

Приложение
к Заключению по независимой оценке пожарного риска
в помещении Муниципального учреждения
театрально-концертный комплекс
«Драматический театр им. Великого писателя»
расположенном по адресу: 000000, Областная область,
г. Город, ул. Уличная, 00

ОТЧЁТ

**по результатам проведения расчета по оценке пожарного риска
в помещении Муниципального учреждения
театрально-концертный комплекс
«Драматический театр им. Великого писателя»**

**Объект, в отношении которого выполнен настоящий расчет
по оценке пожарного риска, является вымышленным.
Все совпадения с реальными объектами являются случайными.
Автор настоящего документа за такие совпадения
ответственности не несет**

г. Город
2011 год



Блог консультанта по пожарной безопасности

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ	3
2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН ПОЖАРНОГО РИСКА	4
2.1 Сущность метода	4
2.2 Основные расчетные величины индивидуального пожарного риска.....	5
3. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРОГО ПРОВЕДЕН РАСЧЕТ ПО ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОГО РИСКА	7
4. ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ.....	14
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ.....	29
6. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЕЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА	30
6.1. Выбор и формулировка сценария развития пожара	30
6.2. Формулировка математической модели развития пожара.....	33
6.3. Моделирование динамики развития пожара и определение времени блокирования	38
7. ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ЛЮДЕЙ.....	45
7.1. Методика определения расчетного времени эвакуации людей.....	45
7.2. Расчет времени эвакуации	48
7.3. Определение вероятности эвакуации людей	59
8. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА	60
9. РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	62
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СПРАВОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ	64

1. ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

Задачей расчета является проверка уровня обеспечения пожарной безопасности объекта защиты. Мерой уровня обеспечения пожарной безопасности, согласно Федерального закона от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», является значение пожарного риска – возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

Расчет выполнен в соответствии с «Правилами проведения расчетов по оценке пожарного риска», утвержденными Постановлением Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 г. № 272.

2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ВЕЛИЧИН ПОЖАРНОГО РИСКА

2.1 Сущность метода

Расчет по оценке пожарного риска выполнен по «Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», утвержденной приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

Данная методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (далее – Методика) устанавливает порядок определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях (далее – здание) и распространяется на здания классов функциональной пожарной опасности: Ф1, Ф2, Ф3, Ф4.

Расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с нормативным значением пожарного риска, установленным Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – Технический регламент).

Определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании:

- а) анализа пожарной опасности зданий;
- б) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- г) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- д) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий.

Определение расчетных величин пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для персонала и посетителей в здании. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (далее – ОФП) на человека, находящегося в здании. Перечень ОФП установлен статьей 9 Технического регламента.

Частота воздействия опасных факторов пожара определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

2.2 Основные расчетные величины индивидуального пожарного риска

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (1)$$

где Q_B^H – нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_B^H = 10^{-6}$ год⁻¹;

Q_B – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска Q_B в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_B = Q_{п.} \cdot (1 - R_{ап.}) \cdot P_{пр.} \cdot (1 - P_{э.}) \cdot (1 - P_{п.з.}), \quad (2)$$

где $Q_{п.}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении № 1 к Методике. При наличии данных о количестве людей в здании необходимо использовать уточненную оценку, а при их отсутствии – оценку в расчете на одно учреждение. При отсутствии статистической информации допускается принимать $Q_{п.} = 4 \cdot 10^{-2}$ для каждого здания. Оценку частотных характеристик возникновения пожара также допускается выполнять исходя из статистических данных, публикуемых в научно-техническом журнале «Пожарная безопасность»;

$R_{ап.}$ – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (далее – АУПТ). Значение параметра $R_{ап.}$ определяется технической надежностью элементов АУПТ, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{ап.} = 0,9$. При отсутствии в здании систем автоматического пожаротушения $R_{ап.}$ принимается равной нулю;

$P_{пр.}$ – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $P_{пр.} = t_{функц.} / 24$, где $t_{функц.}$ – время нахождения людей в здании в часах;

$P_{э.}$ – вероятность эвакуации людей;

