	100
	Дверь_44	Помещение_08	100	0	100
	Дверь_56	Коридор_07	100	0	100
	Дверь_87	Коридор_43	100	0	100

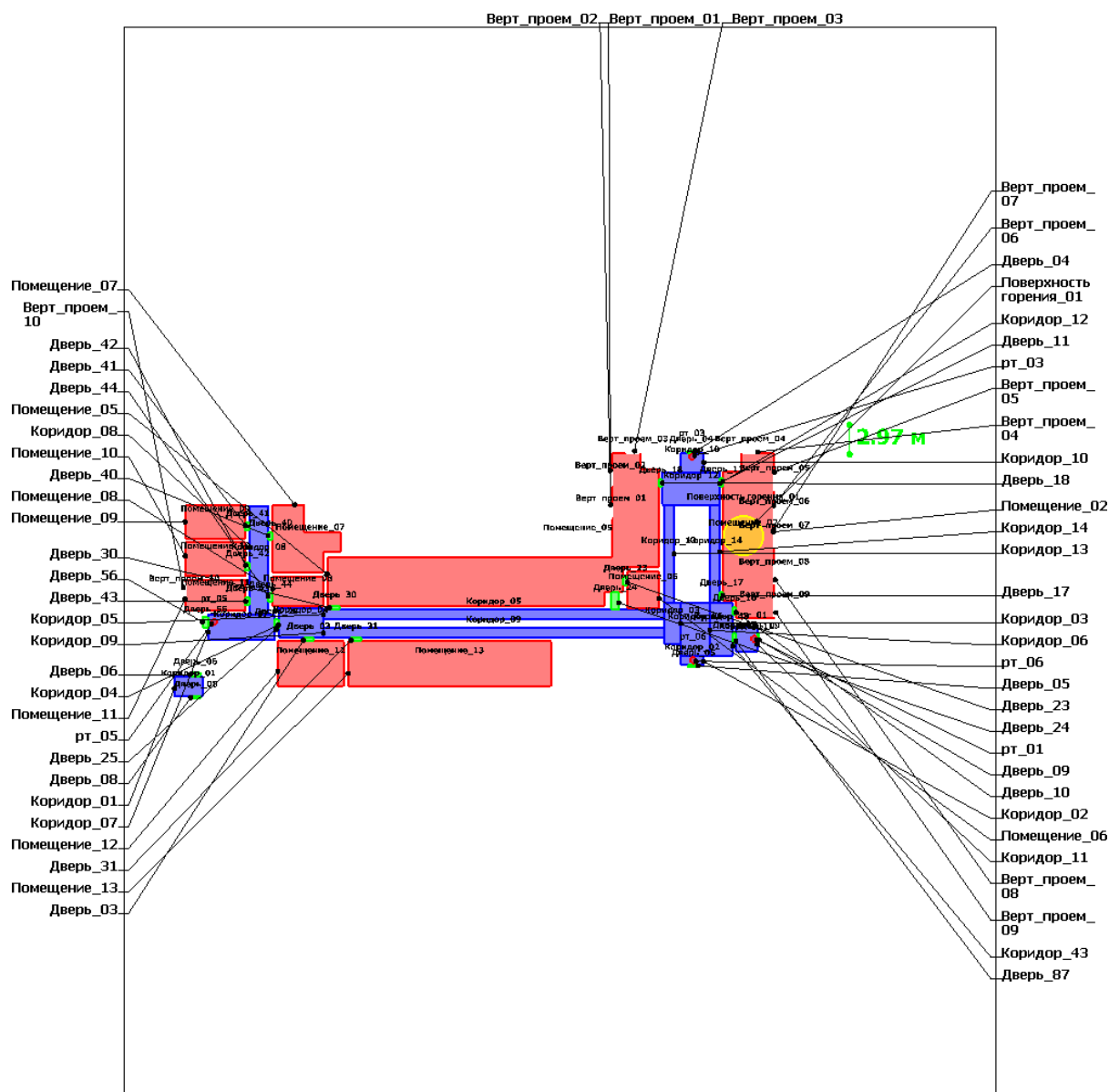


Рисунок 3.2.5.1 - Вид модели Этаж_01

Результаты расчёта

Время блокирования

Таблица 3.2.5.4 - ПДЗ ОФП

Название	T, °C	O ₂ , кг/м ³	CO ₂ , кг/м ³	CO, кг/м ³	HCl, кг/м ³	AT, Вт/м ²
Значение	70	0,226	0,11	0,00116	2,3E-5	1400

Таблица 3.2.5.5 - ПДЗ по видимости

Расчетная точка	Значение, м
рт_01	2,54
рт_03	2,33
рт_05	6,72
рт_06	2,34

Таблица – 3.2.5.6 Время блокирования

Расчетная точка	В	Т	O2	CO	CO2	HCl	AT	V
рт_01	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
рт_03	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
рт_05	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
рт_06	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600

Графики развития ОФП

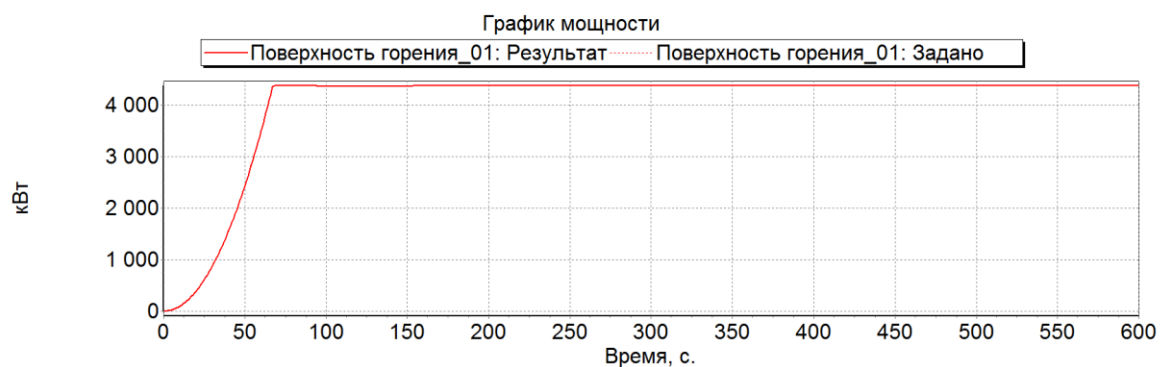


Рисунок 3.2.5.2 – График мощности рт_01

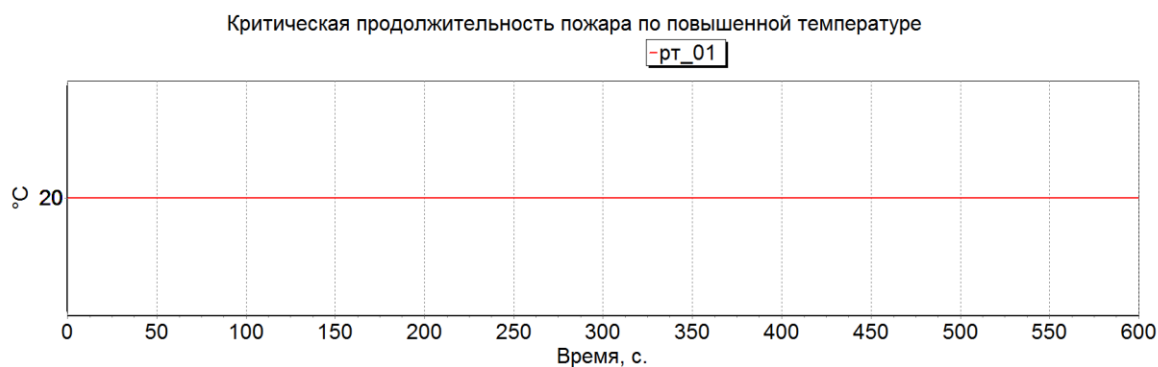


Рисунок 3.2.5.3 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре рт_01

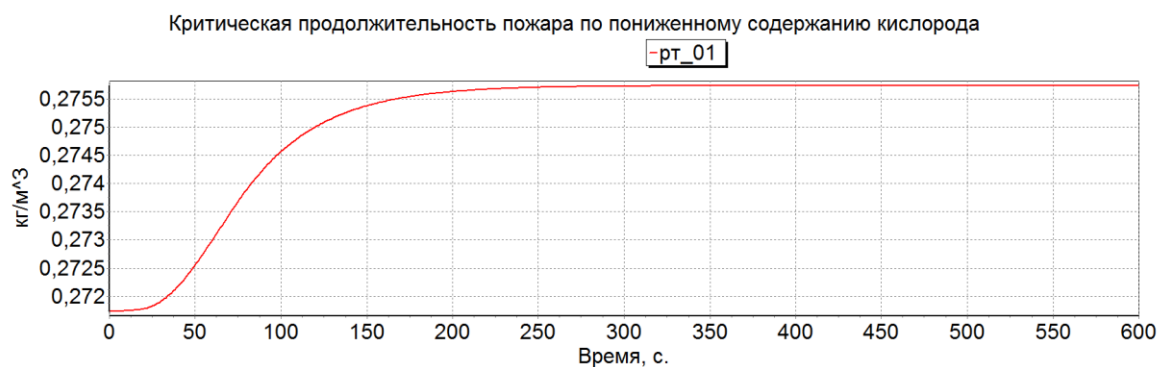


Рисунок 3.2.5.4 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода рт_01

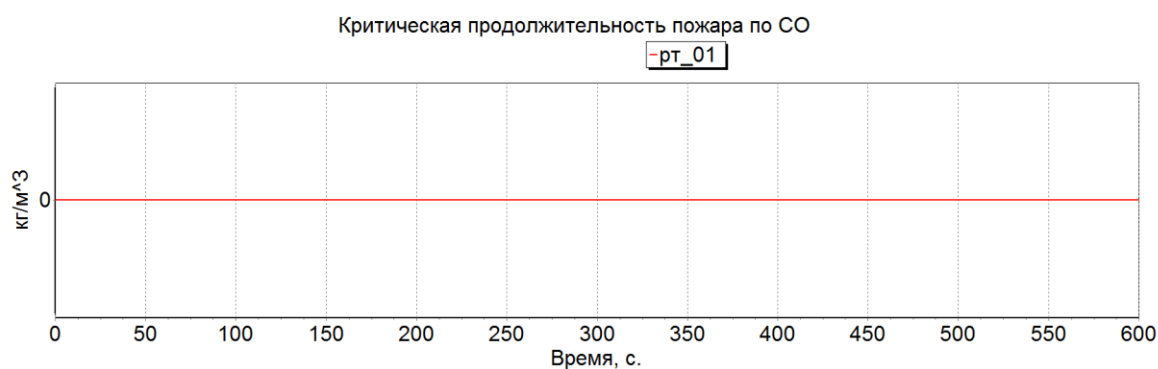


Рисунок 3.2.5.5 – Критическая продолжительность пожара по CO рт_01

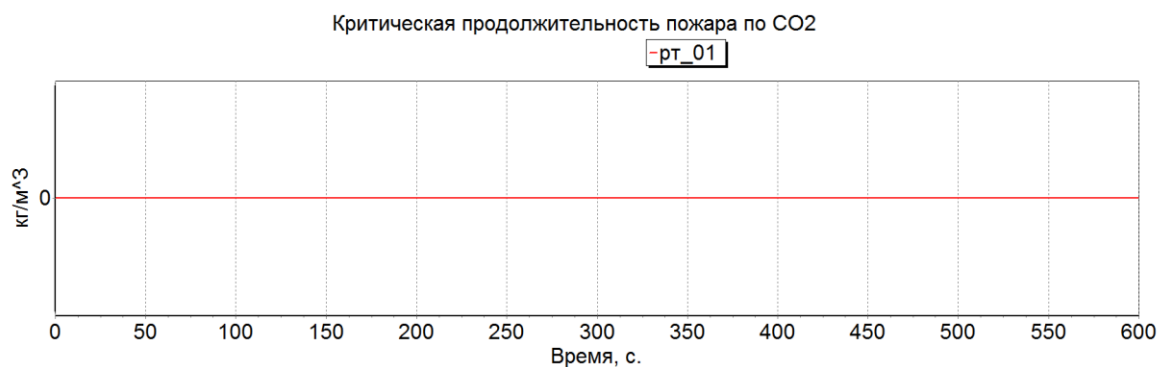


Рисунок 3.2.5.6 – Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_01

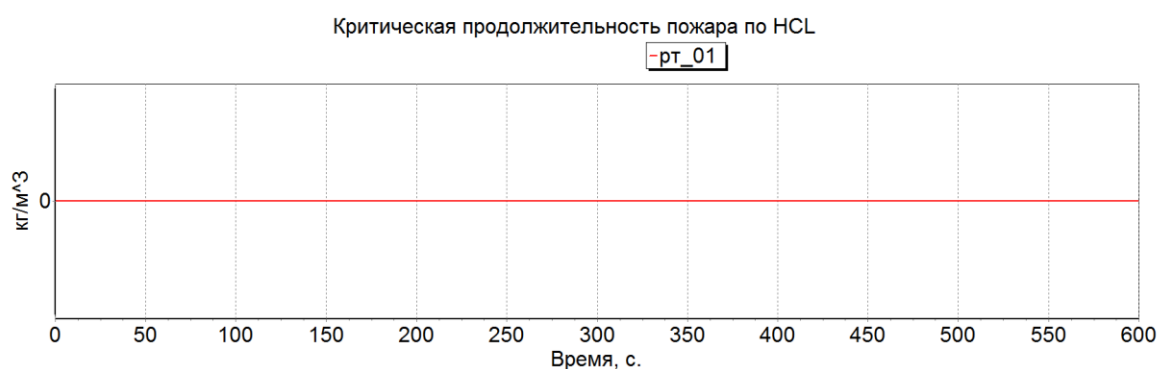


Рисунок 3.2.5.7 – Критическая продолжительность пожара по HCL рт_01

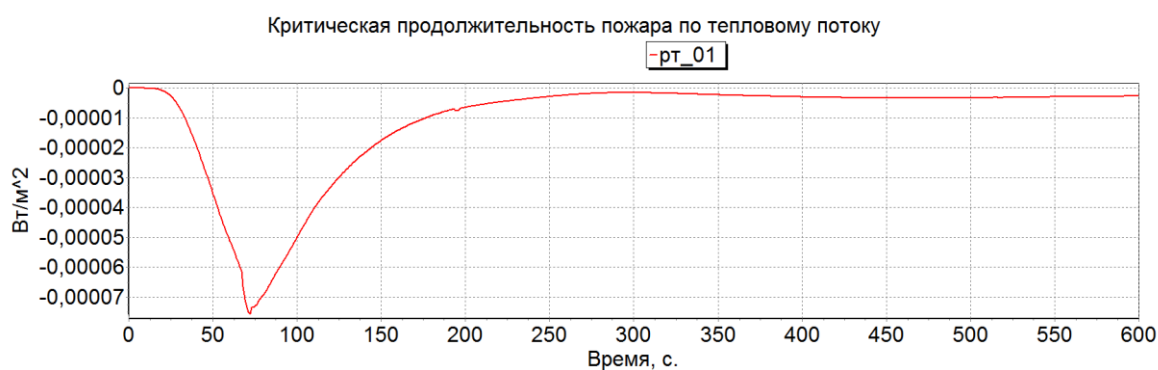


Рисунок 3.2.5.8 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку
рт_01

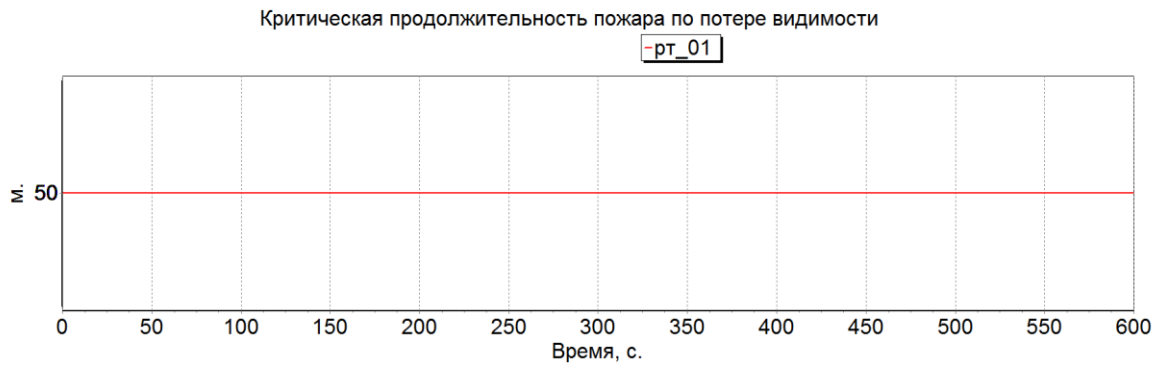


Рисунок 3.2.5.9 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости
рт_01

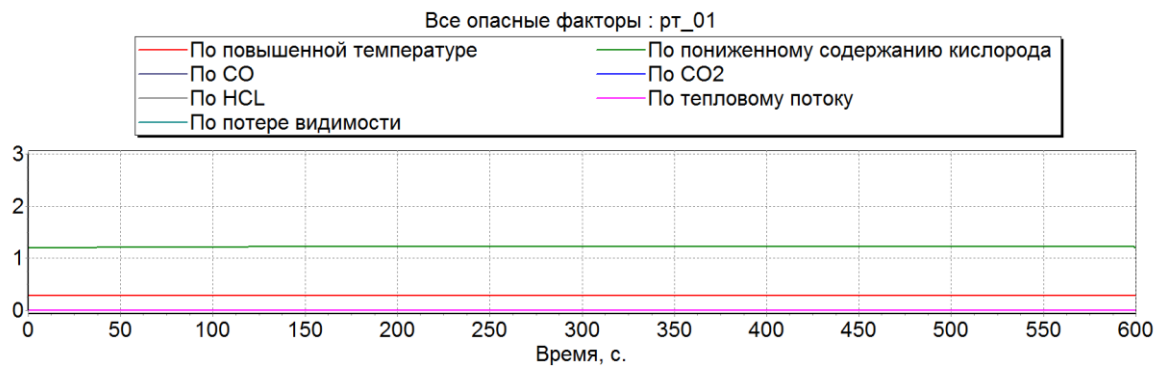


Рисунок 3.2.5.10 – Критическая продолжительность всех ОФП рт_01



Рисунок 3.2.5.11 – Критическая продолжительность пожара по повышенной
температуре рт_06

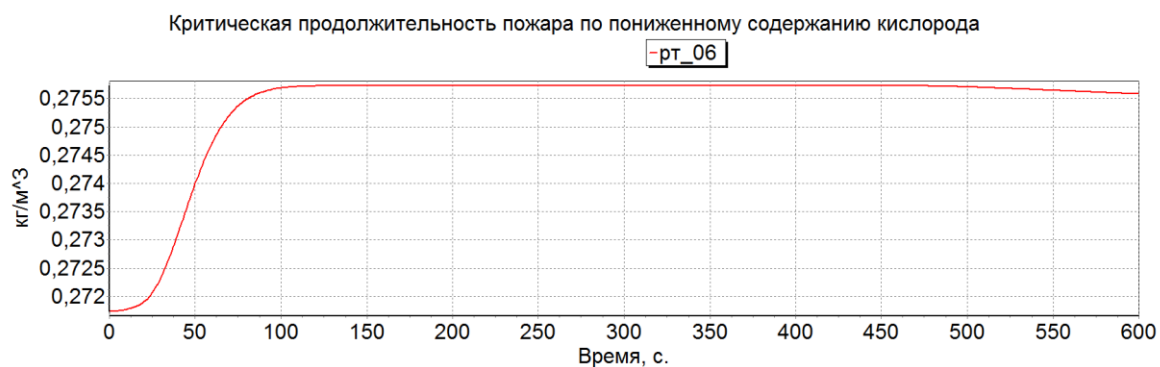


Рисунок 3.2.5.12 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода рт_06



Рисунок 3.2.5.13 – Критическая продолжительность пожара по CO рт_06



Рисунок 3.2.5.14 – Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_06

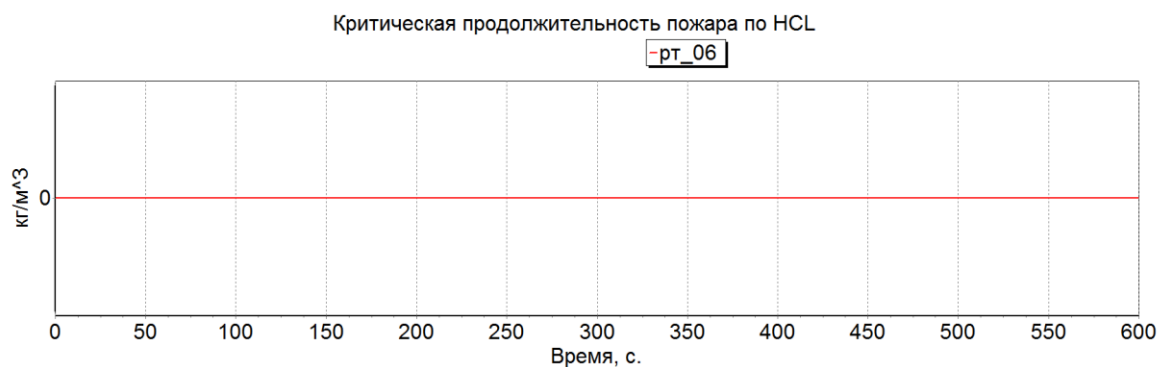


Рисунок 3.2.5.15 – Критическая продолжительность пожара по HCL pt_06

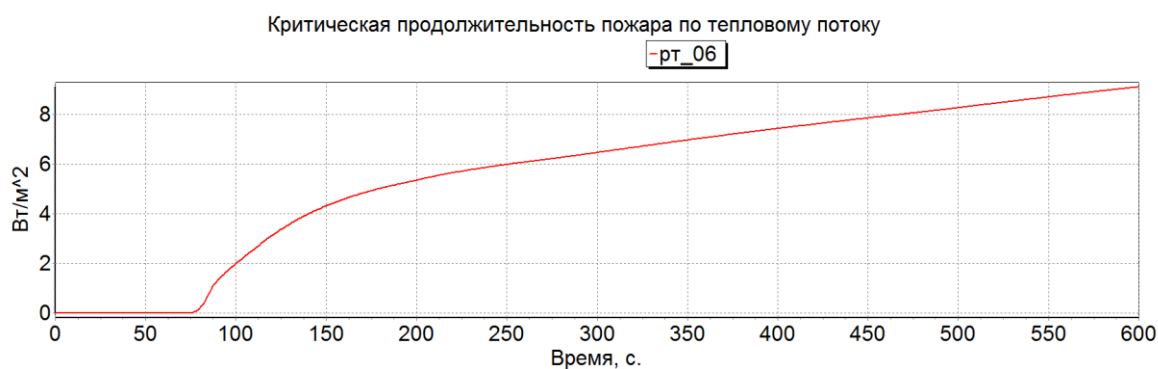


Рисунок 3.2.5.16 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку pt_06

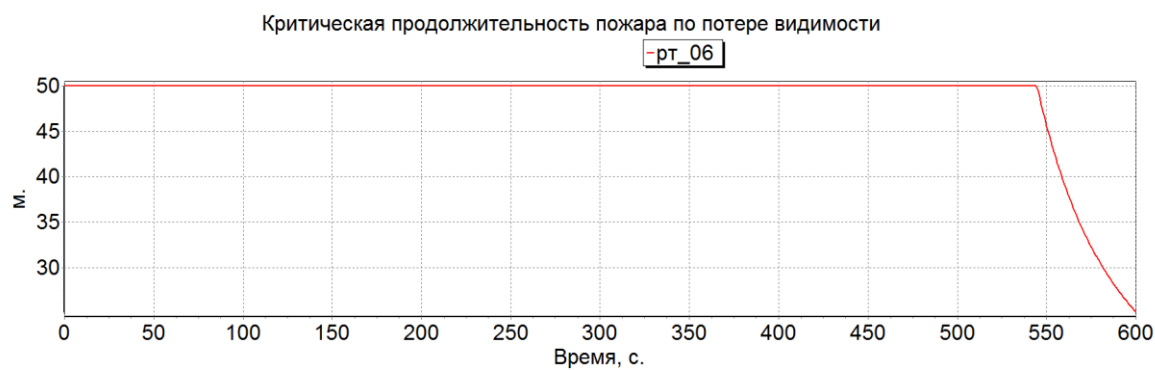


Рисунок 3.2.5.17 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости pt_06

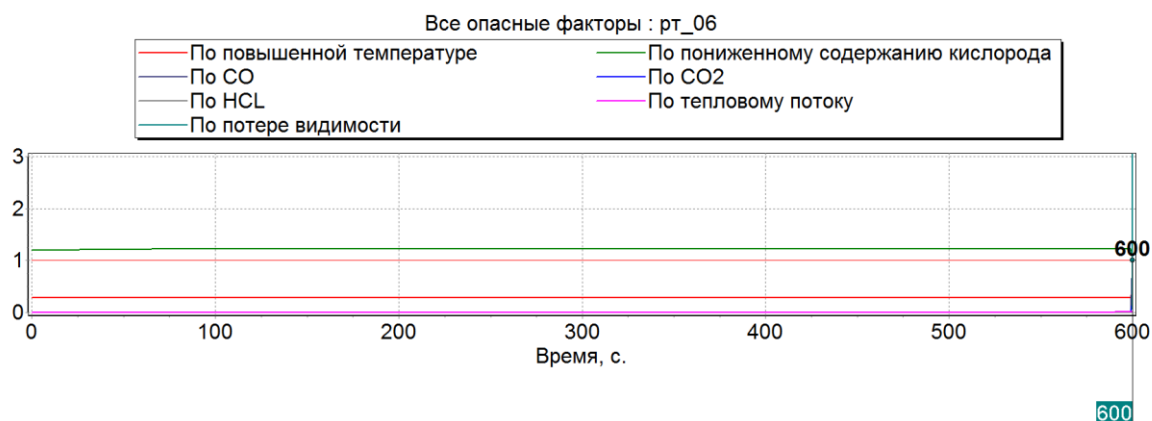


Рисунок 3.2.5.18 – Критическая продолжительность всех ОФП рт_06



Рисунок 3.2.5.19 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре рт_05

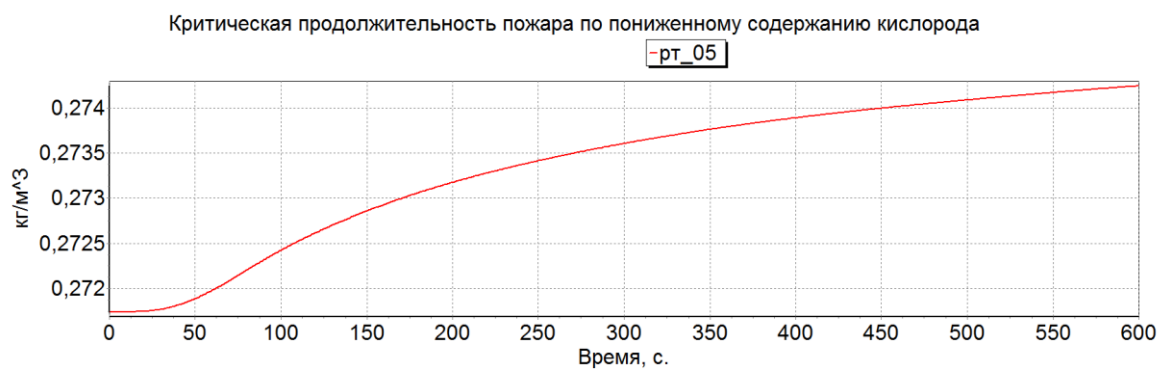


Рисунок 3.2.5.20 – Критическая продолжительность пожара по содержанию кислорода рт_05