$P_{п.з.}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Вероятность эвакуации $P_{э.}$ рассчитывают по формуле:

$$P_{э.} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл.} - t_p}{t_{нэ.}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл.} < t_p + t_{нэ.} \text{ и } t_{ск.} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ.} \leq 0,8 \cdot t_{бл.} \text{ и } t_{ск.} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл.} \text{ или } t_{ск.} > 6 \text{ мин} \end{cases}, \quad (3)$$

где t_p – расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{нэ.}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{бл.}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_{ск.}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу одним из следующих способов:

по упрощенной аналитической модели движения людского потока, приведенной в приложении № 2 к Методике;

по математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания, приведенной в приложении № 3 к Методике;

по имитационно-стохастической модели движения людских потоков, приведенной в приложении № 4 к Методике.

Выбор способа определения расчетного времени эвакуации производится с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей контингента (его однородности) людей, находящихся в нем.

При определении расчетного времени эвакуации учитываются данные, приведенные в приложении № 5 к Методике, в частности принципы составления расчетной схемы эвакуации людей, параметры движения людей различных групп мобильности, а также значения площадей горизонтальных проекций различных контингентов людей.

При проведении расчетов следует также учитывать, что при наличии двух и более эвакуационных выходов общая пропускная способность всех выходов, кроме каждого одного из них, должна обеспечить безопасную эвакуацию всех людей, находящихся в помещении, на этаже или в здании.

Время начала эвакуации $t_{нэ}$ определяется в соответствии с пунктом 1 приложения № 5 к Методике.

Время блокирования путей эвакуации $t_{бл}$ вычисляется путем расчета времени достижения ОФП предельно допустимых значений на эвакуационных путях в различные моменты времени. Порядок проведения расчета и математические модели для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара приведен в приложении № 6 к Методике.

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $R_{пз}$, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей, рассчитывается по формуле:

$$R_{пз} = 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{соуэ}) \cdot (1 - R_{обн} \cdot R_{пдз}), \quad (4)$$

где $R_{обн}$ – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации. Значение параметра $R_{обн}$ определяется технической надежностью элементов системы пожарной сигнализации, приводимых в технической документации. При отсутствии сведений по параметрам технической надежности допускается принимать $R_{обн} = 0,8$;

$R_{соуэ}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{пдз}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Порядок оценки параметров $R_{обн}$, $R_{соуэ}$ и $R_{пдз}$ приведен в разделе IV Методики.

3. ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ, В ОТНОШЕНИИ КОТОРОГО ПРОВЕДЕН РАСЧЕТ ПО ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОГО РИСКА

Наименование объекта защиты: нежилое помещение.

Общая площадь помещения: 3 628,0 м².

Инвентарный номер основного строения по данным ОТИ: 000.

Адрес местонахождения объекта защиты: 000000, Областная область, г. Город, ул. Уличная, 00.

Наименование объекта защиты в соответствии с фактическим использованием: помещение Муниципального учреждения театрально-концертный комплекс «Драматический театр им. Великого писателя».

Помещения МУ ТКК «Драматический театр им. Великого писателя» (далее – «Драматический театр» либо «театр») занимают часть здания. В других его частях размещены Управление культуры, информации и рекламы Администрации г.о. Город и Центральная городская библиотека им. Библиофила. Объект защиты расположен в части 1-го, 2-го, 3-го и подвального этажей здания. Общая площадь помещений, занимаемых театром, составляет 3 628,0 м³.

Здание, в котором размещено помещение Драматического театра, построено в 1963 году.

Здание трехэтажное с подвальным этажом.

Помещения Драматического театра включают:

- помещения зрительского комплекса;
- помещения демонстрационного комплекса (зрительный зал, сцена; помещения технологического обеспечения сцены);
- помещения, обслуживающие сцену (для творческого и технического персонала; склады);
- административно-хозяйственные помещения.

Помещения зрительского комплекса состоят из входных, рекреационных и санитарно-гигиенических.

Входная группа помещений состоит из входного вестибюля, совмещенного с кассовым, и распределительного вестибюля с гардеробной. Во входной группе размещены также кабина кассы и кабинет администратора.

Рекреационную группу составляют: кулуары и курительные комнаты (не эксплуатируются в связи с запретом курения в театре), расположенные на 1-м этажа по обе стороны зрительного зала; фойе 2-го и 3-го этажей; буфет, размещенный на 2-м этаже. Помещения, обслуживающие рекреационную группу, включают доготовочную, моечную, кладовую буфета.

К санитарно-гигиеническим помещениям относятся расположенные на 1-м этаже женские и мужские санитарные узлы.

Демонстрационный комплекс театра состоит из зрительного зала с партером и балконом общей вместимостью 644 места и глубинной колосниковой сцены. Сцена театра с одним карманом без арьерсцены. Ширина сцены 18 м, глубина – 14,8 м, высота сцены (от уровня планшета до верха колосникового настила) – 14

м. Ширина строительного портала 10,8 м, высота – 6 м. Ширина игрового портала 9 м, высота – 5 м. Ширина кармана 6,1 м, глубина – 9,1 м, высота (от пола до пола вышележащего этажа) – 6,9 м.

По боковым и задней стенам сцены предусмотрены три яруса рабочих галерей. Высота от планшета сцены до 1-й рабочей галереи 7 м, до 2-й рабочей галереи – 9,3 м, до 3-й рабочей галереи – 11,6 м. Между боковыми рабочими галереями предусмотрены переходные мостики.

Под планшетом сцены предусмотрен трюм с размерами в плане, равными размерам сцены. Высота трюма до низа выступающих конструкций составляет 2,3 м.

Между красной линией сцены и внутренним краем проема оркестровой ямы предусмотрена прямолинейная авансцена площадью 13 м². Боковые крылья авансцены (калиперы) продолжены до пересечения их с поперечным проходом зрительного зала. С авансцены предусмотрен выход в зрительный зал, на уровень первых рядов зрительских мест, через трап над оркестровой ямой по приставной лестнице-сходу, установленной у барьера сцены в средней части.

Оркестровая яма запроектирована выпуклой в зал. Ширина оркестровой ямы составляет 3 м, ширина проема – 2 м; высота (от уровня пола до низа выступающих конструкций) составляет 1,8 м, площадь – 28 м².

Для обслуживания рабочих галерей и верхней части сцены предусмотрены две колосниковые лестничные клетки от уровня пола трюма до уровня колосникового настила.

Помещения технологического обеспечения сцены состоят из:

- осветительных боковых лож — у боковых стен зала;
- ложи звукорежиссера и художника по свету, выгороженных в объеме зрительного зала, у задней стены;
- диммерной, расположенной в трюме сцены.

Помещения, обслуживающие сцену, представлены:

- расположенными на 1-м и 2-м этажах артистическими уборными;
- гримерно-парикмахерской, расположенной на 2-м этаже;
- репетиционным залом, расположенным на 2-м этаже;
- залом для танцевальных занятий, расположенным на 3-м этаже;
- студией звукозаписи, расположенной на 3-м этаже;
- складами: декораций и постановочного имущества, реквизита, костюмов, обуви;
- сейфом мягких скатанных декораций, размещенным в трюме сцены.

Административно-хозяйственные помещения театра расположены преимущественно на 2-м этаже и состоят из кабинетов: директора с приемной, заместителя директора, главного режиссера театра, отдела кадров, бухгалтерии. На 1-м этаже расположены входной вестибюль для персонала с постом вахтера и гардеробом верхней одежды, кабинет заместителя директора театра по административно-хозяйственной части и комната контролеров. В подвале расположены бытовые помещения технического персонала (монтировщиков, рабочего по обслуживанию здания, электрика), материальный и вспомогательные склады, калориферная, электрощитовая.

Вход в здание для персонала театра обособлен от входа для зрителей и предусмотрен в блоке помещений, обслуживающих сцену, и административных помещений.

В комплексе зрительских помещений театра предусмотрены две внутренние открытые лестницы, ведущие из распределительного вестибюля, расположенного на 1-м этаже, в фойе 2-го этажа. Подъем на 3-й этаж осуществляется через две закрытые лестничные клетки. Указанные лестничные клетки, размещенные в зрительском комплексе, обеспечивают сообщение между этажами от подвального до третьего, а также имеют выход наружу. Одна из лестничных клеток имеет выход на чердак.