Рисунок 3.2.5.21 – Критическая продолжительность пожара по CO рт_05



Рисунок 3.2.5.22– Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_05

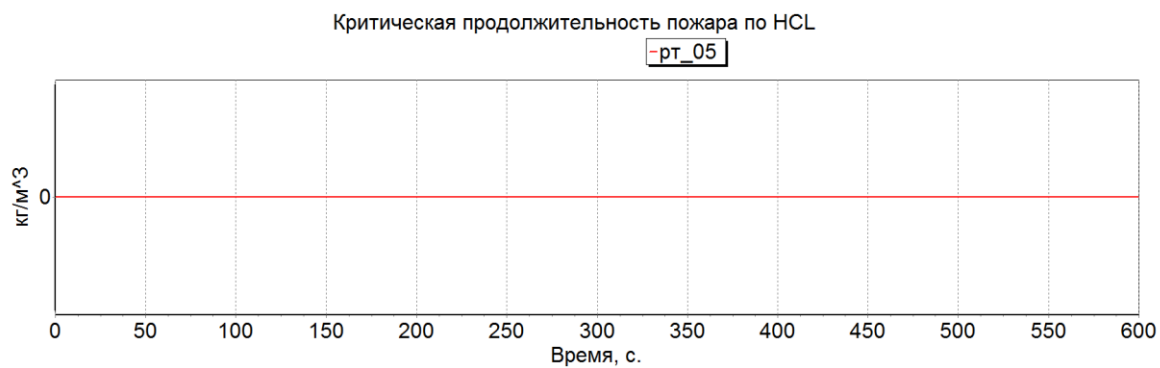


Рисунок 3.2.5.23 – Критическая продолжительность пожара по HCL рт_05

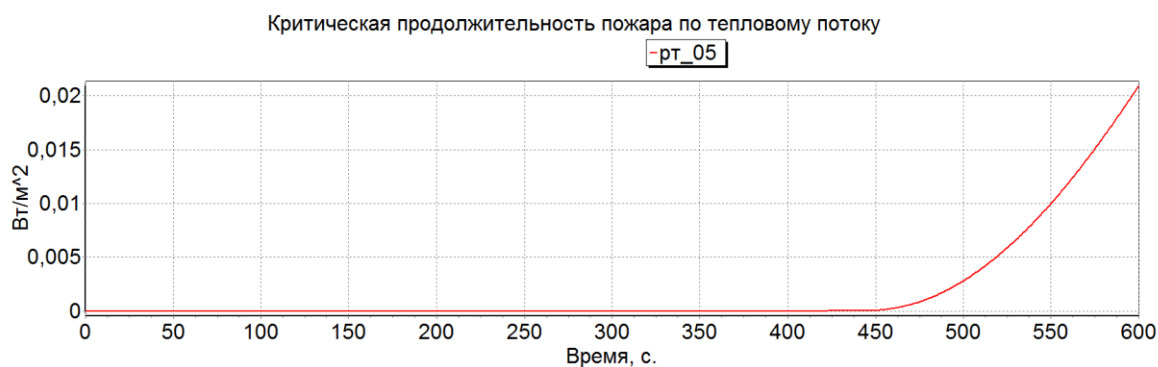


Рисунок 3.2.5.24 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку рт_05

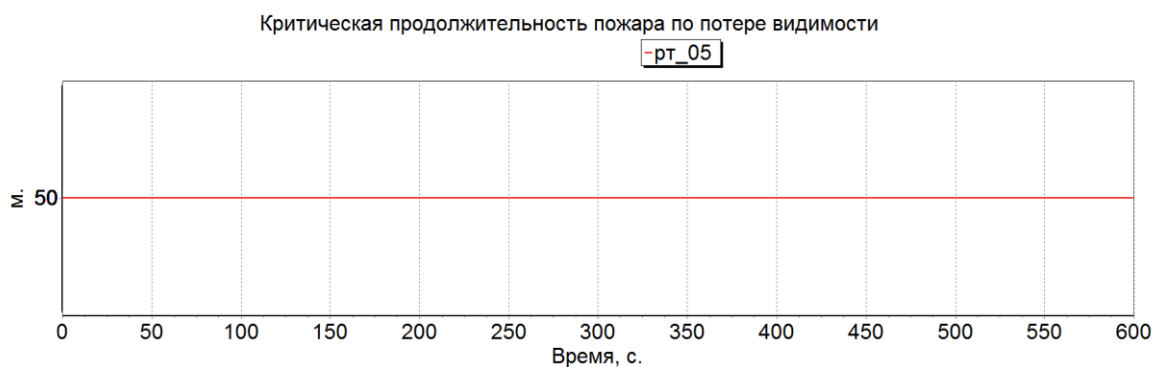


Рисунок 3.2.5.25 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости рт_05

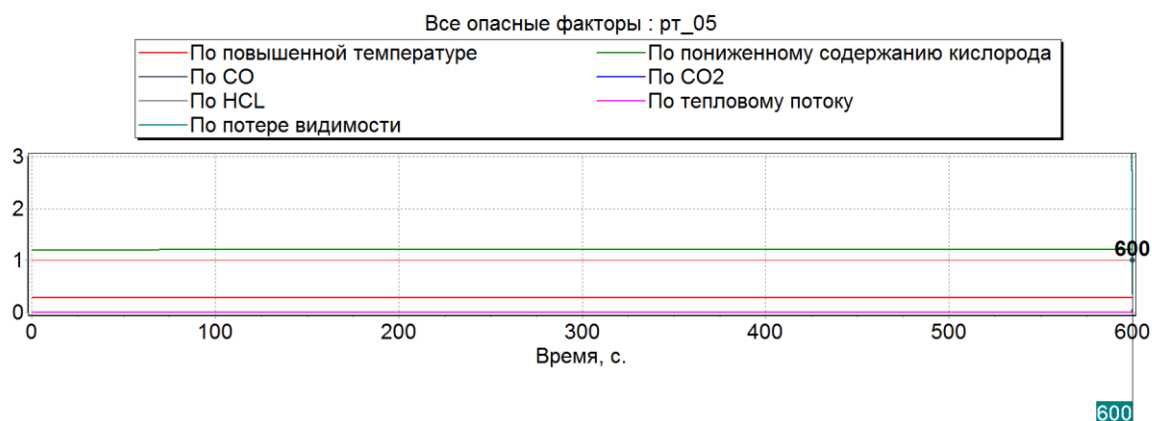


Рисунок 3.2.5.26 – Критическая продолжительность всех ОФП рт_05

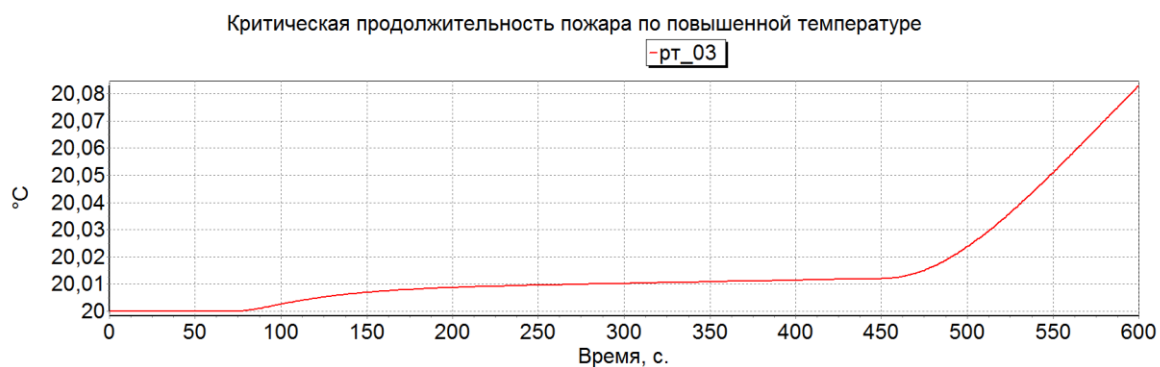


Рисунок 3.2.5.27 – Критическая продолжительность пожара по СО рт_03

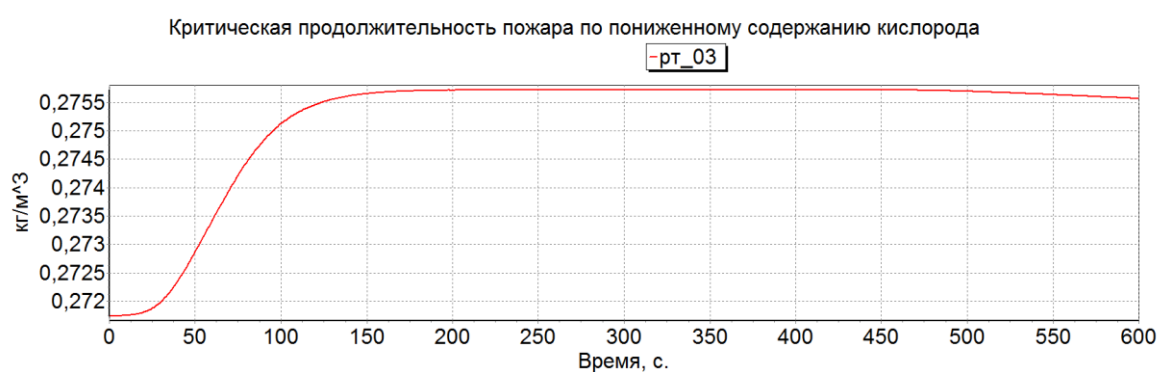


Рисунок 3.2.5.28 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода рт_03



Рисунок 3.2.5.29 – Критическая продолжительность пожара по СО рт_03



Рисунок 3.2.5.30 – Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_03

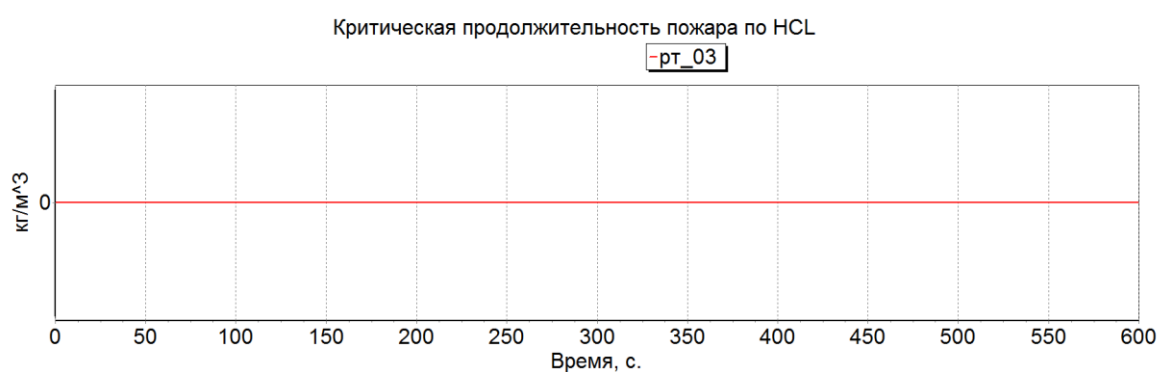


Рисунок 3.2.5.31 – Критическая продолжительность пожара по HCL рт_03

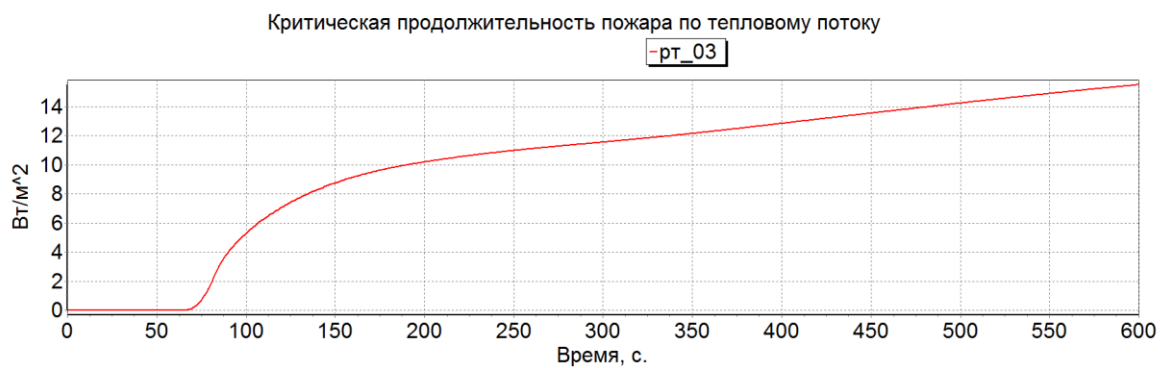


Рисунок 3.2.5.32 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку рт_03

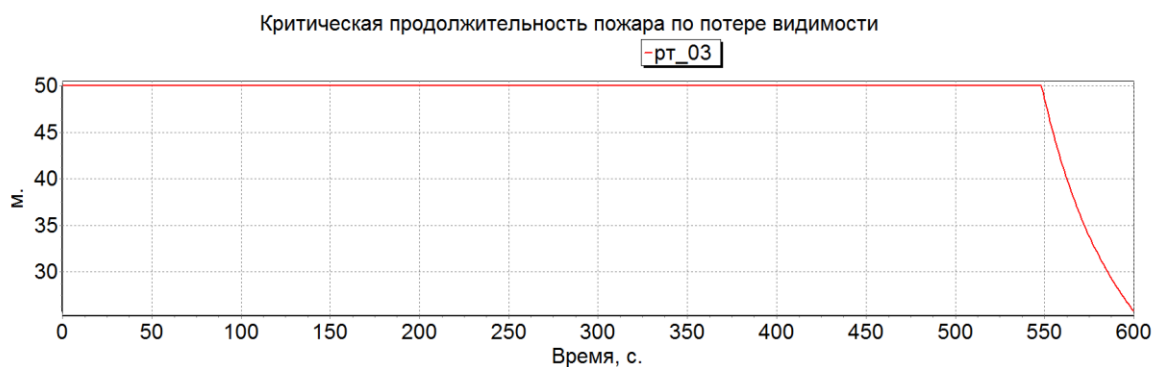


Рисунок 3.2.5.33 – Критическая продолжительность пожара по видимости
рт_03

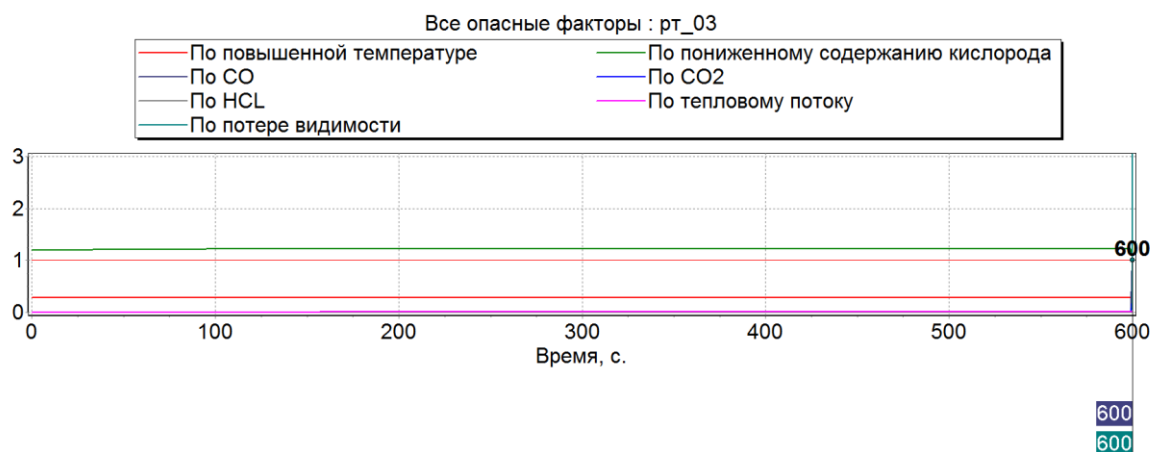


Рисунок 3.2.5.34 – Критическая продолжительность пожара всех ОФП рт_03

Сценарий_02

Исходные данные

Таблица 3.2.5.7 - Свойства сценария

Параметр	Ед. изм.	Значение
Название		Сценарий_02
Топология		Топология_01
Время моделирования	с	600
Начальная температура	°C	20
Определение видимости	ПДЗ по	Автоматически

Продолжение таблицы 3.2.5.7

Состояние дверей		100%;0с;100%
Состояние верт. проемов		100%;0с;100%
Состояние гор. проемов		100%;0с;100%

Таблица 3.2.5.8 - Свойства поверхности горения Поверхность горения_02

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		Помещение_07
Площадь	м ²	33
Типовая горючая нагрузка		Столовая, зал ресторана и т. д.
h — Коэффициент полноты горения		0,97
Q — Низшая теплота сгорания	МДж/кг	13,8
у F— Удельная массовая скорость выгорания	кг/(м ² ·с)	0,0145
v — Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0045
LO2 — Удельный расход кислорода	кг/кг	1,437
Dm — Дымообразующая способность горящего материала	Нп·м ² /кг	82
Макс. выход CO ₂	кг/кг	1,285
Макс. выход CO	кг/кг	0,0022
Макс. выход HCl	кг/кг	0,006
Критерий возгорания		Время
Величина критерия возгорания	с	0

Таблица 3.2.5.9 - Свойства дверей и проёмов

Этаж	Объект	Расположение	Исходное состояние, %	Время изменения состояния, с.	Конечное состояние, %
Этаж_01					
	Верт_проем_01	Помещение_05	100	0	100
	Верт_проем_02	Помещение_05	100	0	100
	Верт_проем_03	Помещение_05	100	0	100
	Верт_проем_04	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_05	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_06	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_07	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_08	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_09	Помещение_02	100	0	100
	Верт_проем_10	Помещение_11	100	0	100
	Верт_проем_11	Помещение_10	100	0	100
	Верт_проем_12	Помещение_09	100	0	100
	Верт_проем_13	Помещение_12	100	0	100
	Верт_проем_14	Помещение_12	100	0	100
	Дверь_03	Помещение_12	100	0	100
	Дверь_04	Коридор_10	100	0	100

Продолжение таблицы 3.2.5.9

	Дверь_05	Коридор_02	100	0	100
	Дверь_06	Коридор_01	100	0	100
	Дверь_08	Коридор_01	100	0	100
	Дверь_09	Коридор_11	100	0	100
	Дверь_10	Помещение_ 02	100	0	100
	Дверь_11	Помещение_ 02	100	0	100
	Дверь_17	Помещение_ 02	100	0	100
	Дверь_18	Помещение_ 05	100	0	100
	Дверь_23	Помещение_ 06	100	0	100
	Дверь_24	Помещение_ 05	100	0	100
	Дверь_25	Коридор_04	100	0	100
	Дверь_30	Помещение_ 05	100	0	100
	Дверь_31	Помещение_ 13	100	0	100
	Дверь_40	Помещение_ 07	100	0	100
	Дверь_41	Помещение_ 09	100	0	100
	Дверь_42	Помещение_ 10	100	0	100
	Дверь_43	Помещение_ 11	100	0	100
	Дверь_44	Помещение_ 08	100	0	100
	Дверь_56	Коридор_07	100	0	100
	Дверь_87	Коридор_43	100	0	100