В комплексе помещений, обслуживающих сцену, имеется одна лестничная клетка, обеспечивающая сообщение между этажами от подвального до 2-го.

Подвальный этаж (часть этажа, занимаемая театром) состоит из двух не сообщающихся между собой частей. Одна из частей расположена под блоком зрительских помещений, другая – под демонстрационным комплексом и блоком помещений, обслуживающих сцену.

Пожарный пост и пожарная повысительная насосная не входят в состав помещений, эксплуатируемых театром. Пожарный пост расположен на 1-м этаже, рядом со сценой, повысительная насосная находится в подвальном этаже, под помещением пожарного поста.

Фактические пределы огнестойкости строительных конструкций, в основном, соответствуют минимально установленным для зданий II степени огнестойкости, п. 5.18 и таблицей 4 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» – II.

Класс конструктивной пожарной опасности здания, определенный по фактическим классам пожарной опасности строительных конструкций по п. 5.19 и таблице 5 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» – С0.

Численность работников театра составляет 75 человек.

Режим работы административного и технического персонала дневной, восьмичасовой рабочий день (с 9-00 до 18-00), пятидневная рабочая неделя (с понедельника по пятницу), суббота и воскресенье – выходные дни.

В ночное время в помещениях театра находится 1 человек – вахтер.

Театральный сезон открывается, как правило, в начале октября и заканчивается в начале – конце мая.

Показ театральных постановок проводится в пятницу, субботу и воскресенье. В пятницу и субботу проводится по одному вечернему спектаклю, по воскресеньям кроме вечернего спектакля утром показывают представление для детей. В дни школьных каникул (в период театрального сезона) ежедневно проводятся показы утренних детских спектаклей; в новогодние каникулы ежедневно проводятся по два представления для детей, в утреннее и дневное время.

Драматический театр выполняет также функцию общегородского зала для торжественных собраний, праздничных мероприятий и концертного зала. Такие мероприятия могут проводиться круглый год, в т.ч. вне театрального сезона.

Зрительный зал вмещает 644 зрителя, из них 481 место в партере, 163 – на балконе.

Количество посетителей театра в 2010 году составило 102 000 человек.

Максимальное количество людей, одновременно находящихся в демонстрационном комплексе театра, как правило, не превышает 700 человек; в том числе:

- артистов и технического персонала – 56 человек,
- зрителей – 644 человека.

Кроме зрительного зала к помещениям театра с массовым пребыванием людей (50 человек и более) можно отнести репетиционный зал.

Из различных частей здания имеется 10 эвакуационных выходов наружу:

Из части здания, занимаемой Драматическим театром, имеется 6 эвакуационных выходов наружу:

- один выход через распределительный и входной вестибюли;
- по одному выходу из двух лестничных клеток, находящихся в комплексе зрительских помещений;
- по одному выходу из кулуаров слева и справа от зрительного зала, через курительные помещения;
- выход в комплексе помещений, обслуживающих сцену, через лестничную клетку и вестибюль.

Выходы непосредственно наружу, предназначенные для погрузки и выгрузки декораций и реквизита, имеют карман сцены и склад реквизита, расположенный в подвальном этаже.

Эвакуационные выходы из части здания, занимаемой Драматическим театром, одновременно являются эвакуационными выходами с первого этажа (части этажа, занимаемого театром). Кроме того, в качестве эвакуационных выходов из части первого этажа, занимаемой театром, могут рассматриваться выходы из коридоров, примыкающих к сценической коробке, в вестибюль, расположенный в южной части здания, занимаемой Управлением культуры, информации и рекламы Администрации г.о. Город. Указанные выходы открываются при проведении театральных постановок и других массовых мероприятий в театре.

Из части второго этажа здания, занимаемой театром, имеется 5 эвакуационных выходов:

- два выхода из фойе второго этажа по внутренним открытым лестницам, ведущим в распределительный вестибюль театра;
- два выхода в лестничные клетки, расположенные в комплексе зрительских помещений;
- один выход в лестничную клетку из комплекса помещений, обслуживающих сцену.

Кроме того, в качестве эвакуационного выхода с указанной части второго этажа может рассматриваться выход в лестничную клетку из блока помещений буфета.