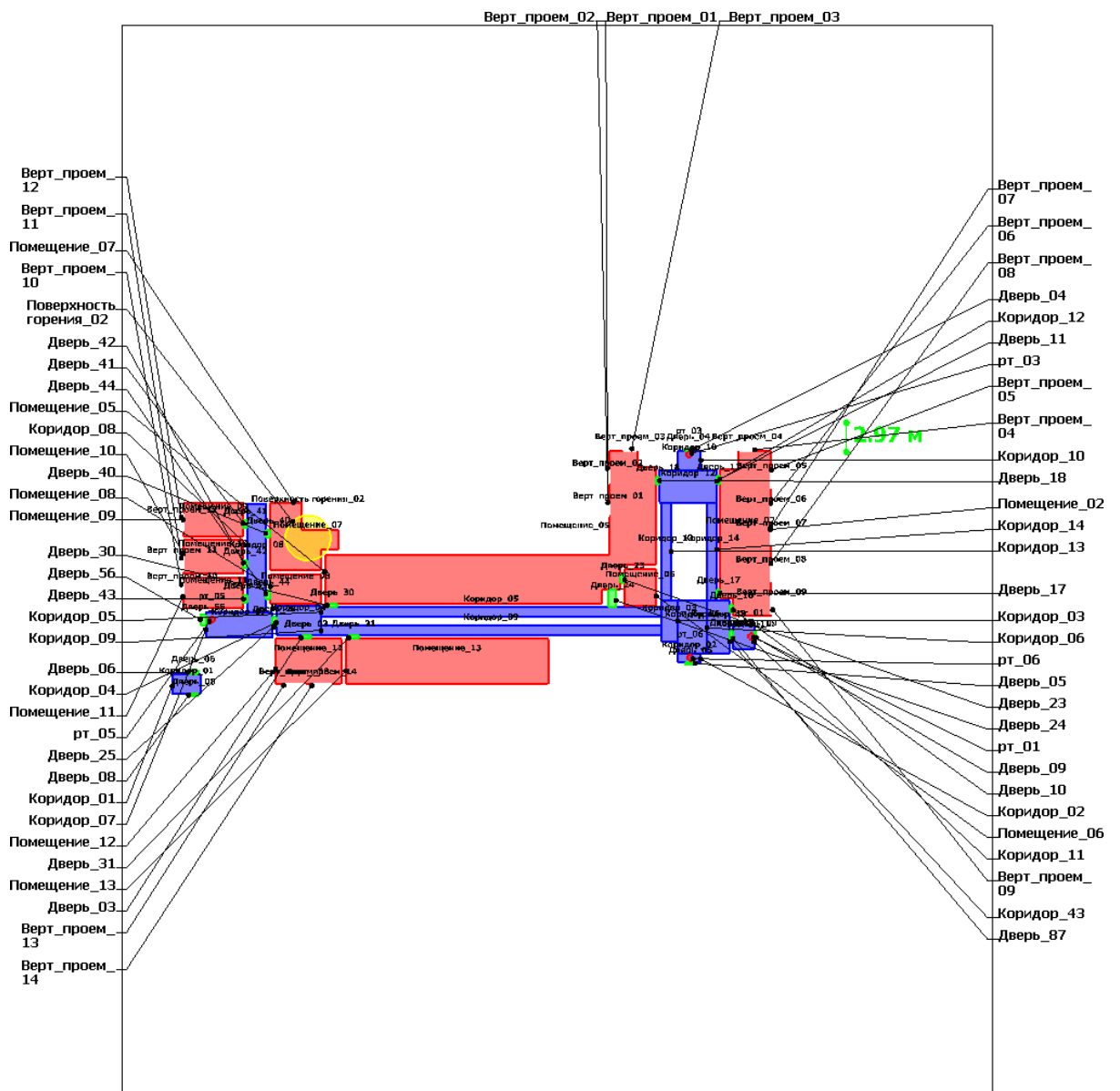


Рисунок 2.5.35 - Вид модели Этаж_01

Результаты расчёта

Время блокирования

Таблица 3.2.5.10 - ПДЗ ОФП

Название	T, °C	O ₂ , кг/м ³	CO ₂ , кг/м ³	CO, кг/м ³	HCl, кг/м ³	AT, Вт/м ²
Значение	70	0,226	0,11	0,00116	2,3E-5	1400

Таблица 3.2.5.11 - ПДЗ по видимости

Расчетная точка	Значение, м
рт_01	2,54
рт_03	2,33
рт_05	6,72
рт_06	2,34

Таблица 3.2.5.12 - Время блокирования

Расчетная точка	В	Т	O2	CO	CO2	НСl	АТ	V
рт_01	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
рт_03	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
рт_05	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600
рт_06	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600	> 600

Графики развития ОФП

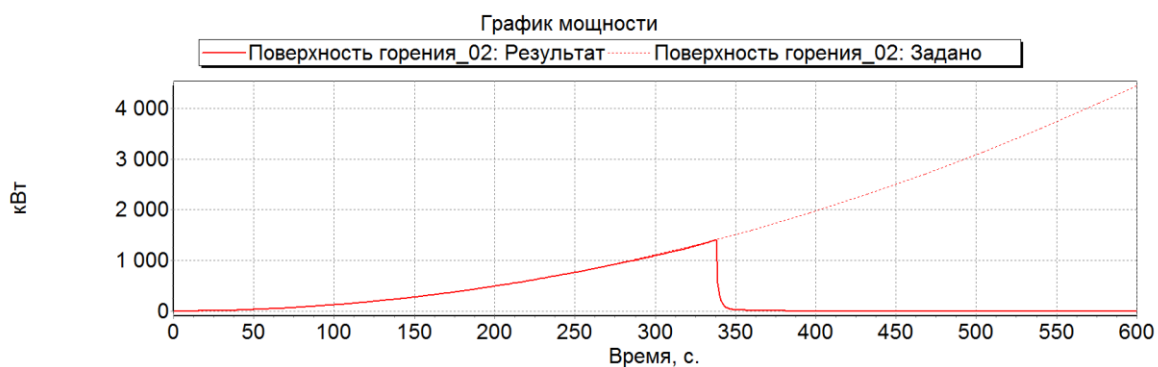


Рисунок 3.2.5.36 –График мощности поверхность горения_02

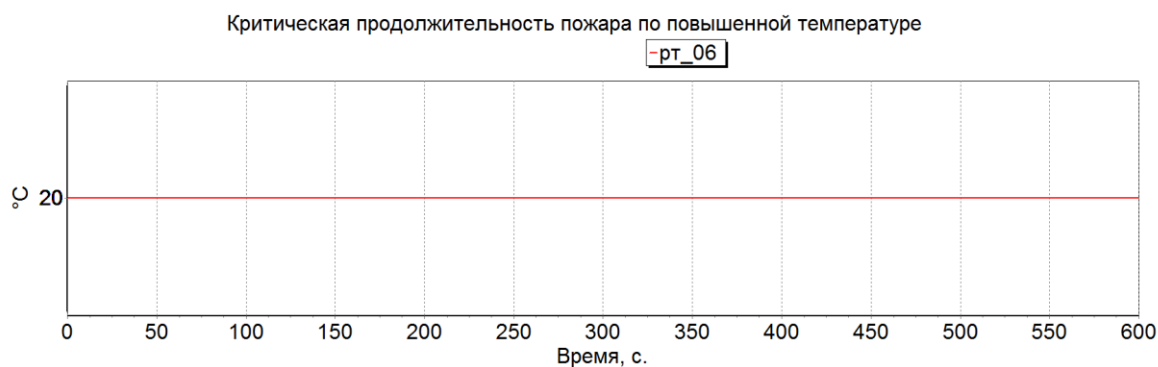


Рисунок 3.2.5.37 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре rt_06

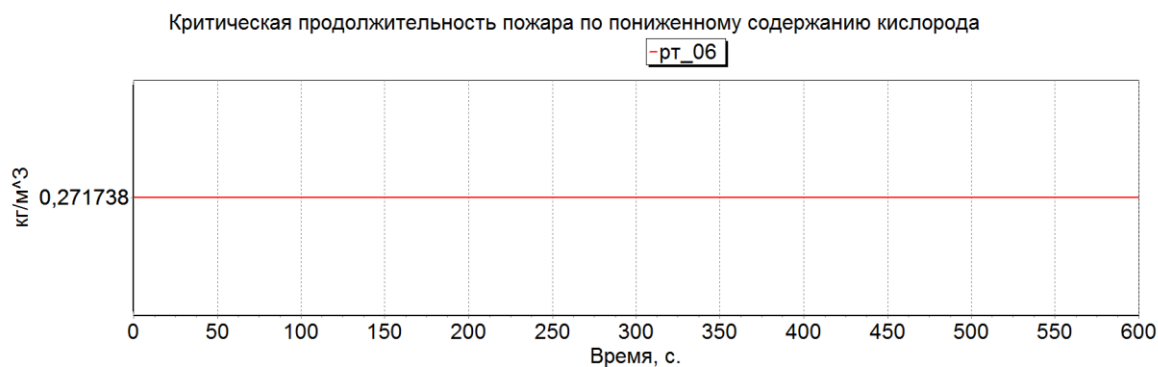


Рисунок 3.2.5.38 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода rt_06

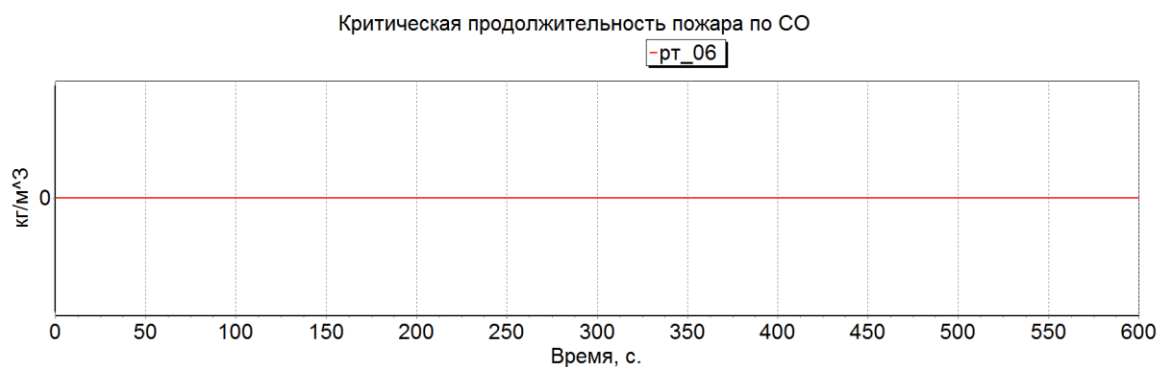


Рисунок 3.2.5.39 – Критическая продолжительность пожара по CO rt_06

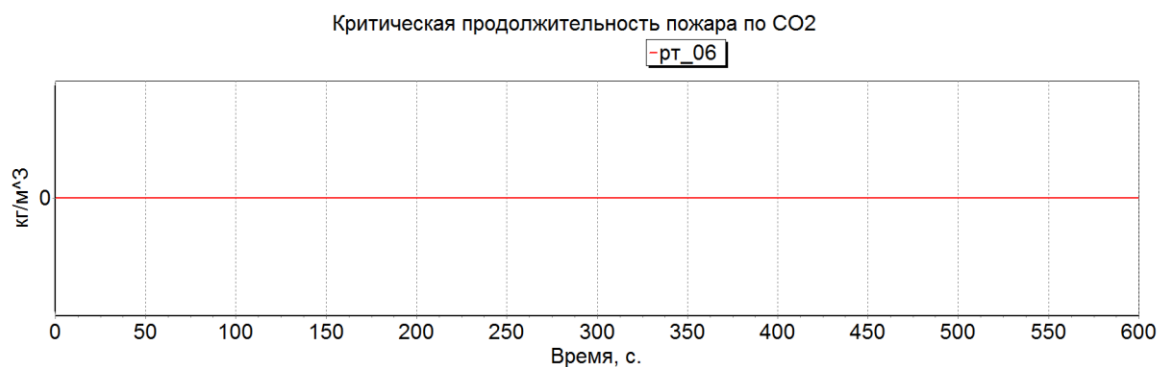


Рисунок 3.2.5.40 – Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_06

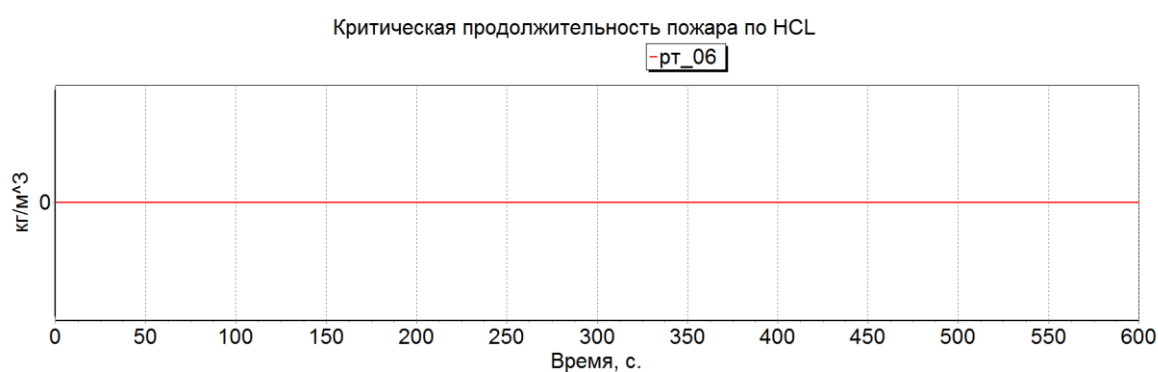


Рисунок 3.2.5.41 – Критическая продолжительность пожара по HCL рт_06



Рисунок 3.2.5.42 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку рт_06

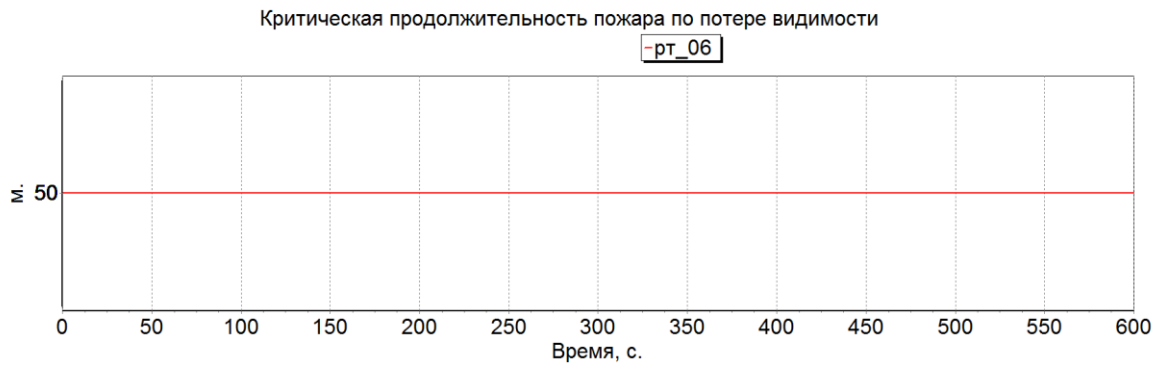


Рисунок 3.2.4.43– Критическая продолжительность пожара по потере видимости рт_06

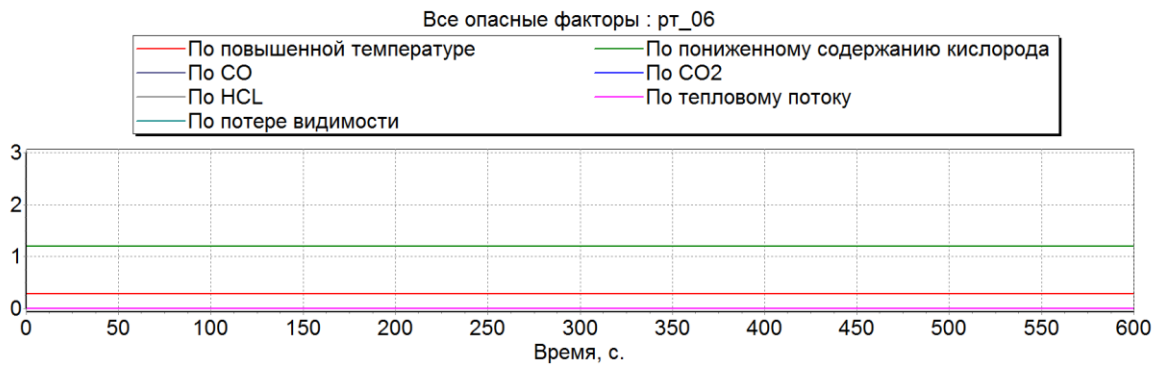


Рисунок 3.2.5.44 – Критическая продолжительность пожара всех ОФП рт_06

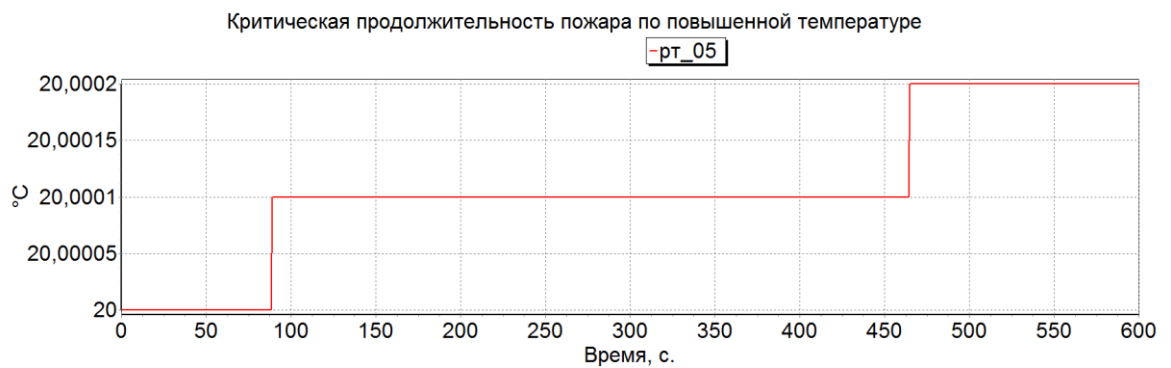


Рисунок 3.2.5.45 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре рт_05



Рисунок 3.2.5.46 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода рт_05

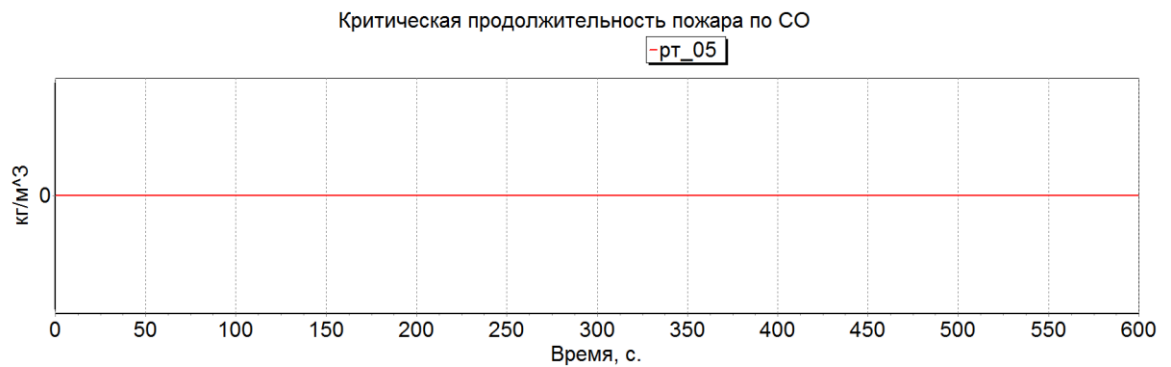


Рисунок 3.2.5.47 – Критическая продолжительность пожара по СО рт_05

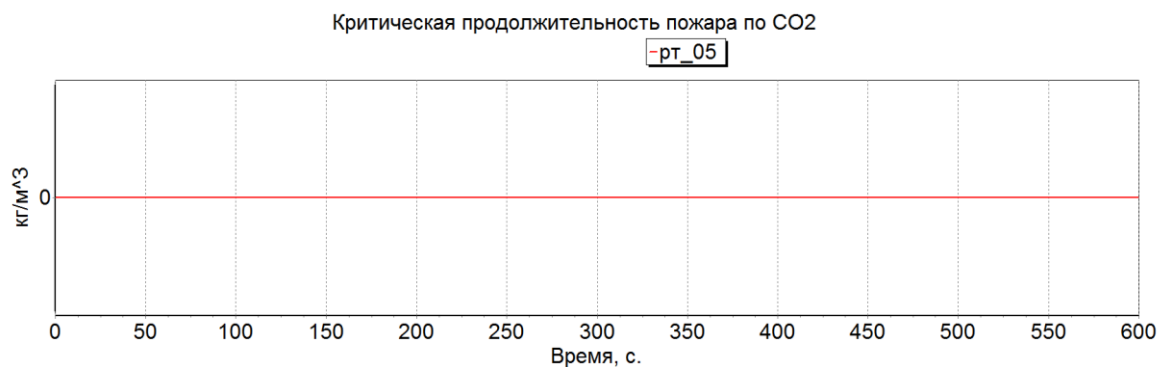


Рисунок 3.2.5.48 – Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_05

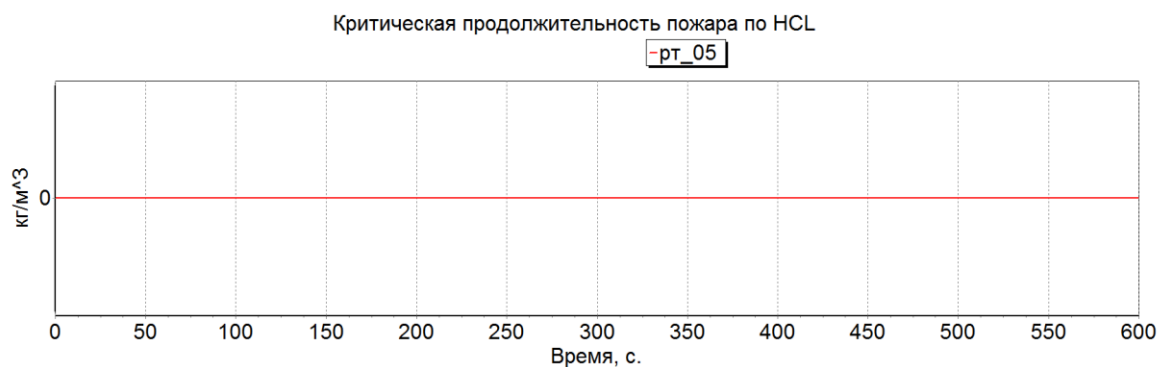


Рисунок 3.2.5.49 – Критическая продолжительность пожара по HCL рт_05

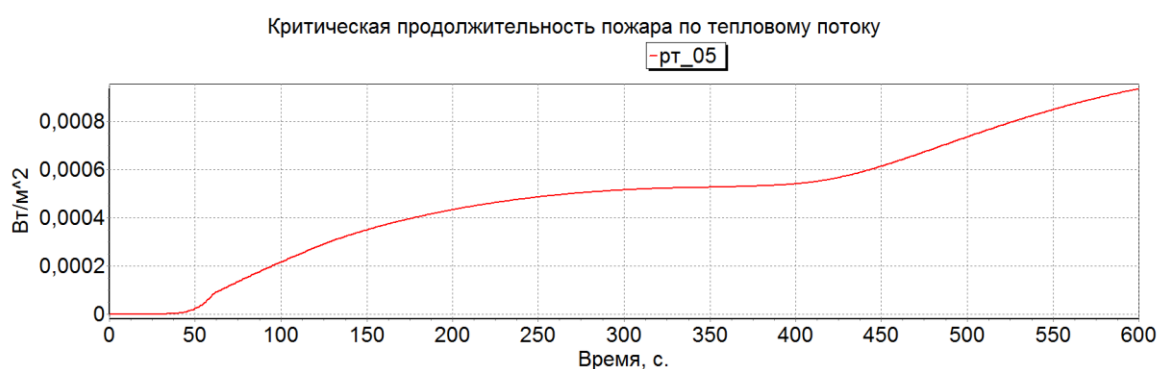


Рисунок 3.2.5.50 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку рт_05

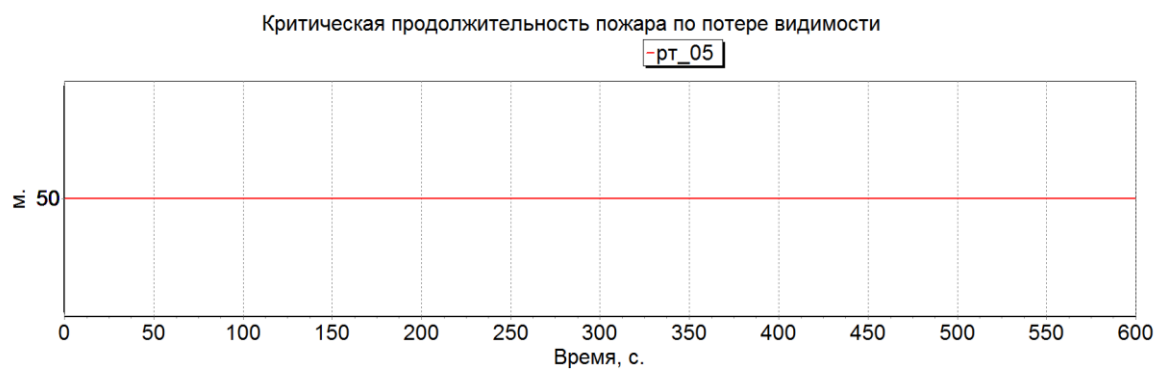


Рисунок 3.2.5.51– Критическая продолжительность пожара по потере видимости рт_05

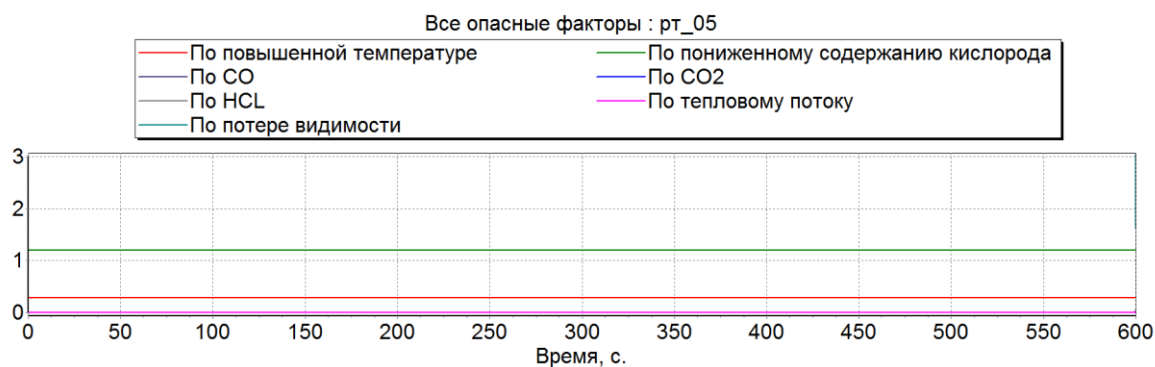


Рисунок 3.2.5.52 – Критическая продолжительность пожара всех ОФП рт_05

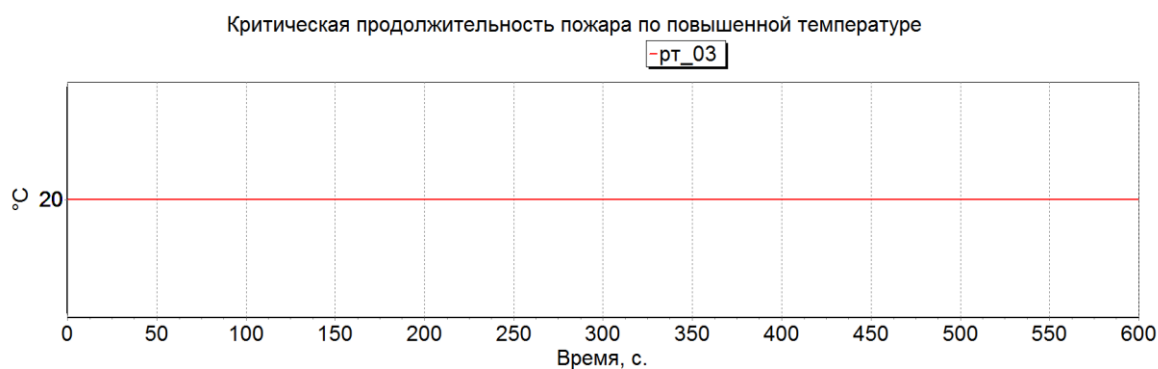


Рисунок 3.2.5.53 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре рт_03

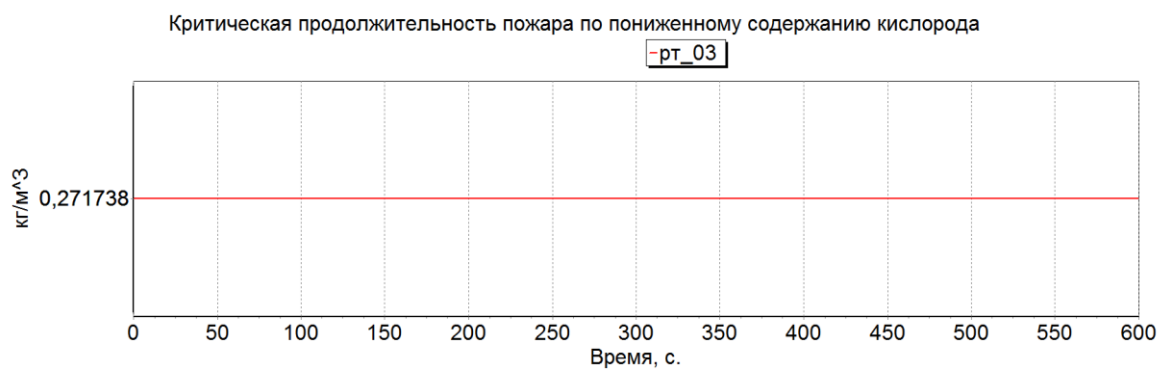


Рисунок 3.2.5.54 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода рт_03

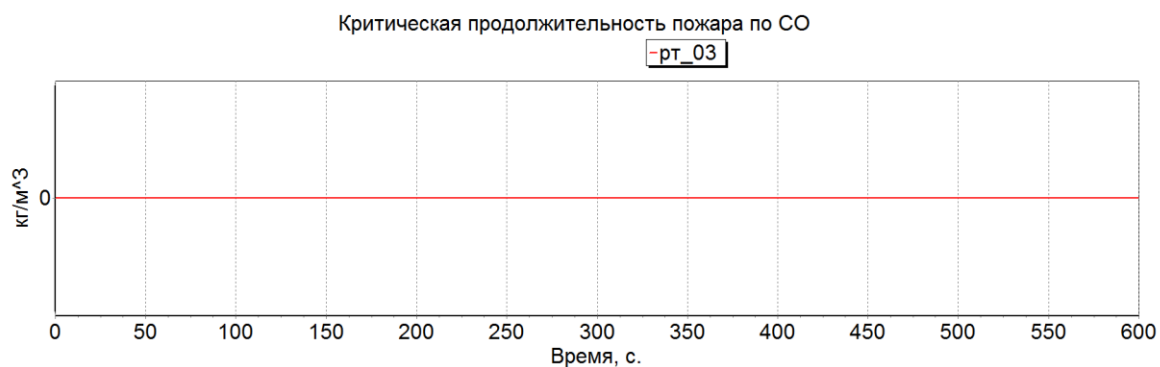


Рисунок 3.2.5.55 – Критическая продолжительность пожара по CO рт_03

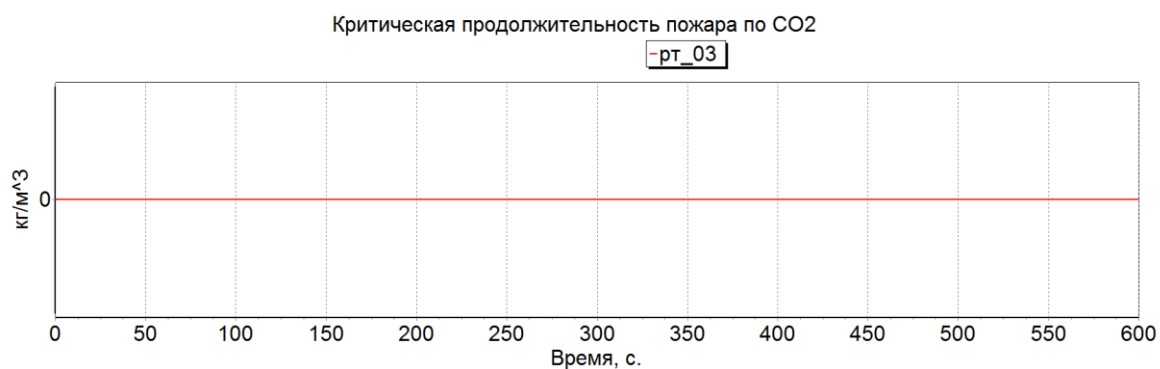


Рисунок 3.2.5.56 – Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_03

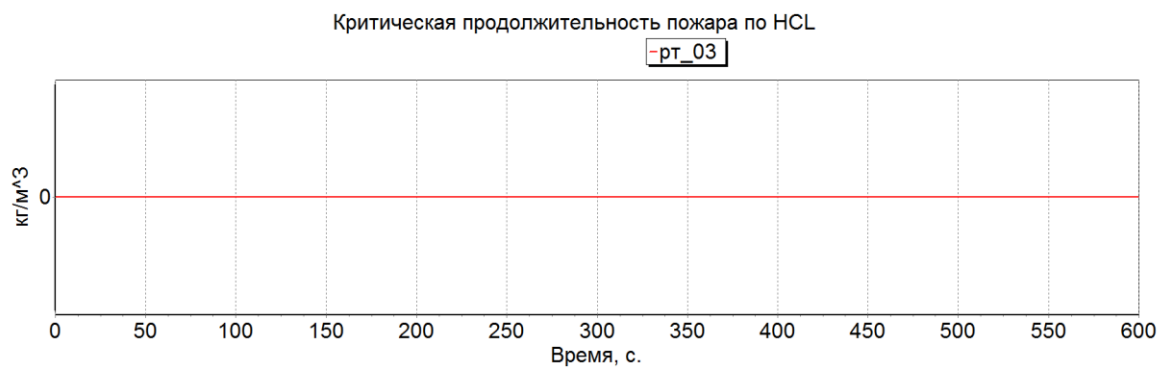


Рисунок 3.2.5.57 – Критическая продолжительность пожара по HCL рт_03



Рисунок 3.2.5.58 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку рт_03

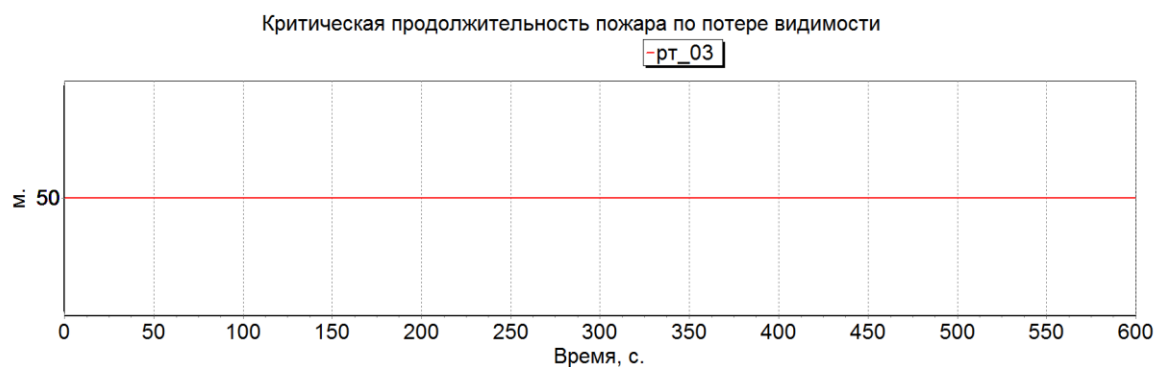


Рисунок 3.2.5.59 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости рт_03

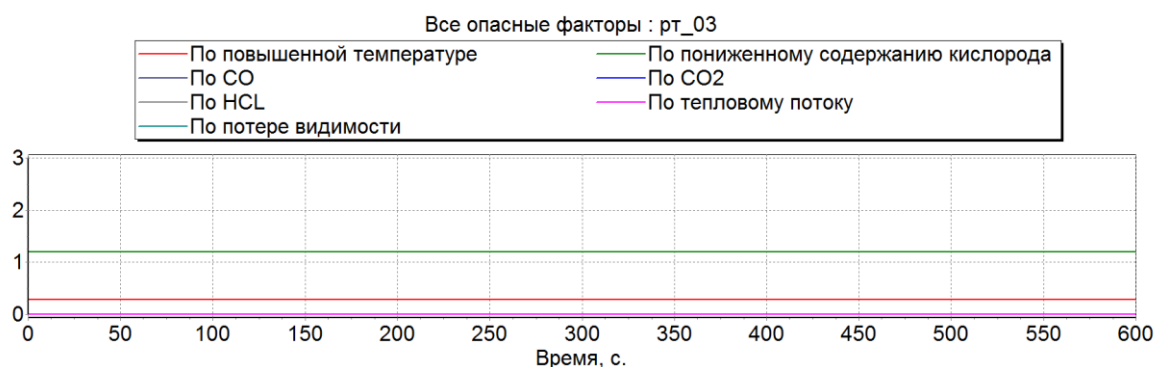


Рисунок 3.2.5.60 – Критическая продолжительность пожара всех ОФП рт_03

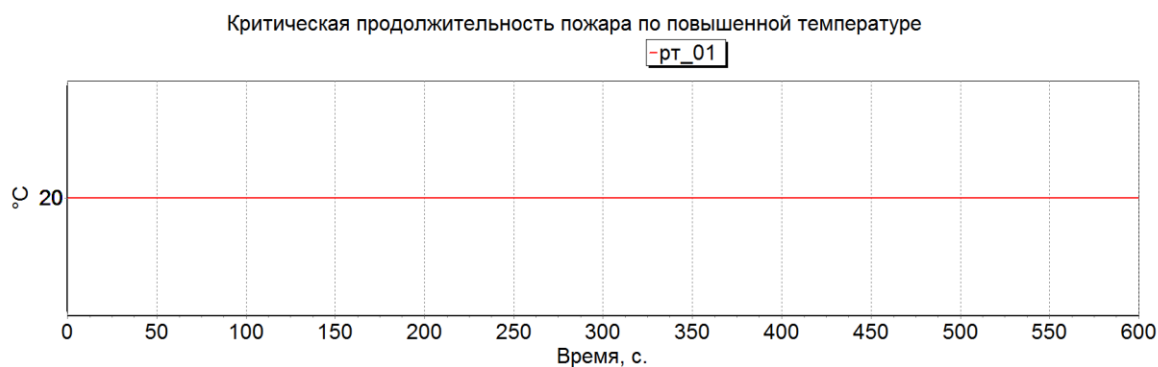


Рисунок 3.2.5.61 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре рт_01

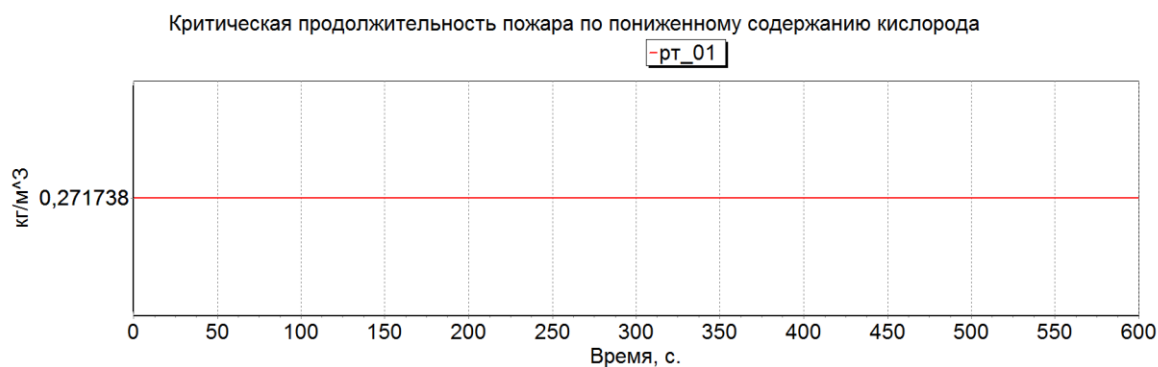


Рисунок 3.2.5.62 – Критическая продолжительность пожара по пониженному содержанию кислорода рт_01

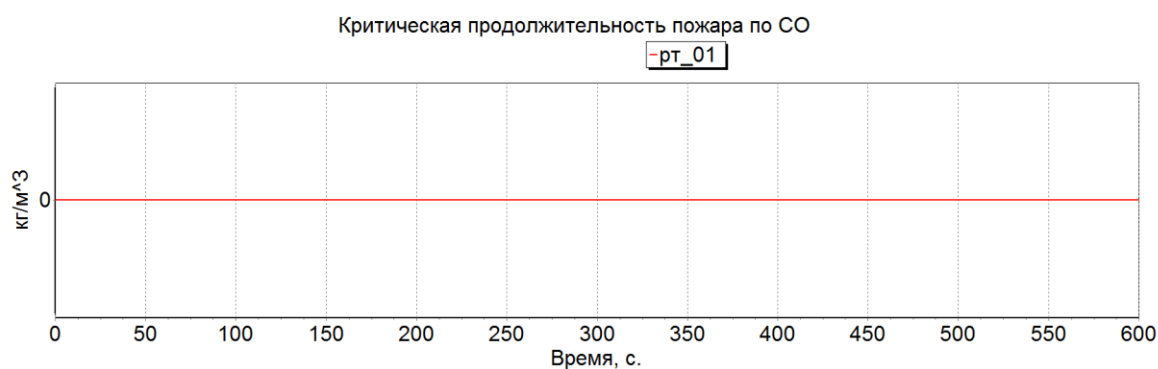


Рисунок 3.2.5.63 – Критическая продолжительность пожара CO рт_01

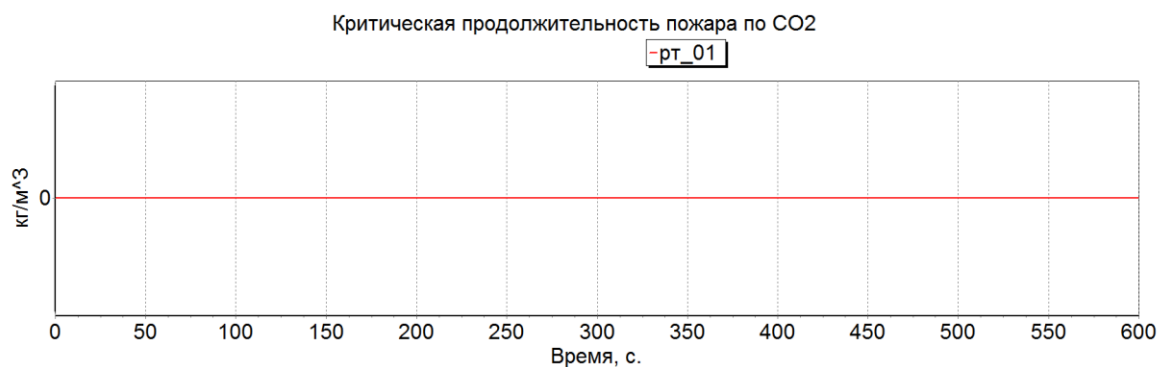


Рисунок 3.2.5.64 – Критическая продолжительность пожара по CO2 рт_01

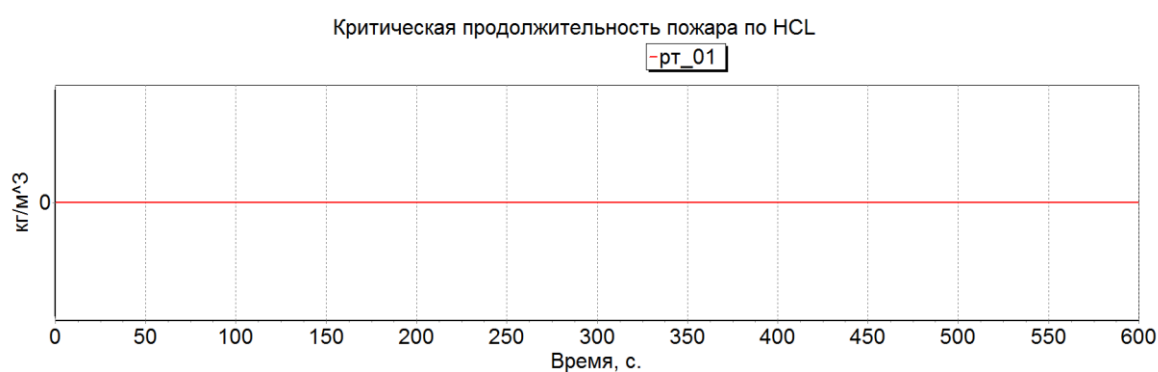


Рисунок 3.2.5.65 – Критическая продолжительность пожара по HCL рт_01



Рисунок 3.2.5.66 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку рт_01

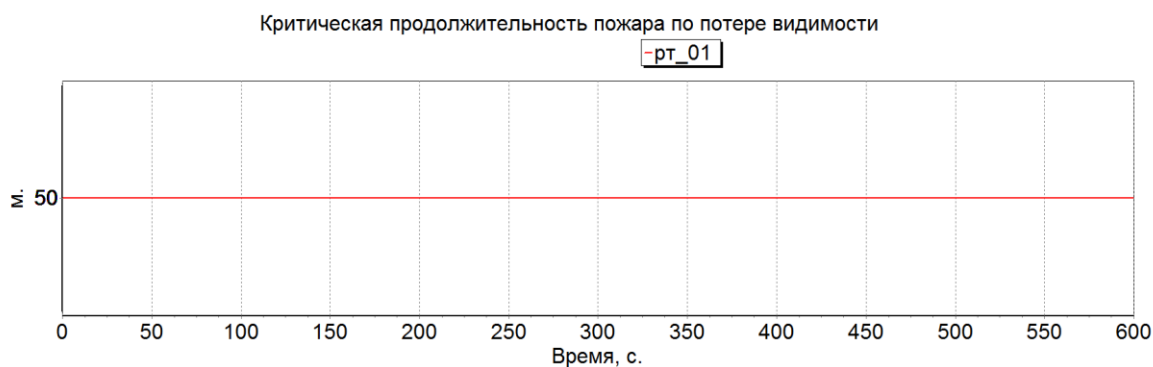


Рисунок 3.2.5.67 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости рт_01

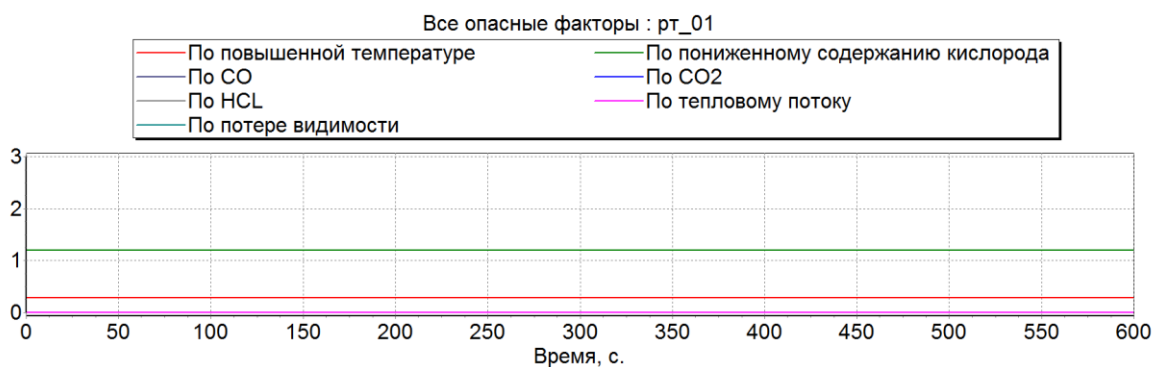


Рисунок 3.2.5.68 – Критическая продолжительность пожара всех ОФП рт_01

3.2.6 Определение вероятности эвакуации людей из здания при пожаре

Расчет времени эвакуации выполнен в программе СИТИС: Флоутек.

Эвакуация начинается по сигналу системы оповещения. Время начала эвакуации 1 минута.