С третьего этажа театра имеется два выхода в лестничные клетки.

Из одной части подвального этажа (расположенной под блоком зрительских помещений) имеется два эвакуационных выхода в лестничные клетки, служащие для сообщения между подземным и наземными этажами.

Из другой части подвального этажа имеется один выход в лестничную клетку в комплексе помещений, обслуживающих сцену, обеспечивающую сообщение между подземным и наземными этажами, а также выходы в две колосниковых лестницы. Выход непосредственно наружу из склада реквизита в качестве эвакуационного рассматриваться не может, т.к. предназначен для погрузки и выгрузки, и по своим геометрическим параметрам не соответствует требованиям, предъявляемым к эвакуационным выходам. Выход из части подвального этажа, занимаемой театром, в другую часть этажа, занимаемую Управлением культуры, также не рассматривается в качестве эвакуационного, т.к. находится в запортом состоянии.

Из партера зрительного зала театра имеется четыре эвакуационных выхода:

- два выхода в кулуары, находящиеся на первом этаже;
- два выхода в фойе второго этажа.

С балкона зрительного зала имеется два эвакуационных выхода в фойе третьего этажа.

Со сцены имеется два эвакуационных выхода.

По два эвакуационных выхода имеется с каждого яруса рабочих галерей сцены и колосникового настила – в колосниковые лестничные клетки.

Из оркестровой ямы, трюма сцены, сейфа скатанных декораций имеется по два эвакуационных выхода.

Также два эвакуационных выхода имеется из репетиционного зала, расположенного на втором этаже.

В соответствии с п. 5.21 СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений» класс функциональной пожарной опасности объекта защиты – Ф2.1 (театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях).

В составе объекта защиты имеются также складские помещения, относящиеся к классу функциональной пожарной опасности Ф 5.2.

Согласно приложению 1* НПБ 88-2001* «Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования», помещения объекта защиты, по степени опасности развития пожара в зависимости от функционального назначения и пожарной нагрузки относятся к 1-й группе помещений. Пожарная нагрузка в этих помещениях, по сравнению с помещениями других групп, относительно мала. К данной группе по функциональному назначению относятся: помещения книгохранилищ, библиотек, цирков, хранения сгораемых музейных ценностей, фондохранилищ, музеев и выставок, картинных галерей, концертных и киноконцертных залов, ЭВМ, магазинов, зданий управлений, гостиниц, больниц.

Согласно источнику [8], в сценической коробке театров может сосредотачиваться до 3 000 м² тканей («одежда» сцены, декорации) и десятки

тонн древесины (планшет сцены, галереи, колосники, декорации и бутафории). Пожарная нагрузка с сильно развитой поверхностью в сценическом комплексе достигает $200 - 350 \text{ кг/м}^2$ [10].

Горючую нагрузку зрительского комплекса составляют конструкции полов, отделка подвесных потолков, балконов и ярусов, кресла. Величина пожарной нагрузки в зрительных залах находится в пределах $30 - 50 \text{ кг/м}^2$ [8, 10].

Большое количество пожарной нагрузки сосредоточено в складских помещениях: деревянные стеллажи, декорации и реквизит из тканей, бумага, картона, древесины и полимерных материалов.

Пожарная нагрузка в административных помещениях состоит из: корпусной мебели из ламинированных плит ДСП и фанеры (столы, стулья, шкафы), а также мягкой мебели; штор из текстильных материалов; бумаги и картона в стопках, рулонах и на стеллажах; выполненных из полимерных материалов корпусов компьютеров и оргтехники.

Величина функциональной пожарной нагрузки в помещениях театра, по оценкам приложения 2 МДС 21-1.98 Предотвращение распространения пожара (пособие к СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений») составляет $181 - 650 \text{ МДж}^2$.

Конструктивную пожарную нагрузку в здании составляют: деревянные стропила и обрешетка чердака, деревянный настил сцены и отделка оркестровой ямы, настил рабочих галерей сцены и колосников, деревянное основание полов, покрытия полов (линолеум, ковровые покрытия), заполнения проемов (оконных и дверных – из массива древесины, МДФ и профиля ПВХ), отделка стен (виниловые и бумажные обои, стеновые панели из ламинированных плит ДСП, МДФ и ПВХ), горючая изоляция электрических проводов и кабелей.