Описание сценария «Сценарий_01»

Топология: Топология_01

Количество этажей: 5

Количество выходов: 3

Количество человек: 626

Описание сценария «Сценарий_02»

Топология: Топология_01

Количество этажей: 5

Количество выходов: 3

Количество человек: 626

Результаты расчета сценария «Сценарий_01»

Выход «Выход_01»

Расчетное время эвакуации: 0,35 мин

Время скопления: 0,00 мин

Распределение людей по объектам топологии

Таблица 3.2.6.1- Этаж_01, Выход_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	tnэ, мин
Помещение_02						
	Проход_01		0,125	M1	10	0,10
				Всего M1	10	
				Всего:	10	

Выход «Выход_02»

Расчетное время эвакуации: 7,33 мин

Время скопления: 4,81 мин

Распределение людей по объектам топологии

Таблица 3.2.6.2 - Этаж_01, Выход_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_05						
	Проход_03		0,125	M1	5	1,00
	Проход_04		0,125	M1	5	1,00
Всего					10	
Помещение_06			0,100	M1	10	0,00
				Всего M1	20	
				Всего:	20	

Таблица 3.2.6.3 - Этаж_02, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_01						
	Проход_07		0,125	M1	100	1,00
	Проход_08		0,125	M1	10	1,00
Всего					110	
Помещение_03						
	Проход_09		0,125	M1	100	1,00
	Проход_10		0,125	M1	12	1,00
Всего					112	
Помещение_04			0,125	M1	3	1,00
Помещение_14			0,125	M1	3	1,00
				Всего M1	228	
				Всего:	228	

Таблица 3.2.6.4 - Этаж_03, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_23			0,125	M1	3	1,00
Помещение_24			0,125	M1	3	1,00
Помещение_25			0,125	M1	3	1,00
Помещение_26			0,125	M1	3	1,00
Помещение_27			0,125	M1	3	1,00
Помещение_28			0,125	M1	3	1,00
Помещение_29			0,125	M1	3	1,00
Помещение_30			0,125	M1	3	1,00
Помещение_31			0,125	M1	3	1,00
Помещение_32			0,125	M1	3	1,00
Помещение_33			0,125	M1	2	1,00
Помещение_34			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	34	
				Всего:	34	

Таблица 3.2.6.5 - Этаж_04, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_51						
	Проход_1 6		0,125	M1	50	1,00
	Проход_1 7		0,125	M1	50	1,00
Всего					100	
Помещение_52			0,125	M1	1	1,00
Помещение_53			0,125	M1	1	1,00

Продолжение таблицы 3.2.6.5

Помещение_54			0,125	M1	2	1,00
Помещение_55			0,125	M1	2	1,00
Помещение_56			0,125	M1	2	1,00
Помещение_57			0,125	M1	2	1,00
Помещение_65			0,125	M1	2	1,00
Помещение_66			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	114	
				Всего:	114	

Таблица 3.2.6.6 - Этаж_05, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_72			0,125	M1	1	1,00
Помещение_73			0,125	M1	1	1,00
Помещение_74			0,125	M1	1	1,00
Помещение_75			0,125	M1	1	1,00
Помещение_76			0,125	M1	1	1,00
Помещение_77			0,125	M1	1	1,00
Помещение_85			0,125	M1	1	1,00
Помещение_86			0,125	M1	1	1,00
				Всего M1	8	
				Всего:	8	

Выход «Выход_04»

Расчетное время эвакуации: 7,28 мин

Время скопления: 3,84 мин

Распределение людей по объектам топологии

Таблица 3.2.6.8 - Этаж_01, Выход_04

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_07						
	Проход_05		0,125	M1	2	0,10
Помещение_08			0,125	M1	2	1,00
Помещение_09			0,125	M1	2	1,00
Помещение_10			0,125	M1	2	1,00
Помещение_11			0,125	M1	2	1,00
Помещение_12			0,125	M1	4	1,00
Помещение_13			0,125	M1	100	1,00
				Всего M1	114	
				Всего:	114	

Таблица 3.2.6.9 - Этаж_02, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_03						
	Проход_11		0,125	M1	10	1,00
Помещение_15			0,125	M1	3	1,00
Помещение_16			0,125	M1	3	1,00
Помещение_17			0,125	M1	3	1,00
Помещение_18						
	Проход_13		0,125	M1	3	1,00
Помещение_19			0,125	M1	1	1,00
Помещение_20			0,125	M1	1	1,00
Помещение_21			0,125	M1	2	1,00

Продолжение таблицы 3.2.6.9

Помещение_22			0,125	M1	1	1,00
				Всего M1	27	
				Всего:	27	

Таблица 3.2.6.10 - Этаж_03, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_35			0,125	M1	2	1,00
Помещение_36			0,125	M1	2	1,00
Помещение_37			0,125	M1	2	1,00
Помещение_38			0,100	M1	2	1,00
Помещение_39			0,125	M1	2	1,00
Помещение_40			0,125	M1	2	1,00
Помещение_41			0,125	M1	2	1,00
Помещение_42			0,125	M1	2	1,00
Помещение_43			0,125	M1	2	1,00
Помещение_44			0,125	M1	2	1,00
Помещение_45			0,125	M1	2	1,00
Помещение_46			0,125	M1	2	1,00
Помещение_47			0,125	M1	2	1,00
Помещение_48			0,125	M1	2	1,00
Помещение_49			0,125	M1	2	1,00
Помещение_50			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	32	
				Всего:	32	

Таблица 3.2.6.12 - Этаж_04, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_58			0,125	M1	2	1,00
Помещение_59			0,125	M1	2	1,00
Помещение_60			0,100	M1	10	0,00
Помещение_61			0,125	M1	2	1,00
Помещение_62			0,125	M1	2	1,00
Помещение_63			0,125	M1	1	1,00
Помещение_64			0,125	M1	1	1,00
Помещение_67			0,125	M1	2	1,00
Помещение_68			0,125	M1	2	3,00
Помещение_69			0,125	M1	2	1,00
Помещение_70			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	28	
				Всего:	28	

Таблица 3.2.6.13 - Этаж_05, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_78			0,125	M1	1	1,00
Помещение_79			0,100	M1	1	1,00
Помещение_80			0,125	M1	1	1,00
Помещение_81			0,125	M1	1	1,00
Помещение_82			0,125	M1	1	1,00
Помещение_83			0,125	M1	1	1,00
Помещение_84			0,125	M1	1	1,00
Помещение_87			0,125	M1	1	1,00

Продолжение таблица 3.2.6.13

Помещение_88			0,125	M1	1	1,00
Помещение_89			0,125	M1	1	1,00
Помещение_90			0,125	M1	1	1,00
				Всего M1	11	
				Всего:	11	

Общая информация по сценарию «Сценарий_01»

Расчет выполнен для топологии «Топология_01»

Максимальное время движения при плотности потока D больше D_{max} наблюдается при движении к выходу Выход_02 и составляет 4,81 мин.

Результаты расчета сценария «Сценарий_02»

Выход «Выход_01»

Расчетное время эвакуации: 5,16 мин

Время скопления: 4,00 мин

Распределение людей по объектам топологии

Таблица 3.2.6.14 - Этаж_01, Выход_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, m^2	ГМ	N	$t_{нэ}, мин$
Помещение_02						

Продолжение таблицы 3.2.6.14

	Проход_01		0,125	M1	10	0,10
Помещение_05			0,100	M1	10	0,00
Помещение_06			0,100	M1	10	0,00
Помещение_07			0,125	M1	2	0,10
Помещение_08			0,125	M1	2	1,00
Помещение_09			0,125	M1	2	1,00
Помещение_10			0,125	M1	2	1,00
Помещение_11			0,125	M1	2	1,00
Помещение_12			0,125	M1	4	1,00
Помещение_13			0,125	M1	100	1,00
				Всего M1	144	
				Всего:	144	

Выход «Выход_02»

Расчетное время эвакуации: 7,33 мин

Время скопления: 4,81 мин

Распределение людей по объектам топологии

Таблица 3.2.6.15 - Этаж_02, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_01						
	Проход_07		0,125	M1	100	1,00

Продолжение таблицы 3.2.6.15

	Проход_08		0,125	M1	10	1,00
Всего					110	
Помещение_03						
	Проход_09		0,125	M1	100	1,00
	Проход_10		0,125	M1	12	1,00
Всего					112	
Помещение_04			0,125	M1	3	1,00
Помещение_14			0,125	M1	3	1,00
				Всего M1	228	
				Всего:	228	

Таблица 3.2.6.16 - Этаж_03, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_23			0,125	M1	3	1,00
Помещение_24			0,125	M1	3	1,00
Помещение_25			0,125	M1	3	1,00
Помещение_26			0,125	M1	3	1,00
Помещение_27			0,125	M1	3	1,00
Помещение_28			0,125	M1	3	1,00
Помещение_29			0,125	M1	3	1,00
Помещение_30			0,125	M1	3	1,00
Помещение_31			0,125	M1	3	1,00
Помещение_32			0,125	M1	3	1,00
Помещение_33			0,125	M1	2	1,00

Продолжение таблицы 3.2.6.16

Помещение_34			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	34	
				Всего:	34	

Таблица 3.2.6.17 - Этаж_04, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_51						
	Проход_1 6		0,125	M1	50	1,00
	Проход_1 7		0,125	M1	50	1,00
Всего					100	
Помещение_52			0,125	M1	1	1,00
Помещение_53			0,125	M1	1	1,00
Помещение_54			0,125	M1	2	1,00
Помещение_55			0,125	M1	2	1,00
Помещение_56			0,125	M1	2	1,00
Помещение_57			0,125	M1	2	1,00
Помещение_65			0,125	M1	2	1,00
Помещение_66			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	114	
				Всего:	114	

Таблица 3.2.6.18 - Этаж_05, Лестница_02

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_72			0,125	M1	1	1,00
Помещение_73			0,125	M1	1	1,00
Помещение_74			0,125	M1	1	1,00
Помещение_75			0,125	M1	1	1,00
Помещение_76			0,125	M1	1	1,00
Помещение_77			0,125	M1	1	1,00
Помещение_85			0,125	M1	1	1,00
Помещение_86			0,125	M1	1	1,00
				Всего M1	8	
				Всего:	8	

Выход «Выход_04»

Расчетное время эвакуации: 3,79 мин

Время скопления: 1,29 мин

Распределение людей по объектам топологии

Таблица 3.2.6.19 - Этаж_02, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_03						
	Проход_1 1		0,125	M1	10	1,00
Помещение_15			0,125	M1	3	1,00
Помещение_16			0,125	M1	3	1,00

Продолжение таблицы 3.2.6.19

Помещение_17			0,125	M1	3	1,00
Помещение_18						
	Проход_1 3		0,125	M1	3	1,00
Помещение_19			0,125	M1	1	1,00
Помещение_20			0,125	M1	1	1,00
Помещение_21			0,125	M1	2	1,00
Помещение_22			0,125	M1	1	1,00
				Всего M1	27	
				Всего:	27	

Таблица 3.2.6.20 - Этаж_03, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_35			0,125	M1	2	1,00
Помещение_36			0,125	M1	2	1,00
Помещение_37			0,125	M1	2	1,00
Помещение_38			0,100	M1	2	1,00
Помещение_39			0,125	M1	2	1,00
Помещение_40			0,125	M1	2	1,00
Помещение_41			0,125	M1	2	1,00
Помещение_42			0,125	M1	2	1,00
Помещение_43			0,125	M1	2	1,00
Помещение_44			0,125	M1	2	1,00
Помещение_45			0,125	M1	2	1,00
Помещение_46			0,125	M1	2	1,00
Помещение_47			0,125	M1	2	1,00

Продолжение таблицы 3.2.6.20

Помещение_48			0,125	M1	2	1,00
Помещение_49			0,125	M1	2	1,00
Помещение_50			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	32	
				Всего:	32	

Таблица 3.2.6.21 - Этаж_04, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_58			0,125	M1	2	1,00
Помещение_59			0,125	M1	2	1,00
Помещение_60			0,100	M1	10	0,00
Помещение_61			0,125	M1	2	1,00
Помещение_62			0,125	M1	2	1,00
Помещение_63			0,125	M1	1	1,00
Помещение_64			0,125	M1	1	1,00
Помещение_67			0,125	M1	2	1,00
Помещение_68			0,125	M1	2	3,00
Помещение_69			0,125	M1	2	1,00
Помещение_70			0,125	M1	2	1,00
				Всего M1	28	
				Всего:	28	

Таблица 3.2.6.22 - Этаж_05, Лестница_01

Объект топологии	Объект «Проход»	Объект «Люди»	f, м ²	ГМ	N	тнэ, мин
Помещение_78			0,125	M1	1	1,00
Помещение_79			0,100	M1	1	1,00
Помещение_80			0,125	M1	1	1,00
Помещение_81			0,125	M1	1	1,00
Помещение_82			0,125	M1	1	1,00
Помещение_83			0,125	M1	1	1,00
Помещение_84			0,125	M1	1	1,00
Помещение_87			0,125	M1	1	1,00
Помещение_88			0,125	M1	1	1,00
Помещение_89			0,125	M1	1	1,00
Помещение_90			0,125	M1	1	1,00
				Всего M1	11	
				Всего:	11	

Общая информация по сценарию «Сценарий_02»

Расчет выполнен для топологии «Топология_01»

Максимальное время движения при плотности потока D больше D_{max} наблюдается при движении к выходу Выход_02 и составляет 4,81 мин.

Вывод

Расчет времени эвакуации выполнен в программе «СИТИС: Флоутек ВД 2.70.13261»

Алгоритм расчета: Упрощенная аналитическая модель.

В отчете представлен расчет времени эвакуации по следующим сценариям:

Сценарий_01

Сценарий_02

Таблица 3.2.6.23 - Время движения к выходу

Сценарий	Выход_01	Выход_02	Выход_04
Сценарий_01	0,35 мин (10 чел.)	7,33 мин (404 чел.)	7,28 мин (212 чел.)
Сценарий_02	5,16 мин (144 чел.)	7,33 мин (384 чел.)	3,79 мин (98 чел.)

Таблица 3.2.6.24 - Расчетные точки

Сценарий	рт	тнэ, мин	тэ, мин	тск, мин	Объект топологии	Этаж
Сценарий_01				4,81	Выход_02	
	рт_01	0,10	0,35		Коридор_1 1	Этаж_01
	рт_02	0,00	9,14		Площадка _07	Этаж_01
	рт_04	0,00	7,28		Коридор_0 1	Этаж_01
	рт_05	0,10	3,35		Коридор_0 7	Этаж_01
	рт_06	0,00	1,74		Коридор_0 2	Этаж_01
Сценарий_02				4,81	Выход_02	
	рт_01	0,00	5,16		Коридор_1 1	Этаж_01
	рт_02	1,00	9,14		Площадка _07	Этаж_01

	рт_04	0,00	3,79		Коридор_01	Этаж_01
--	-------	------	------	--	------------	---------

Таблица 3.2.6.25 - Время выхода с этажей Сценарий «Сценарий_01»

Этаж	Выход_01	Выход_02	Выход_04	Лестница_01	Лестница_02
Этаж_01	0,35 мин (10 чел.)	7,33 мин (404 чел.)	7,28 мин (212 чел.)	-	-
Этаж_02	-	-	-	2,01 мин (27 чел.)	6,16 мин (228 чел.)
Этаж_03	-	-	-	2,03 мин (32 чел.)	2,04 мин (34 чел.)
Этаж_04	-	-	-	3,24 мин (28 чел.)	4,27 мин (114 чел.)
Этаж_05	-	-	-	1,55 мин (11 чел.)	1,37 мин (8 чел.)

Максимальное время движения при плотности потока D больше D_{max} наблюдается при движении к выходу Выход_02 и составляет 4,81 мин.

Таблица 3.2.6.26 - Время выхода с этажей Сценарий «Сценарий_02»

Этаж	Выход_01	Выход_02	Выход_04	Лестница_01	Лестница_02
Этаж_01	5,16 мин (144 чел.)	7,33 мин (384 чел.)	3,79 мин (98 чел.)	-	-
Этаж_02	-	-	-	2,01 мин (27 чел.)	6,16 мин (228 чел.)
Этаж_03	-	-	-	2,03 мин (32 чел.)	2,04 мин (34 чел.)
Этаж_04	-	-	-	3,24 мин (28 чел.)	4,27 мин (114 чел.)
Этаж_05	-	-	-	1,55 мин (11 чел.)	1,37 мин (8 чел.)

Максимальное время движения при плотности потока D больше D_{max} наблюдается при движении к выходу Выход_02 и составляет 4,81 мин.

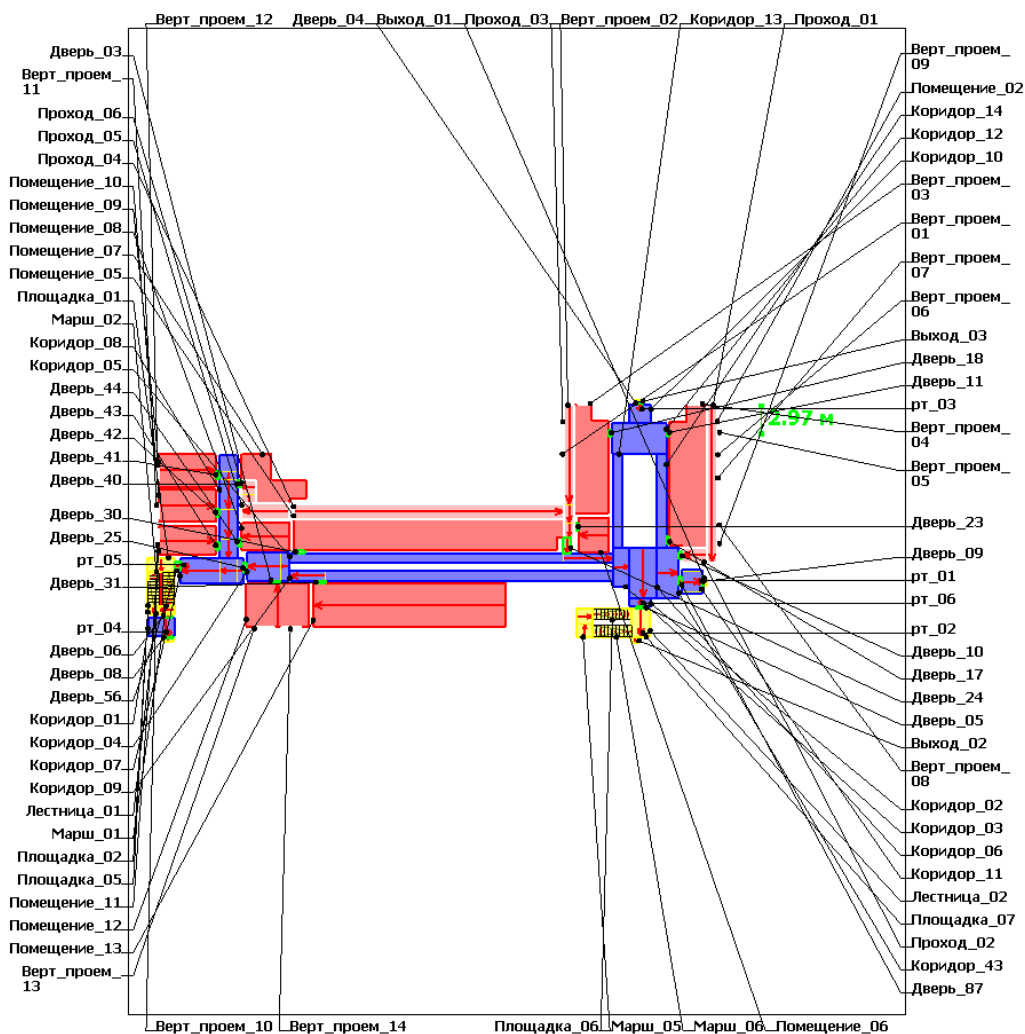


Рисунок 3.2.6.1 - Разбиение на участки. Сценарий_01, Этаж_01

Этаж_01.

Количество выходов на этаже: 3

Количество человек на этаже: 144

Время движения к выходам:

Выход_01 - 0,35 мин (10 чел.)

Выход_02 - 7,33 мин (404 чел.)

Выход_04 - 7,28 мин (212 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 7,33 мин (Выход_02)

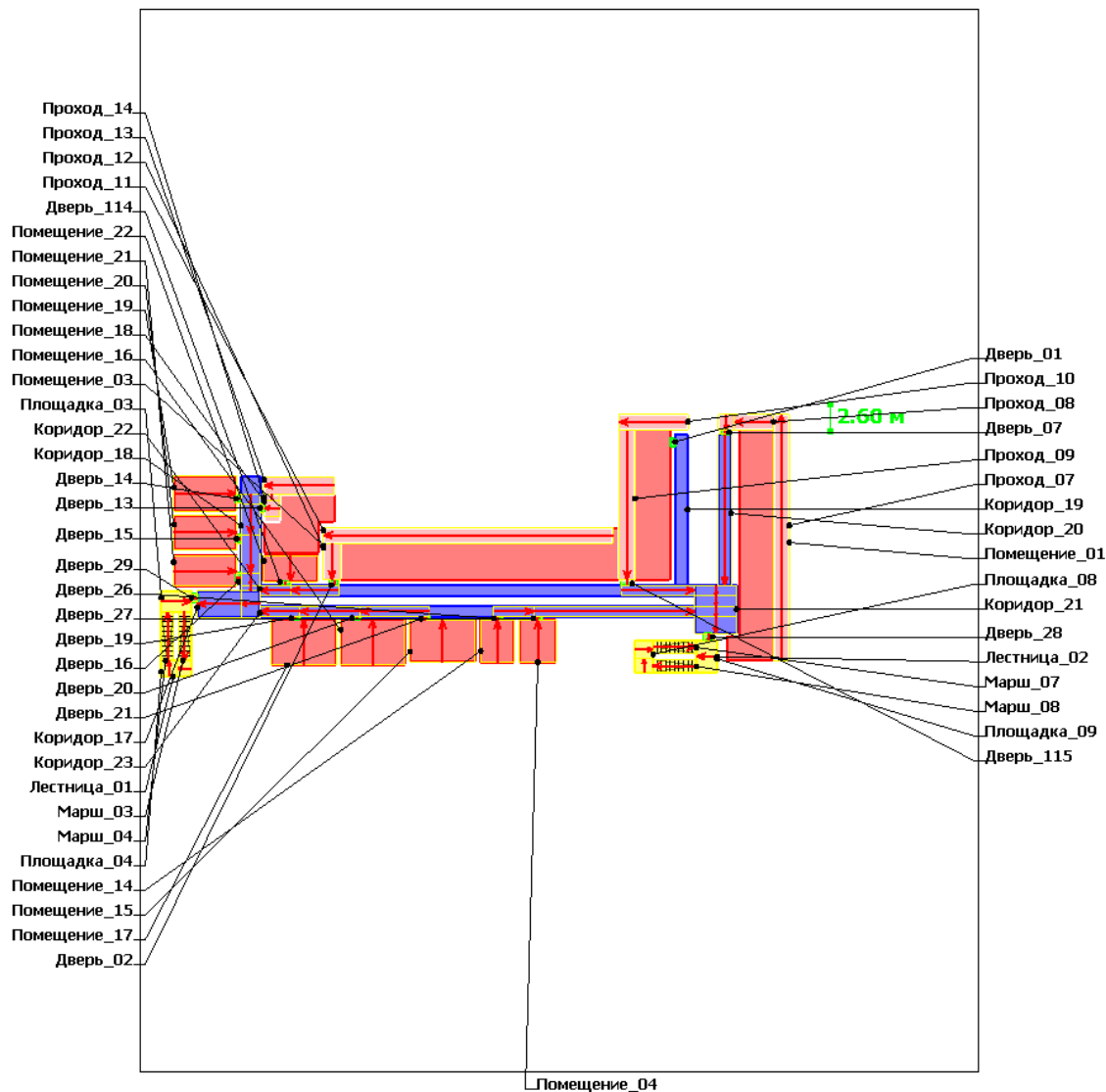


Рисунок 3.2.6.2 - Разбиение на участки. Сценарий_01, Этаж_02

Этаж_02.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 255

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 2,01 мин (27 чел.)

Лестница_02 - 6,16 мин (228 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 6,16 мин (Лестница_02)

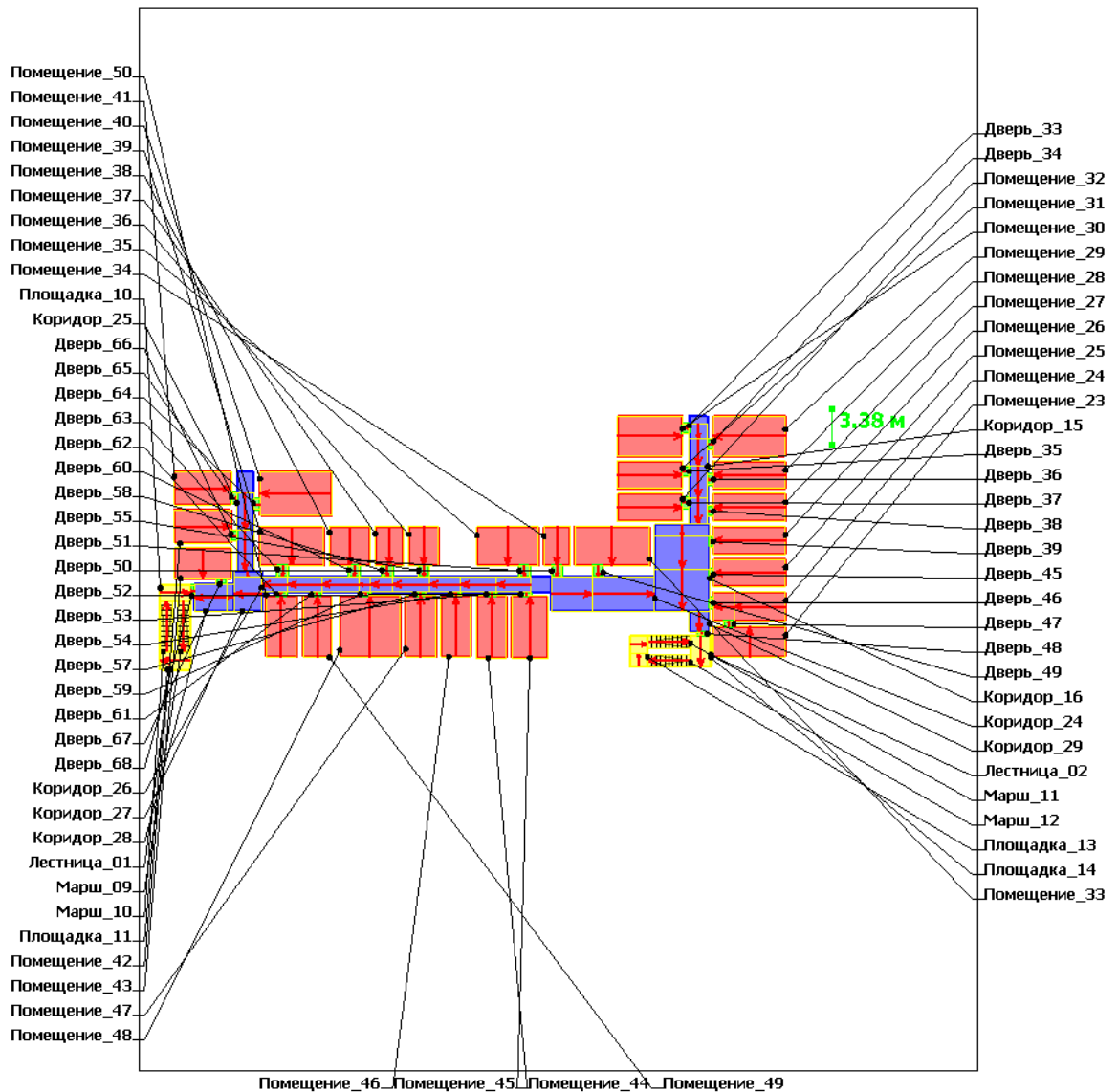


Рисунок 3.2.6.3 - Разбиение на участки. Сценарий_01, Этаж_03

Этаж_03.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 66

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 2,03 мин (32 чел.)

Лестница_02 - 2,04 мин (34 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 2,04 мин (Лестница_02)

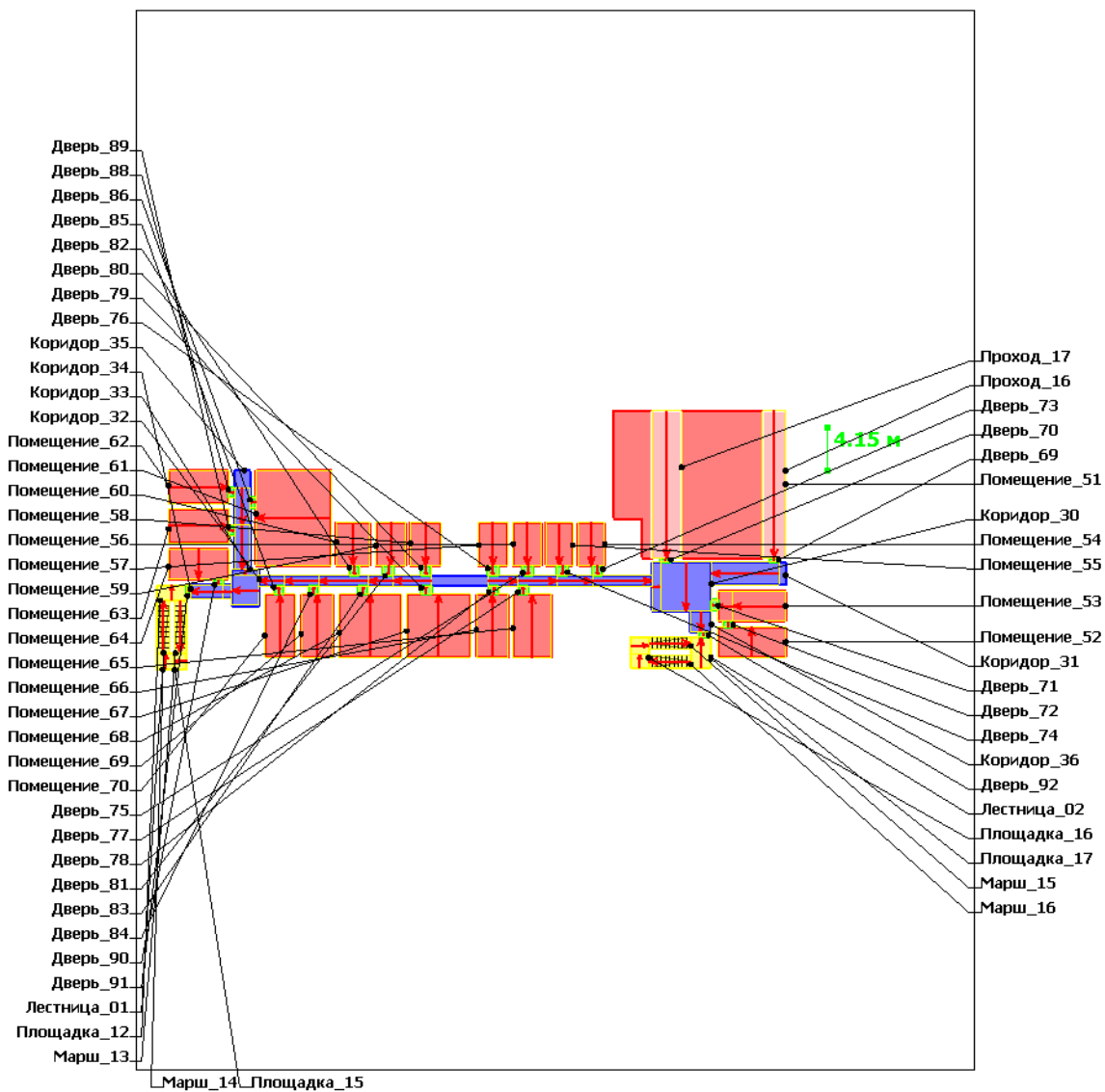


Рисунок 3.2.6.4 - Разбиение на участки. Сценарий_01, Этаж_04

Этаж_04.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 142

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 3,24 мин (28 чел.)

Лестница_02 - 4,27 мин (114 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 4,27 мин (Лестница_02)

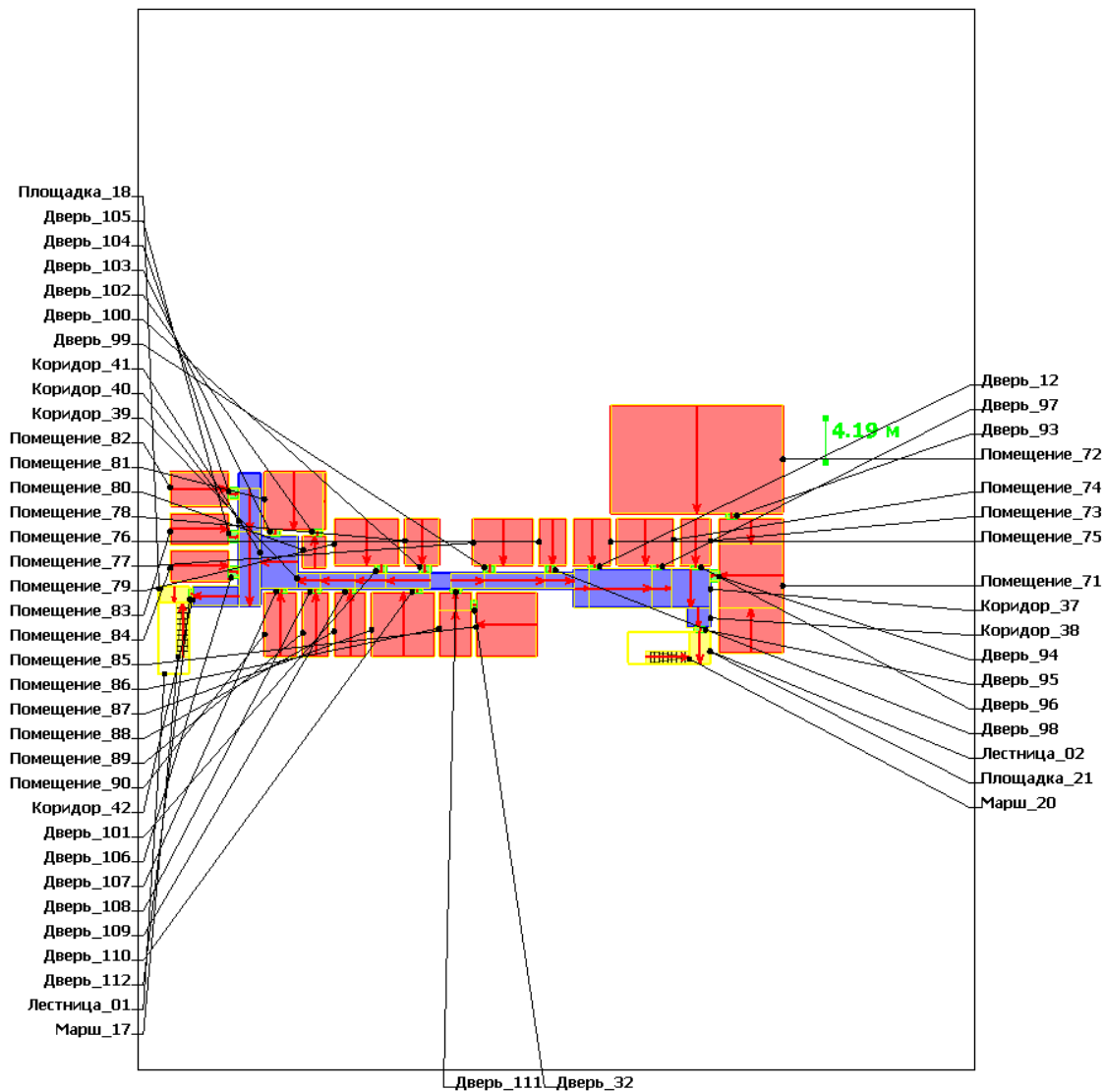


Рисунок 3.2.6.5 - Разбиение на участки. Сценарий_01, Этаж_05

Этаж_05.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 19

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 1,55 мин (11 чел.)

Лестница_02 - 1,37 мин (8 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 1,55 мин (Лестница_01)

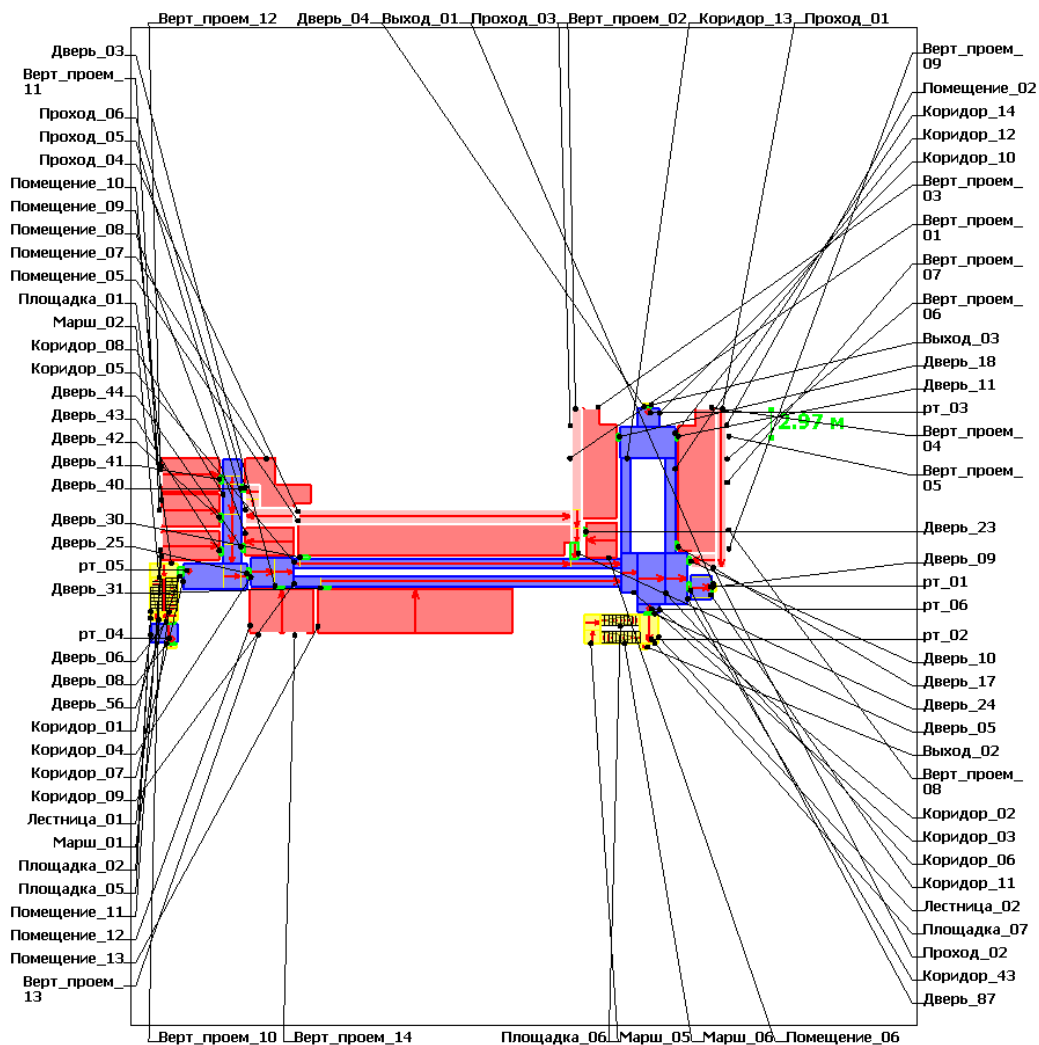


Рисунок 3.2.6.6 - Разбиение на участки. Сценарий_02, Этаж_01

Этаж_01.

Количество выходов на этаже: 3

Количество человек на этаже: 144

Время движения к выходам:

Выход_01 - 5,16 мин (144 чел.)

Выход_02 - 7,33 мин (384 чел.)

Выход_04 - 3,79 мин (98 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 7,33 мин (Выход_02)

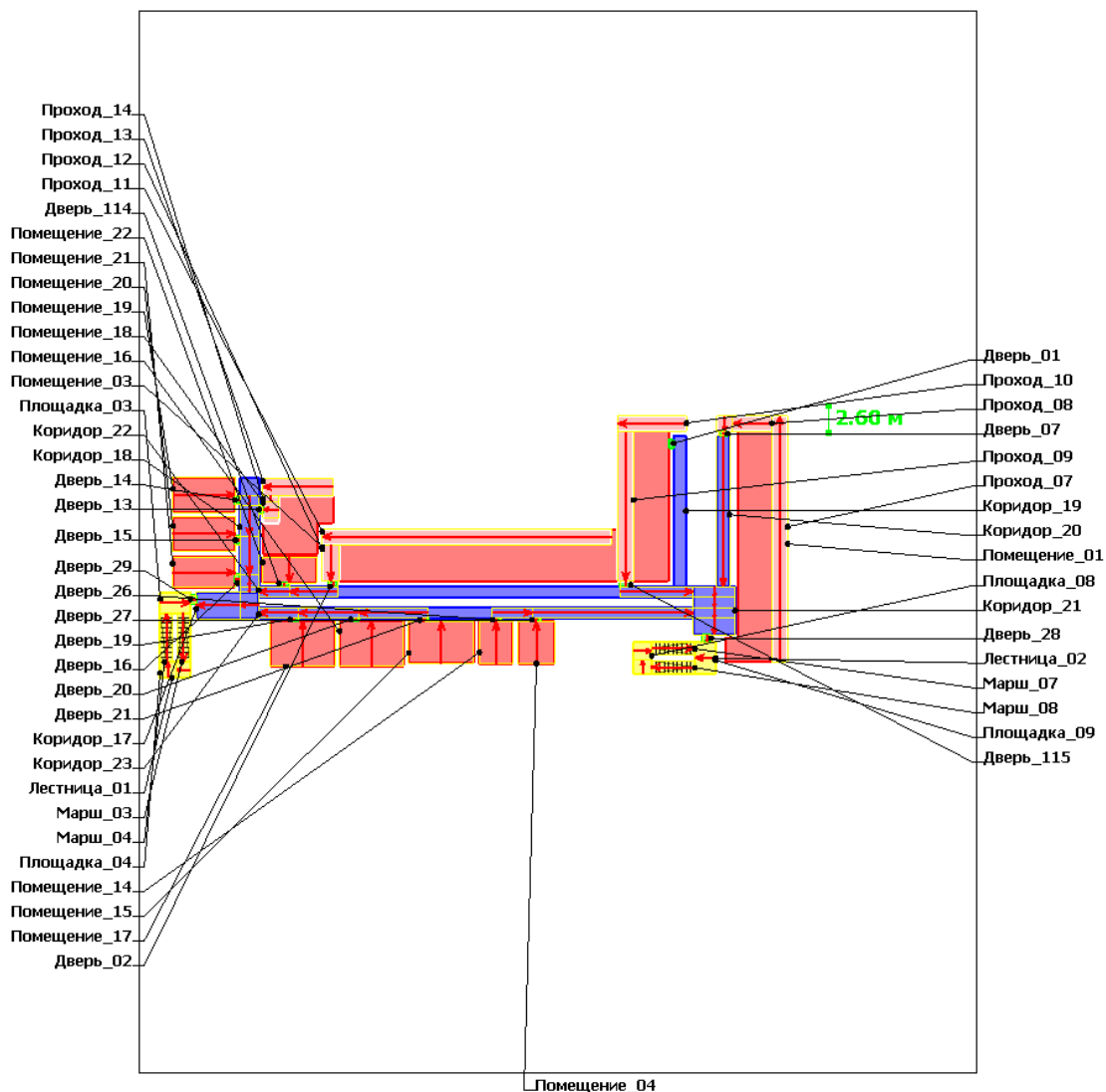


Рисунок 3.2.6.7 - Разбиение на участки. Сценарий_02, Этаж_02

Этаж_02.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 255

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 2,01 мин (27 чел.)

Лестница_02 - 6,16 мин (228 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 6,16 мин (Лестница_02)

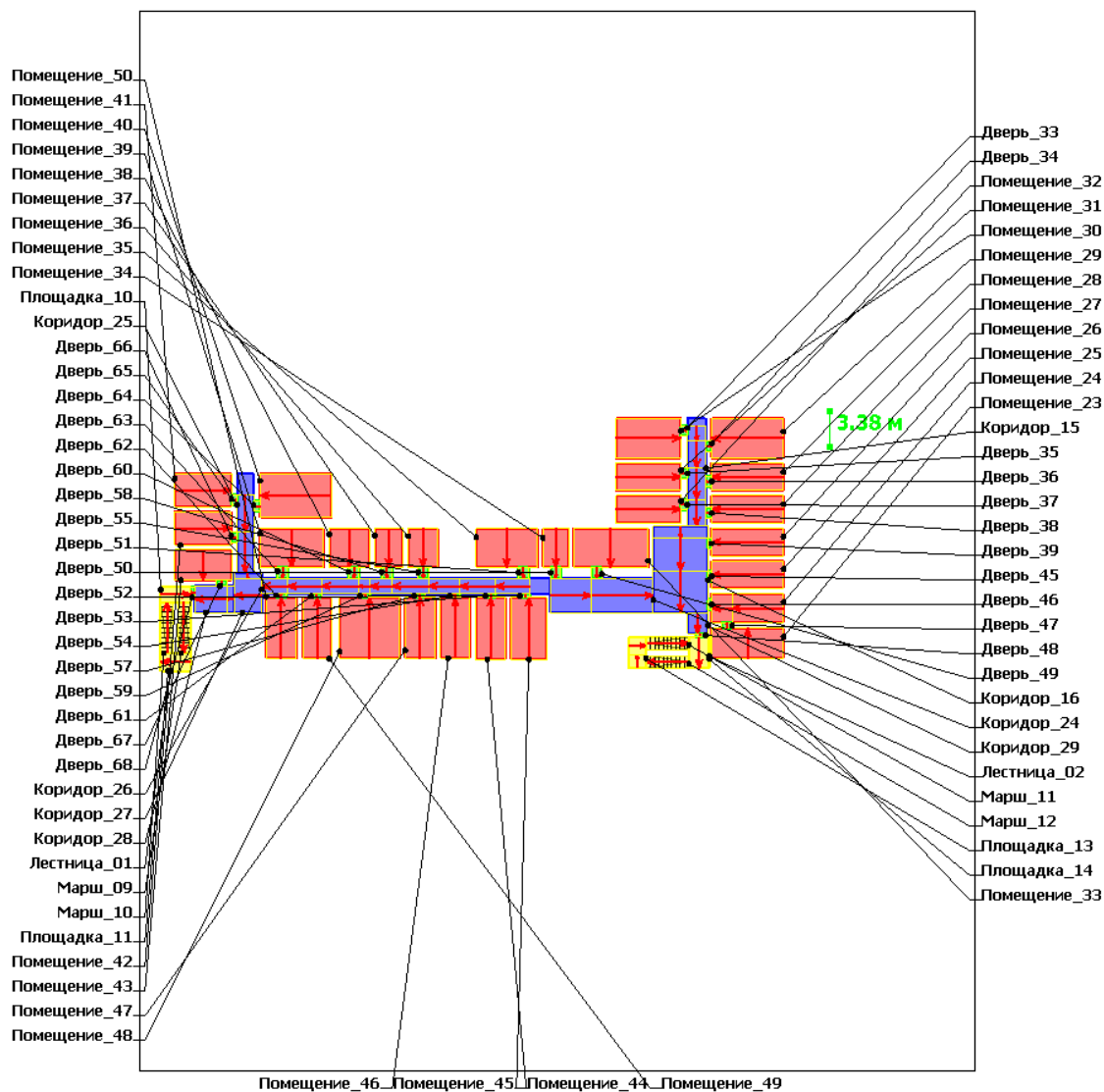


Рисунок 3.2.6.8 - Разбиение на участки. Сценарий_02, Этаж_03

Этаж_03.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 66

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 2,03 мин (32 чел.)