В здании имеется система автоматической пожарной сигнализации (АУПС) с преимущественно точечными дымовыми пожарными извещателями; перед выходами из помещений, в коридорах, в лестничных клетках, перед выходами из здания установлены ручные пожарные извещатели.

Приборы приемно-контрольные и управления пожарные расположены в помещении пожарного поста. Сигналы от АУПС передаются по радиоканалу на пункт центрального наблюдения – ЦППС 0 отряда ФПС Областной области.

Оповещение при пожаре предусмотрено только в демонстрационном комплекте, соответствующей системой (оповещения и управления эвакуацией людей) 3-го типа.

Сценическая коробка театра, а также складские помещения театра защищены системой водяного пожаротушения (спринклерной и дренчерной). Указанная система на момент проверки находится в неработоспособном состоянии.

В покрытии над сценой имеются дымовые люки. Предусмотрено дистанционное управление открыванием люков из помещения пожарного поста, с ручным приводом. Данная система противодымной защиты находится в неработоспособном состоянии.

В здании имеется внутренний противопожарный водопровод, на котором установлено 25 пожарных кранов. Пожарные краны установлены в коридорах и вестибюлях, на площадках лестничных клеток, на планшете и в трюме сцены, на рабочих галереях и колосниковом настиле сцены. Предусмотрено дистанционное включение пожарных насосов-повысителей от кнопок, установленных рядом с пожарными кранами. Указанная система управления пожарными насосами находится в неработоспособном состоянии.

Наружное пожаротушение объекта защиты обеспечивается от городской сети наружного объединенного противопожарного и хозяйственного водопровода. Ближайшие к зданию пожарные гидранты – ПГ-92 по ул. Уличной, ПГ-89 и ПГ-91 по ул. Социалиста расположены на расстоянии 5 – 70 м.

Помещения объекта защиты обеспечены первичными средствами пожаротушения (ручными огнетушителями).

Выход на кровлю здания предусмотрен по двум наружным пожарным лестницам, а также через чердак – из лестничной клетки и из помещения студии звукозаписи.

По периметру кровли предусмотрено металлическое ограждение.

4. ПОСТРОЕНИЕ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ

Для целей моделирования динамики развития пожара и определения расчетного времени эвакуации людей при пожаре была составлена пространственная модель (топология) помещений Драматического театра.

В состав расчетной модели включены помещения демонстрационного комплекса театра с прилегающими к нему фойе и коридорами.

Модель объекта защиты построена на основании Технического паспорта на нежилое помещение, выполненного Городским филиалом ГУП Областной области «Центр технической инвентаризации», предоставленного Заказчиком.

С целью уточнения размеров эвакуационных путей и выходов проводились их натурные обмеры.

Фрагменты поэтажных планов помещения Драматического театра и разрез, использованные при построении модели объекта защиты показаны на рисунках 1 – 3.