Лестница_02 - 2,04 мин (34 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 2,04 мин (Лестница_02)

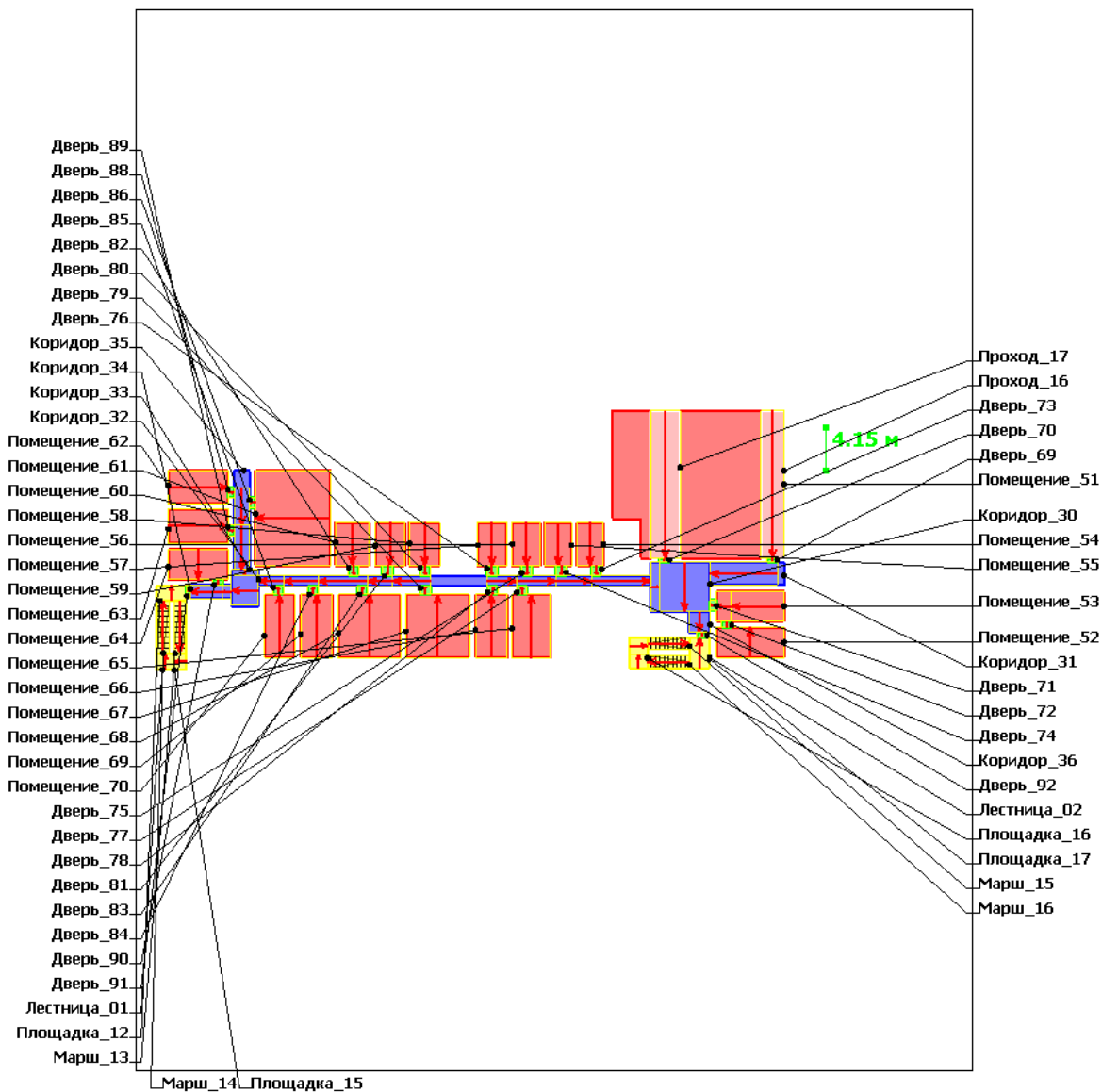


Рисунок – 3.2.6.9 Разбиение на участки. Сценарий_02, Этаж_04

Этаж_04.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 142

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 3,24 мин (28 чел.)

Лестница_02 - 4,27 мин (114 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 4,27 мин (Лестница_02)

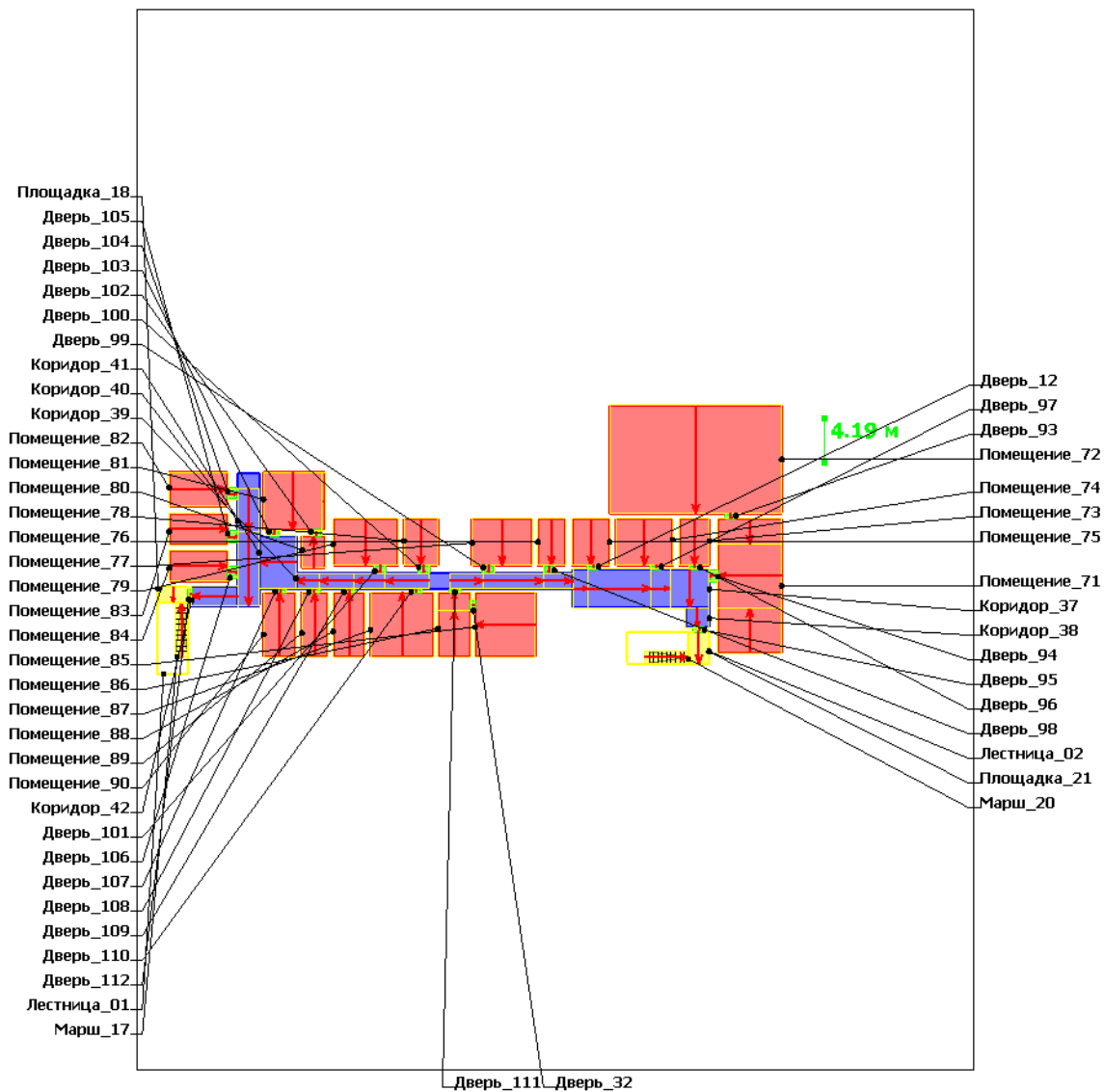


Рисунок 3.2.6.10 - Разбиение на участки. Сценарий_02, Этаж_05

Этаж_05.

Количество выходов на этаже: 2

Количество человек на этаже: 19

Время движения к выходам:

Лестница_01 - 1,55 мин (11 чел.)

Лестница_02 - 1,37 мин (8 чел.)

Максимальное время выхода с этажа: 1,55 мин (Лестница_01)

3.2.7 Определение расчетной величины индивидуального пожарного риска Q_v и сопоставление ее с нормативным значением индивидуального пожарного риска

Величина индивидуального пожарного риска Q_v определяется по Методике:

$$Q_v = Q_{\pi} \cdot (1 - K_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - K_{п.з})$$

где Q_{π} – частота реализации пожароопасных ситуаций ($Q_{\pi} = 4,00 \times 10^{-2}$ определена ранее);

$K_{ап}$ – вероятность срабатывания системы пожаротушения ($K_{ап} = 0,9$ определена ранее);

$P_{пр}$ – вероятность присутствия людей на объекте в течении суток, $P_{пр} = t_{функц} / 24$, где $t_{функц}$ – время нахождения людей в здании в часах, следовательно $P_{пр} = 9 / 24 = 0,3$;

$P_э$ – вероятность эвакуации, в соответствии с методикой, $P_э = 0,999$, если выполняется условие $t_{р+} + t_{нэ} \leq 0,8 * t_{бл.}$ и $t_{ск}$ не превышает 6 минут.

В нашем случае условие выполняется

Таблица 3.2.7.1 – Расчетные показатели

РТ	Время эвакуации, мин	Время достижения критических значений ОФП, мин	Время блокирования с учетом коэффициента 0,8, мин	Время существования скопления
01	0,35	>8	6,4	4,81
05	3,35	>8	6,4	4,81

06	1,74	>8	6,4	4,81
----	------	----	-----	------

$$K_{п.з} = 1 - (1 - K_{обн} \times K_{СОУЭ}) \times (1 - K_{обн} \times K_{ПДЗ}) = 1 - (1 - 0,8 \times 0,8) \times (10,8 \times 0,8) = 0,8704$$

Таким образом: $Q_v = 0,04 \times 0,1 \times 0,375 \times 0,001 \times 0,1296 = 0,1944 \times 10^{-6}$.

Нормативное значение индивидуального пожарного риска составляет 10^{-6} , таким образом, поскольку расчетное значение меньше нормативного делаем вывод, что безопасная эвакуация людей из здания обеспечена.

3.3 Анализ проводимых исследований

Значение времени начала эвакуации $t_{н.э}$ для зданий (сооружений) без систем оповещения вычисляются по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

При наличии в здании систем оповещения о пожаре значение $t_{н.э}$ принимают равным времени срабатывания системы с учетом ее инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях) без систем оповещения величину $t_{н.э}$ следует принимать равной от 6 до 9 минут [8, таблица П5.1], что показывают данные даже первых исследований поведения людей до начала эвакуации, следует считать оптимистичным, но необоснованным.

После первых исследований Вуда [9, 10] схожие исследования были проведены в США [13–16], в Великобритании [11, 12], в России [6]. Эти исследования внесли значительный вклад в понимание поведения людей при пожаре. Но они дали количественно различающиеся данные.

Таблица 3.3.1 - Действия людей при получении сигнала «Пожар!» в зданиях различного назначения (с преобладанием жилых зданий)

Характер действий людей при пожарах	Первые действия
	опрошенных, %
Тушить пожар	14,9
Исследовать ситуацию	12,2
Позвонить в пожарную охрану	10,2
Оповестить окружающих	8,1
Покинуть здание	7,9
Исследовать источник пожара	5,6
Увести членов семьи	5,4
Закрыть двери, оказать помощь окружающим, собрать вещи, выключить газ/электричество, одеться, бездействовать	35,7

Таблица 3.3.2 - Действия людей при получении сигнала «Пожар!» в общественном здании

Характер действий людей при пожарах	Первые действия
	опрошенных, %
Эвакуация имущества	3
Спасение членов семьи, окружающих	—
Оповещение администрации, других людей	25
Уход, бегство	14
Призыв о помощи	—
Участие в тушении пожара	—
Сообщение о пожаре в пожарную охрану	—
Сбор личных вещей, одевание	20
Сбор материальных ценностей, отключение электроэнергии	20
Пломбирование сейфов, закрытие и открывание окон, дверей	6
Попытка узнать причину пожара	2
Бездействие	10

Получаемая человеком информация и его действия обусловлены организационными и социальными факторами, а также физическими условиями, в которых он находится в зависимости от размещения в пространстве [18]. Таким образом, можно говорить о том, что окружающая среда во многом будет обуславливать деятельность человека при пожаре.

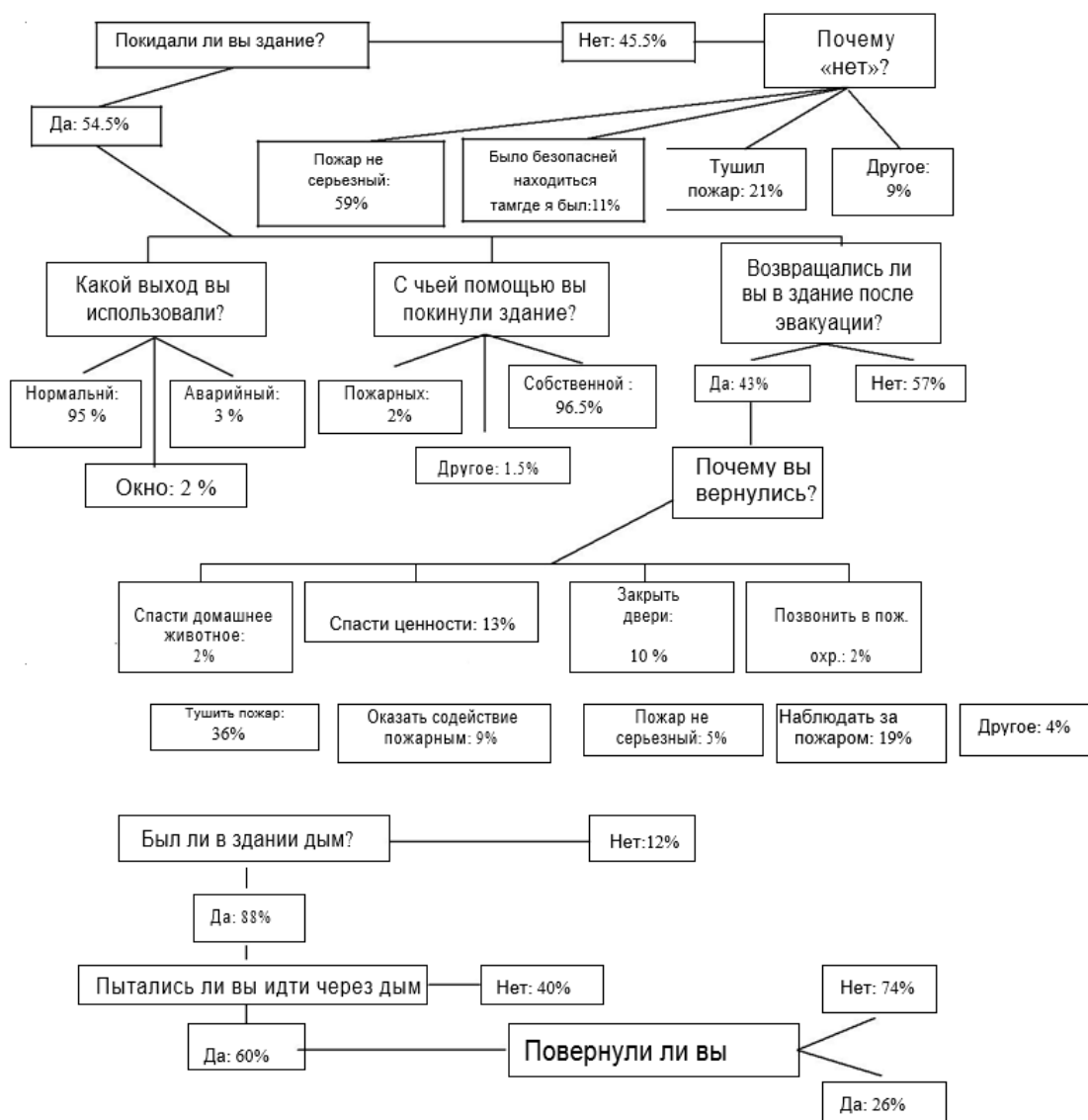


Рисунок 3.3.1 – Схемы действия людей при пожаре

В России подобная концепция была высказана гораздо раньше [19], причем она опиралась на апробированные положения психологии безопасности и была более детализирована (см. рисунок 3.3.2).

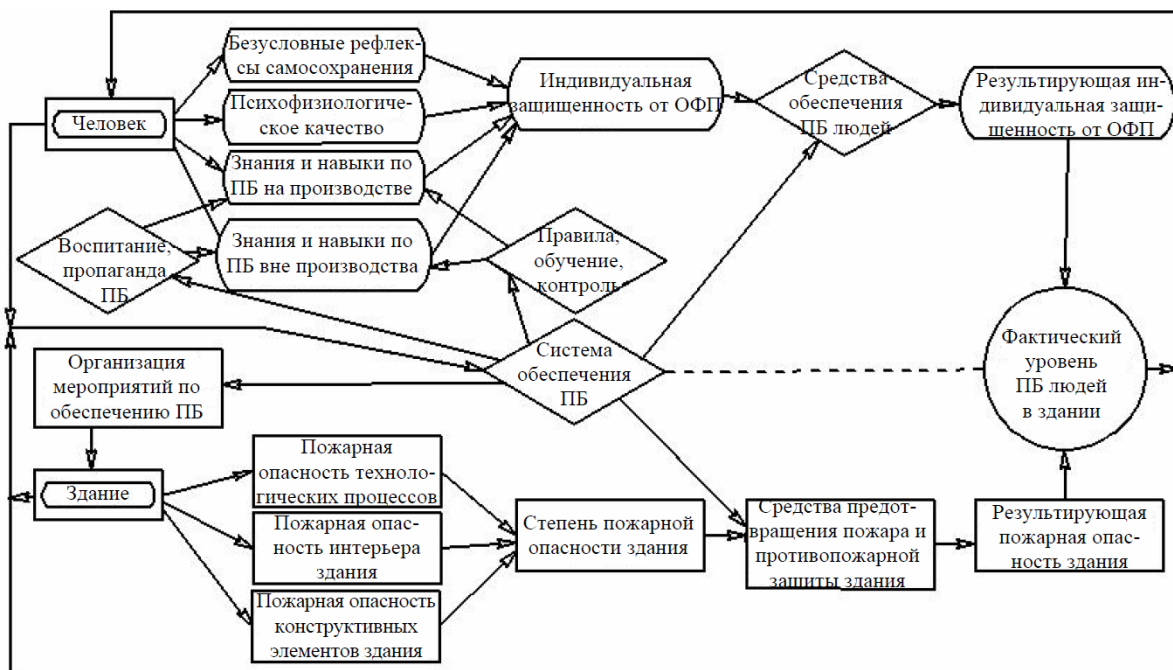


Рисунок 3.3.2 – Схема факторов безопасности людей при пожаре в здании

«В схеме выделяются, с одной стороны, человек, с другой – внутренняя среда здания. Внутренняя среда в данном случае – обобщенное понятие пространства, в котором возникает пожарная опасность и где человек подвергается воздействию опасных факторов пожара. Но внутренняя среда – это не только геометрическое пространство, но и его оборудование, строительные конструкции и отделка, это и продукты, обращающиеся в производстве, и системы, обеспечивающие производство и параметры искусственно созданной среды, ограждением которой является здание. Для защиты человека от пожарной опасности, возникающей во внутренней среде, предусмотрена система противопожарной безопасности, включающая в себя целый комплекс воздействий на внутреннюю среду и на человека,

направленных на предупреждение возникновения пожаров, борьбу с ними и предупреждение несчастных случаев.

Во взаимодействии этих трех систем складывается фактический уровень пожарной безопасности... Даже в том случае, когда пожарная опасность возникает независимо от деятельности человека, его безопасность не может считаться результатом случая или только стихии пожара, поскольку высокие приспособительные и творческие возможности человека нередко позволяют ему своевременно обнаружить опасность и находить возможности, способы противостоять им в самых, казалось бы, безвыходных ситуациях. Эти способности человека имеют особое значение в начальной стадии развития пожара, когда само загорание и интенсивное развитие опасных для жизни людей факторов пожара при распространении зажигания еще не контролируются и не подавляются активными средствами автоматической противопожарной защиты» [19].

В настоящее время большинство зданий должно быть оборудовано автоматическими установками пожарной сигнализации (АУПС) и системами оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ). Рассмотрим, что происходит при возникновении пожара в здании, оснащённом АУПС и СОУЭ, (см. рисунок 3.3.3).

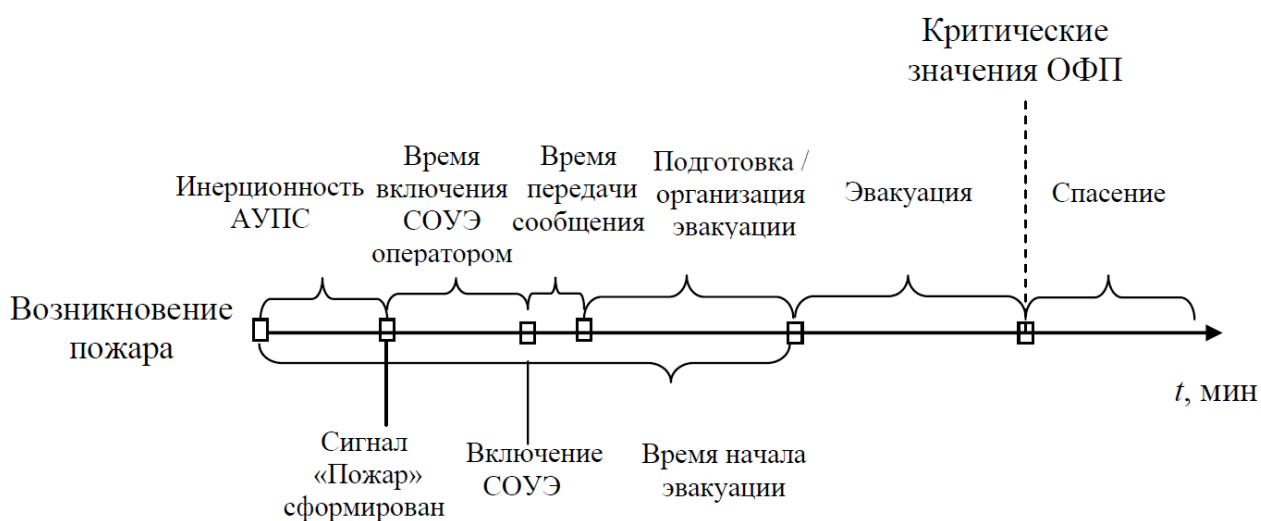


Рисунок 3.3.3 - Интервалы затрат времени при возникновении пожара

Схема на (см. рисунок 3.3.3) показывает, что до того, как человек узнает о пожаре, проходит определенное время, которое зависит от технической инерционности системы оповещения на объекте. Инерционность систем оповещения имеет две составляющие: техническую и организационную. Характеристики технической составляющей инерционности приведены по данным [20] в (таблице 41).

Таблица 3.3.3 – Техническая инерционность пожарных извещателей

Вид пожарного извещателя	Характеристики	Время обнаружения	Время инерционности
Тепловой	Не позволяет обнаружить пожар на ранней стадии	Математические модели пожара	30–180 с
Дымовой Радиоизотопный Фотоэлектрический Аспирационные	Позволяет обнаружить пожар на ранней стадии. Наиболее эффективны аспирационные	Расчетные формулы приведены в справочных и учебных пособиях Нет данных	5–10 с
Извещатели пламени (световые)	Позволяет обнаружить пожар на ранней стадии	Нет данных	> 1 с
Газовый	Позволяет обнаружить пожар на ранней стадии	Математические модели пожара	> 1 с
Комбинированный, наиболее распространены дымовые-тепловые	Позволяет обнаружить пожар на ранней стадии	Нет данных	Недостаточно данных

Заметим, что информация о пожаре воспринимается скептически. Так, например, при видеоанализе результатов эвакуации [21] 2644 покупателей в торговых комплексах было установлено, что в подавляющем большинстве случаев, услышав сигналы СОУЭ, покупатели не предпринимали попыток покинуть здание до тех пор, пока им не сказали об этом служащие.

Таким образом, рассматривая инерционность систем АУПС и СОУЭ, очевидно, что время от возникновения пожара до момента начала оповещения людей о пожаре может превышать 5 мин. Среднее значение время задержки начала эвакуации (при наличии системы оповещения) может быть невысоким, но может достигать и относительно высоких значений. Например, значение 8,6 мин было зафиксировано при проведении учебной эвакуации в жилом здании [23], 25,6 мин – в здании Всемирного торгового центра при пожаре в 1993 г. [24].

Оповещение об опасности осуществляется либо специальными сигналами (типы 1 и 2 СОУЭ, либо словами, текстами (типы 3, 4, 5 СОУЭ)). Тексты должны правильно восприниматься теми, кому они предназначены. Слабым местом существующих систем оповещения и управления эвакуацией является интерпретация сигналов, которая становится весьма ненадежной, если и оповещающие и оповещаемые недостаточно компетентны. Анализ содержания текстов, рекомендуемых [22] для использования в автоматическом режиме транслирования, показывает их еще недостаточную психологическую проработанность.