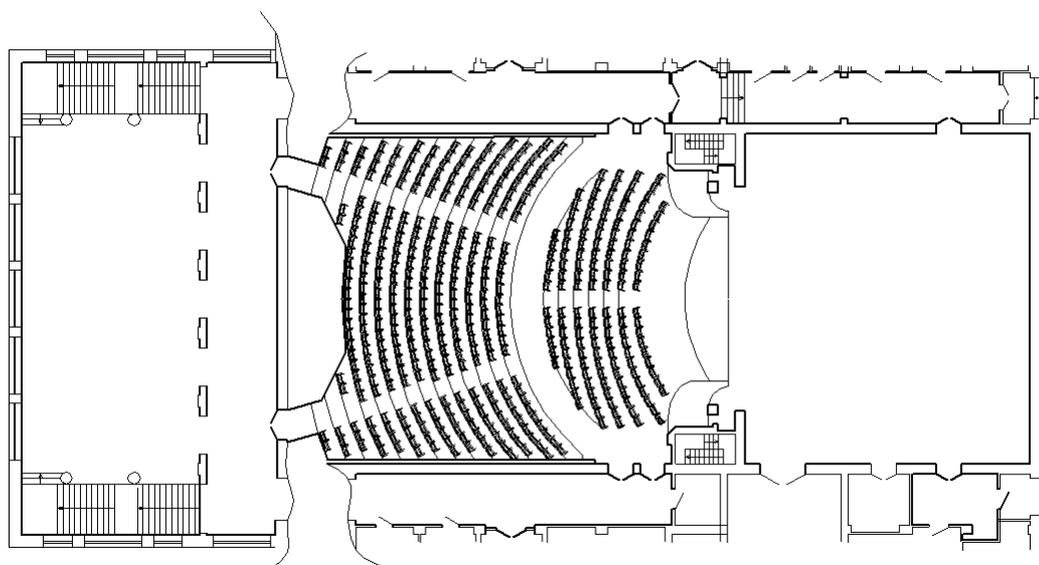


Рис. 1. Фрагмент поэтажных планов: партер зрительного зала, сцена, кулуары и коридоры 1-го этажа, фойе 2-го этажа

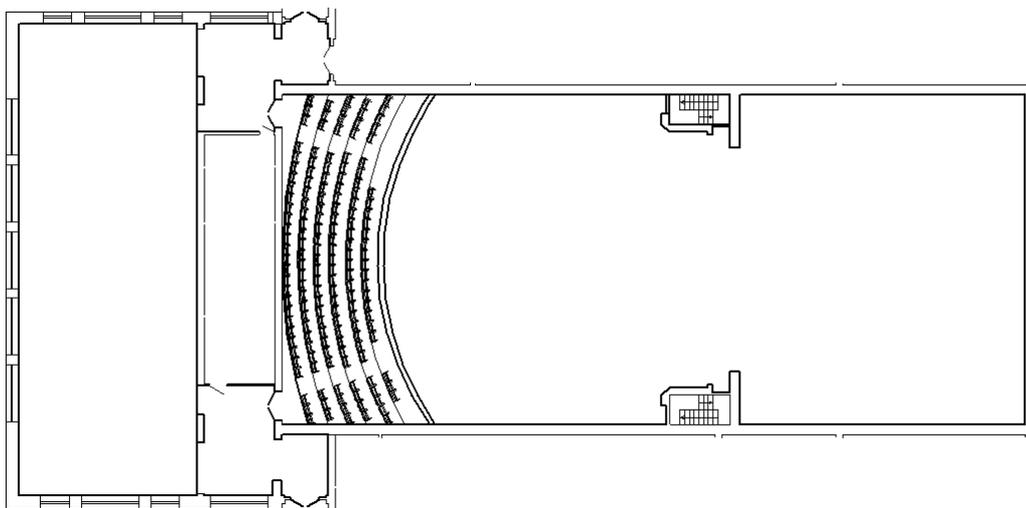


Рис. 2. Фрагмент поэтажных планов: балкон зрительного зала, сцена, фойе 3-го этажа

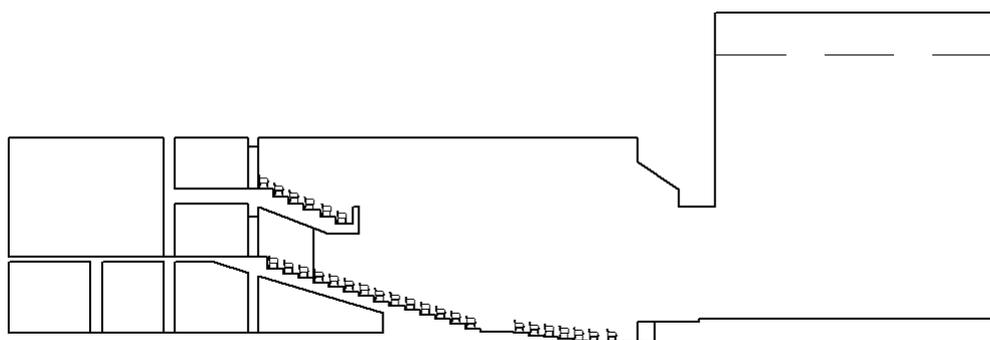


Рис. 3. Разрез помещений зрительского комплекса с прилегающими вестибюлем, фойе 2-го и 3-го этажей

Построение расчетной модели выполнено в комплексе программ «СИТИС: Спринт» для расчета пожарного риска.