Следует также учитывать, что автоматическое транслирование заранее записанных текстов может вместо пользы принести вред, например, из-за повреждений системы. Так известно, что во время террористического акта в Нью-Йорке 11 сентября 2000 г. система оповещения в одном из зданий Всемирного торгового центра продолжала передавать рекомендации не покидать рабочие места в то время, когда катастрофическая ситуация стремительно развивалась и соседнее здание уже обрушилось.

С целью анализа процесса эвакуации людей в случае возникновения пожара, авторами была проведена учебная эвакуация работников организации в одном из типовых офисных центров города Москвы. Шестиэтажное здание компании представляет собой новый деловой бизнес-центр класса А, выполненный в соответствии с традициями современной бизнес-архитектуры. Каждый этаж имеет свою индивидуальную планировку, оснащен новейшими техническими системами, офисной мебелью, оборудованием, расположенными на больших площадях.

План типового этажа рассматриваемого офисного здания приведен на (см. рисунок 3.3.4). Для сбора эмпирических данных были использованы портативные видеокамеры, установленные на всех этажах здания.



Рисунок 3.3.4- План типового этажа офисного здания

С использованием видеокамер удалось получить данные о реакции людей на сигнал о пожаре и посмотреть, сколько времени тратят люди на подготовку к эвакуации. Например, на рис. 2 видно, что все эвакуирующиеся выходят в верхней одежде, что позволяет говорить о существенных тратах времени на одевание. Последний человек, зафиксированный камерой, начал эвакуироваться только через 8,2 минуты после срабатывания сигнала тревоги. За такое время опасные факторы пожара могут достигнуть своих предельных значений, а горение – охватить большую часть здания. В среднем время блокирования путей эвакуации $t_{\text{бл}}$ в коридоре офисного здания составляет от 1,5 до 5 мин. Более высокие значения $t_{\text{бл}}$ обеспечиваются только при наличии в здании систем противодымной вентиляции. Гистограмма времени реакции людей на сигнал о пожаре приведена на (рисунке 83).

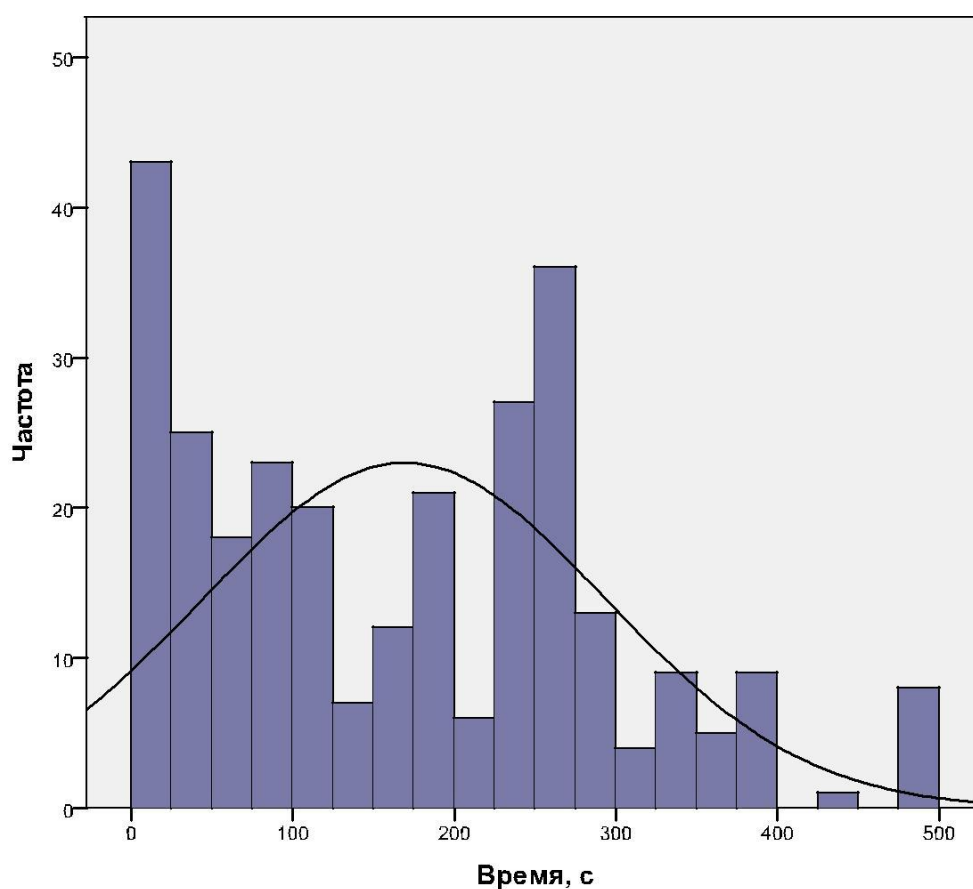


Рисунок 3.3.5 - Время реакции людей на сигнал тревоги

Данные (см. рисунок 3.3.5) позволяют говорить о двух явных пиках распределения. В начале эвакуации это связано с высокой ответственностью сотрудников, своевременно реагирующих на сигнал о пожаре. Повышенное количество эвакуирующихся спустя приблизительно 3,5 минуты после начала оповещения связано с тем, что сотрудники окончательно убедились в необходимости эвакуироваться и начали движение к выходам.

Динамика времени выхода людей из здания получена с помощью камер, установленных у эвакуационных выходов снаружи. Движение людей наружу производилось по двум путям эвакуации. Интересно отметить, что соотношение людей, эвакуировавшихся через "основной" и "запасной" пути эвакуации составило 81,5 % и 18,5 % соответственно. Гистограмма значений времени выхода людей из здания приведена на (рисунке 3.3.6).

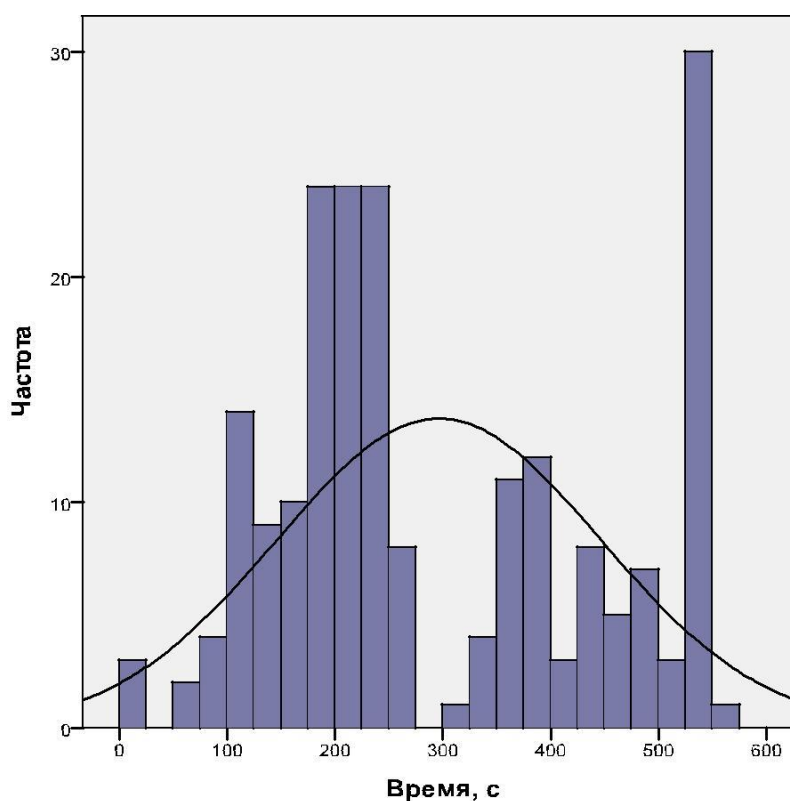


Рисунок 3.3.6 - Гистограмма распределения времени выхода людей из здания

Обращает на себя внимание (рисунок 84) достаточно многочисленная группа людей, вышедшая на завершающем этапе эвакуации. Это следует отнести на счет активно действующих сотрудников службы безопасности объекта, проверявших, все ли эвакуировались из здания.

С помощью видеокамер удалось зафиксировать действия работников, которые замедлили процесс эвакуации. Загруженные рабочим процессом люди после срабатывания сигнала тревоги не сразу отреагировали на поступившую информацию и оставались на своих местах. При повторении голосовых сообщений, основная часть людей начала выдвигаться к эвакуационным выходам, их примеру последовали и остальные, что привело к затруднению движения на лестничных клетках из-за большой плотности людского потока. Необходимо отметить, что были случаи возвращения к рабочим местам для того, чтобы забрать личные вещи и одежду.

При проведении учебной эвакуации из здания проведен анализ комплекса факторов, характеризующих отношение к пожарной безопасности сотрудников. Для сбора эмпирических данных использованы портативные видеокамеры и специально разработанная анкета, состоящая из 18 вопросов. Всего было заполнено 205 анкет. Массив данных, полученных в результате анкетирования, обработан с помощью статистического программного комплекса SPSS (StatisticalPackageforSocialScience).

Обработка результатов анкетирования позволила оценить контингент людей, участвующих в опросе: 25,9 % мужчин и 74,1 % женщин, большинство опрошенных находились в возрасте 26-35 лет (50,7 %), 29,6 % – в возрасте от 18 до 25 лет, 19,2 % – в возрасте от 36 до 60 лет, и 0,5 % – старше 60 лет. Оценка иерархического состава сотрудников показала, что в опросе приняло участие 31,3 % руководителей, 68,2 % сотрудников-специалистов, 0,5 % сотрудников службы эксплуатации здания. Таким образом, опрос проводился в основном среди достаточно молодых людей, занимающих позиции специалистов и руководителей. Однако, около 5 % опрошенных отметили, что у них имеются

ограничения функций организма, которые могут затруднить их эвакуацию при пожаре.

Ранее установлено, что движение по лестнице является одним из наиболее сложных участков пути движения. Эвакуировались по лестнице без проблем 69,6 % опрошенных, для остальных процесс эвакуации вызвал затруднения, связанные с высокой плотностью на лестнице. Это, вероятно, связано с неравномерным использованием основной и запасной лестниц.

Оценивая процесс эвакуации в целом, очень большое количество опрошенных (43 %) отметили неудовлетворительную работу системы оповещения, 8,7 % отметили неудовлетворительную организацию процесса эвакуации, 2,4 % указали, что им было непонятно, что надо было предпринять. Все это указывает на неэффективную работу системы оповещения и управления эвакуацией.

О недостаточной противопожарной подготовке сотрудников свидетельствует тот факт, что почти треть (32,2 %) либо не проходила противопожарного обучения, либо предпочла бы пройти его ещё раз. Предпочитаемые опрошенными виды противопожарного обучения

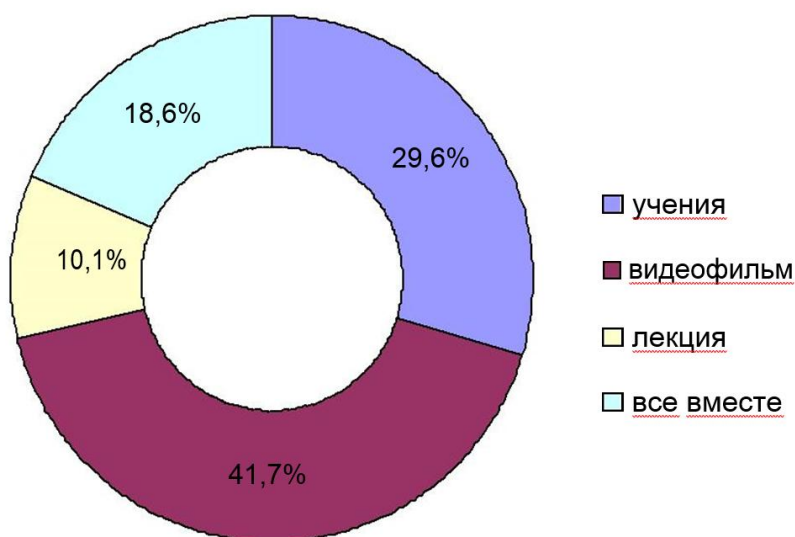


Рисунок 3.3.7 - Предпочитаемые виды обучения, установленные в результате анкетного опроса

Анализ видеоданных показал, что среднее время подготовки к эвакуации, то есть время от срабатывания системы оповещения до начала эвакуации, составило 2,8 мин. Такие данные указывают на недостаточную отработанность действий по эвакуации сотрудников, особенно принимая во внимание тот факт, что об эвакуации (фактически – проверке) было известно заранее.

Следует отметить, что большинство сотрудников эвакуировались до сигнала о необходимости покинуть здание. Это указывает на тот факт, что заранее оповещать сотрудников здания, указывая при этом дату и особенно время учений нежелательно.

Основными проблемами, выявленными в ходе изучения являются следующие: недостаточно оперативное оповещение о пожаре; неравномерная загруженность лестничные клеток, ведущих к высоким плотностям; недостаточное противопожарное обучение сотрудников.

Принимая во внимание тот факт, что 81,5 % опрошенных положительно оценили практическую пользу проведенной эвакуации, работу по этому направлению необходимо продолжить, используя различные (рис. 1) способы обучения.

Причин, по которым возникают проблемы в области обеспечения пожарной безопасности и эвакуации людей в офисных зданиях, очень много. Довольно часто собственники большее внимание уделяют получению максимальной прибыли, чем безопасности своих подчиненных, вследствие чего может наблюдаться большое количество нарушений требований пожарной безопасности, отсутствие каких-либо необходимых технических систем или их несоответствие требуемым. Нередки случаи, когда учебные эвакуации, обучение персонала требованиям пожарной безопасности, действиям при пожаре совершенно игнорируются, либо проводятся редко и формально. Немалое значение в любом офисном центре, как во всех зданиях другого функционального назначения, имеют работники, специально назначенные и ответственные за соблюдение правил и норм пожарной безопасности и

проведение своевременной эвакуации в случае пожара. Очень важно, чтобы эти люди были компетентны в данных вопросах и добросовестно относились к выполнению своих непосредственных обязанностей. Ведь в непредвиденной ситуации, возможно, именно от их действий будет зависеть чья-то жизнь.

Но главным остается вопрос отношения именно эвакуируемых людей к данному процессу. Так как чаще всего, люди всерьез задумываются о своей безопасности, только оказавшись лицом к лицу с опасностью. В повседневной деятельности учебные эвакуации и изучение элементарных действий при пожаре, планов эвакуации, не говоря уже об умении пользоваться первичными средствами пожаротушения, для многих сотрудников офисных центров являются "отрывающими от работы, ненужными", а порой и "абсурдными". Услышав сообщение о пожаре, они не сразу оставляют свои рабочие места и покидают здание. То есть бесценное время тратится на выяснение причин и достоверности сигнала тревоги, а впоследствии люди оказываются отрезанными от путей эвакуации и не могут спастись.

Подтверждением сказанного может служить проведённый авторами эксперимент в офисном центре. И хотя эвакуация в данном случае была учебной, складывается мнение, что и в момент реальной опасности персонал поведет себя аналогично и начнет покидать здание спустя некоторое время, в результате чего подвергнет себя непростительной опасности. Для предотвращения подобной ситуации практическую отработку действий персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации людей следует проводить с полной ответственностью, что поможет организовать слаженные и оперативные действия при пожаре и избежать гибели людей.

4 Предлагаемое улучшение эвакуации при пожаре

4.1 Автоматизация

В ходе анализа исходных данных по мере изучения процессов, происходящих во время эвакуации людей при пожаре, совершенно очевидным становится тот факт, что ключевым параметром, влияющим на безопасную эвакуацию людей, оказывает «начальное время эвакуации». Так, например, исходя из [8] начальное время эвакуации входит в $P_э$ – вероятность эвакуации, в соответствии с методикой, $P_э=0,999$, если выполняется условие $t_{р+} + t_{нэ} \leq 0,8 * t_{бл.}$, и $t_{ск}$ не превышает 6 минут (см. раздел 2.7) в общем смысле выражение математически справедливое и вполне логичное, но насколько это применимо в реальной жизни, если подумать, то согласно [см. таблица П5.1, 8] то в рассматриваемом объекте начальное время эвакуации при системе СОУЭ составляет всего лишь минуту. Очень оптимистично учитывая исследования проводимые (см. раздел 3.3), где время начала эвакуации последнего человека составило 8,2 мин по сравнению с расчетом рисков где все время эвакуации из здания составило 7,33 мин.

Исходя из таких результатов очевидна значимость решения этой проблемы, а именно уменьшения времени начальной эвакуации. В настоящее время реализованы 5 типов СОЭУ наиболее эффективная из них последняя в силу применения автоматических устройств согласования, оповещения и управления основанное на упорядоченном управлении эвакуации людей, а именно световыми и звуковыми сигналами направляющие к эвакуационным выходам, что еще важно отметить не блокированным от ОФП.

Казалось бы, что лучше и не придумать ведь в принципе такая система уже все включает в себя на уровне восприятия человеком, но все это предназначено непосредственно в момент непосредственной эвакуации, а как же быть с начальным временем, ведь какой бы современной система не была нужен «старт», вот здесь на основании исследования (см. рисунок 85) можно сделать вывод что люди предпочтительней относятся к визуальной информации. Делаем вывод что наиболее эффективным рычагом для управления эвакуации будет служить визуальный сигнал, в современных систем их различное множество от табличек до световых индикаторов и все же чтобы не применялось оно никак не влияет на начальное время эвакуации. На основании предыдущего вывода и выбора световой индикации как основного механизма управления можно существенно дополнить её информацией и тут затрагивается такой аспект как психофизические свойства человека, а конкретно страх.

Применение информационных табло с индикацией обратного отщета времени до их блокирования существенно бы повлияло на тот «старт», который необходим в реальной жизни, а именно начальное время эвакуации которое играет ключевую роль в процессе успешной эвакуации людей при пожаре. В доказательство применения такого незначительного усовершенствования можно обосновать с помощью [приложение 5, 8] значение времени начала эвакуации $t_{\text{нв}}$ (с) для помещения очага пожара :

$$t_{\text{нв}} = 5 + 0,01 \cdot F, \quad (4.1.1)$$

Здесь мы видим что время начальной эвакуации снижается непосредственно в помещении где произошло возгорание там где человек подвергся прямой угрозе его жизнью и здоровью т.е. мы видим прямую зависимость поведения человека влияющего на начальное время эвакуации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования международного и Российского опыта поведения людей в общественных зданиях, а также комплекса теоретических, математических методов, включающих в себя анализ информации, обработка статистических данных, методология проектирования и т.д., в магистерской диссертации были выявлены наиболее опасные аспекты эвакуации людей при пожаре, а именно пренебрежение к сигналам оповещения, занятием посторонними вещами, что вело к значительному увеличению времени эвакуации и как следствие высокой опасности их жизни и здоровью.

По итогам выше перечисленных проблем было выявлено наиболее подходящее решение обоснованное и принятое на основании международных и Российских стандартов в области поведения людей при пожаре, в виде улучшения, основанного на психологическом воздействия, по средствам, реализации устройства системы оповещения управления и эвакуации людей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алёхин Е. М., Брушлинский Н. Н., Вагнер П., Коломиец Ю. И., Лупанов С. А., Соколов С. В. Пожары в России и в мире. Статистика, анализ, прогнозы. [Текст] – М.: Академия ГПС МЧС РФ, 2002.
2. Spehler K. A., Pissard I. G. L'eavacuation d'immeblen en cas d'urfance. [Текст] – Bullatin Technigue de la Suisse romende, 97 anne'e, 21, 1971, le 16 octobre, Lousanne.
3. Wood P. G. The Behaviour People in Fires. [Текст] British Note 933, November, 1972.
4. Breax, Canter D., Sime J. Psychological Aspects of Behaviour of People in Fire Situations Sth Int Branschtz [Текст] - Semin, Karlsruhe, 1976.
5. Marchant E. W. Some Aspects of Human Behaviour and Escape Route Design. [Текст]: Sth Int / Fire Protection Semin, Karlsruhe, 22–24 September, 1976.
6. Дутов В. Н., Чурсин И. Г. Психофизиологические и гигиенические аспекты деятельности человека при пожаре. [Текст] – М.: Защита, 1992.
7. Баратов А. Н., Пчелинцев В. А. Пожарная безопасность. [Текст] – М.: Ассоциация строительных вузов, 1997.
8. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. №382 «Об утверждении методики определения пожарных величин в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [Текст].
9. Wood P. G. The Behaviour People in Fires. [Текст] British Note 933, November, 1972.
10. Wood P. Behaviour Under Stress: [Текст] - People in Fires, PhD thesis, Loughborough University of Technology, 1979.

11. Canter D., Breaux J., Sime J. Domestic, Multiple Occupancy and Hospital Fire. Fires and Human Behaviour. D. Canter (Ed.), [Текст] - pp.117-136, John Wiley and Sons, London, 1980.
12. Canter D. An Overview of Human Behaviour in Fires. Fires and Human Behaviour. D. Canter (Ed.), [Текст] - pp. 205–234, David Fulton Publisher, London, 1990.
13. Bryan J. L. Smoke as a Determinant of Human Behaviour in Fire Situations. (Project People). [Текст] - Washington, DC, Centre for Fire Research, National Bureau of Standards, 1977.
14. Bryan J. L., DiNenno P. J., Milke J. A. The Determination of Behavioral Response Patterns in Fire Situations. [Текст] Project People II. Final Report – Incident Report. College Park, University of Maryland, 1980.
15. Bryan J. L., Milke J. A. The Determination of Behavioral Response Patterns in Fire Situations. Project People II. [Текст] Final Report – Health Care Report. Washington, DC, Centre for Fire Research, National Bureau of Standards, 1981.
16. Bryan J. L. Implications for Codes and Behaviour Model from the Analysis of Behavior Response Patterns in Fire Situations as Selected from the Project People and Project People II Study Programs, [Текст] University of Maryland, 1983.
17. Sime J. Understanding Human Behaviour in Fires – An Emerging Theory of Occupancy. [Текст] – Inauguration Lecture on 14 October 1999. University of Ulster, 1999.
18. Холщевников В. В., Никонов С. А. Проблемы обеспечения безопасности людей при пожарах на стадии проектирования зданий и сооружений //Материалы семинара: Проблемы обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений. [Текст] – М.: Знание, 1989.
19. Фомин В. И. Перспективные системы пожарной сигнализации. Пожарная безопасность. Специализированный каталог. [Текст] – М.: Гротек, 2005.

20. Samochine D. A. Toward an Understanding of the Concept of Occupancy in Relation to Staff Behaviour in Fire Emergency Evacuation of Retail Stores, PhD Thesis, University of Ulster, 2004 / Самошин Д. А. Применение концепции «Человек–Среда–Пожар» для понимания поведения персонала торговых комплексов при пожаре: [Текст] Дисс. канд. техн. наук. – М., 2005.
21. Proulx G., Fahy R. The Time Delay to Start Evacuation: Review of Five Case Studies // Proceedings of the Fifth International Symposium on Fire Safety Science, [Текст] 1997.
22. Fahy R., Proulx G. Toward Creating a Database on Delay Times to Start Evacuation and Walking Speeds for use in Evacuation Modeling // Second International Symposium on Human Behaviour in Fire. [Текст] Boston, Interscience Communication Ltd, 2001.
23. СП 3.13130.2009 Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре: [Текст] Свод правил –СП.: «Пожарная безопасность», 2009. - 5с.
24. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст].
25. Федеральный закон № 123 от 22 июля 2008г. [Текст] "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"
26. Приказ МЧС РФ от 24 февраля 2009 г. N 91 [Текст] «Об утверждении формы и порядка регистрации декларации пожарной безопасности»
27. Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2009 г. N 272 [Текст] «О порядке проведения расчетов по оценки пожарного риска»
28. Приказ МЧС № 749 от 12 декабря 2011г. [Текст] "О внесении изменений, в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382".
29. Эвакуация и поведение людей при пожарах: [Текст] Учебное пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 212 с.

30. Кошмаров Ю.А. "Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении". Учебное пособие. [Текст] - М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.