Расчетная модель показана на рисунках 4 – 10, параметры модели приведены в таблице 1.

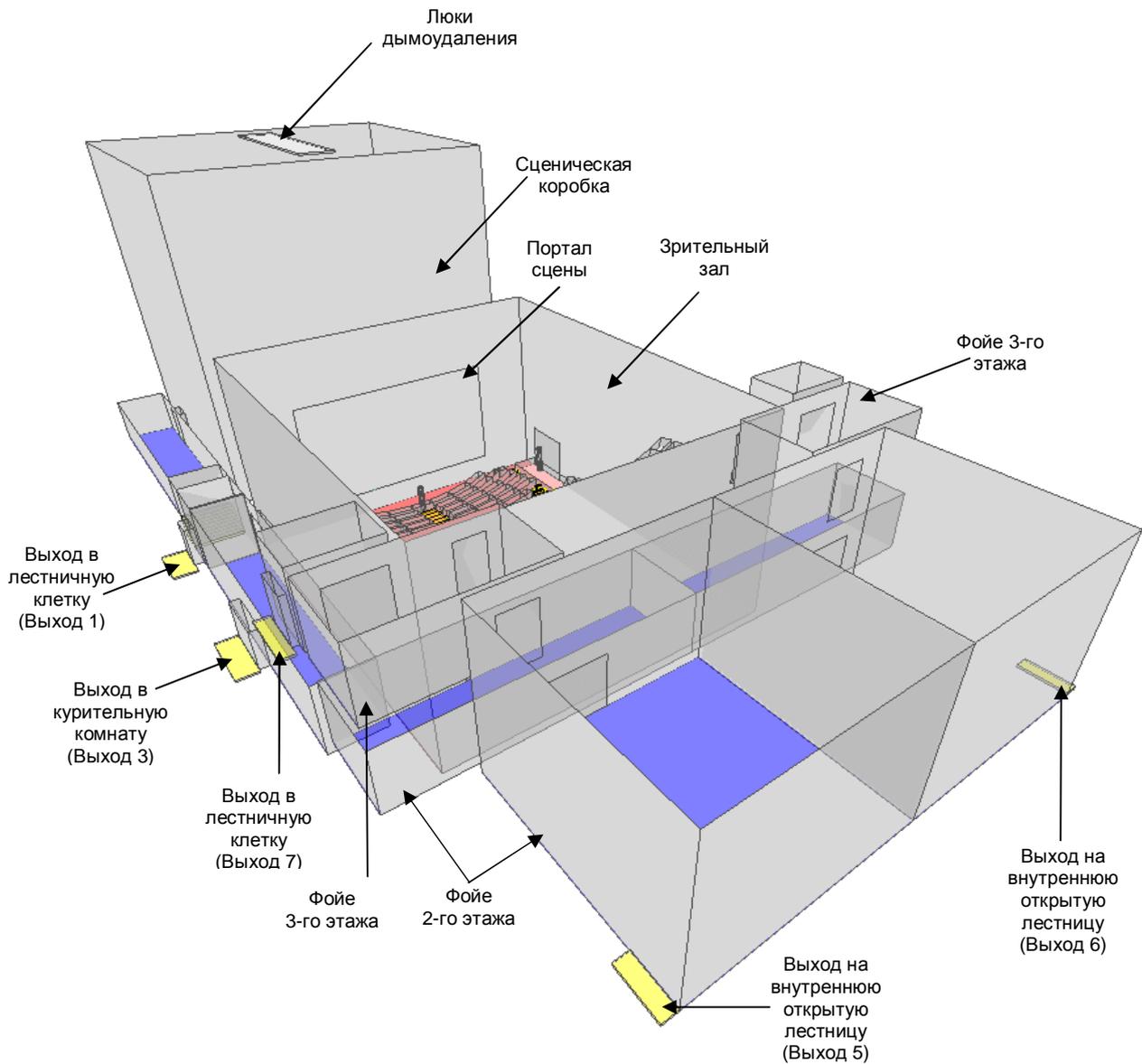


Рис. 4. Общий вид модели сбоку

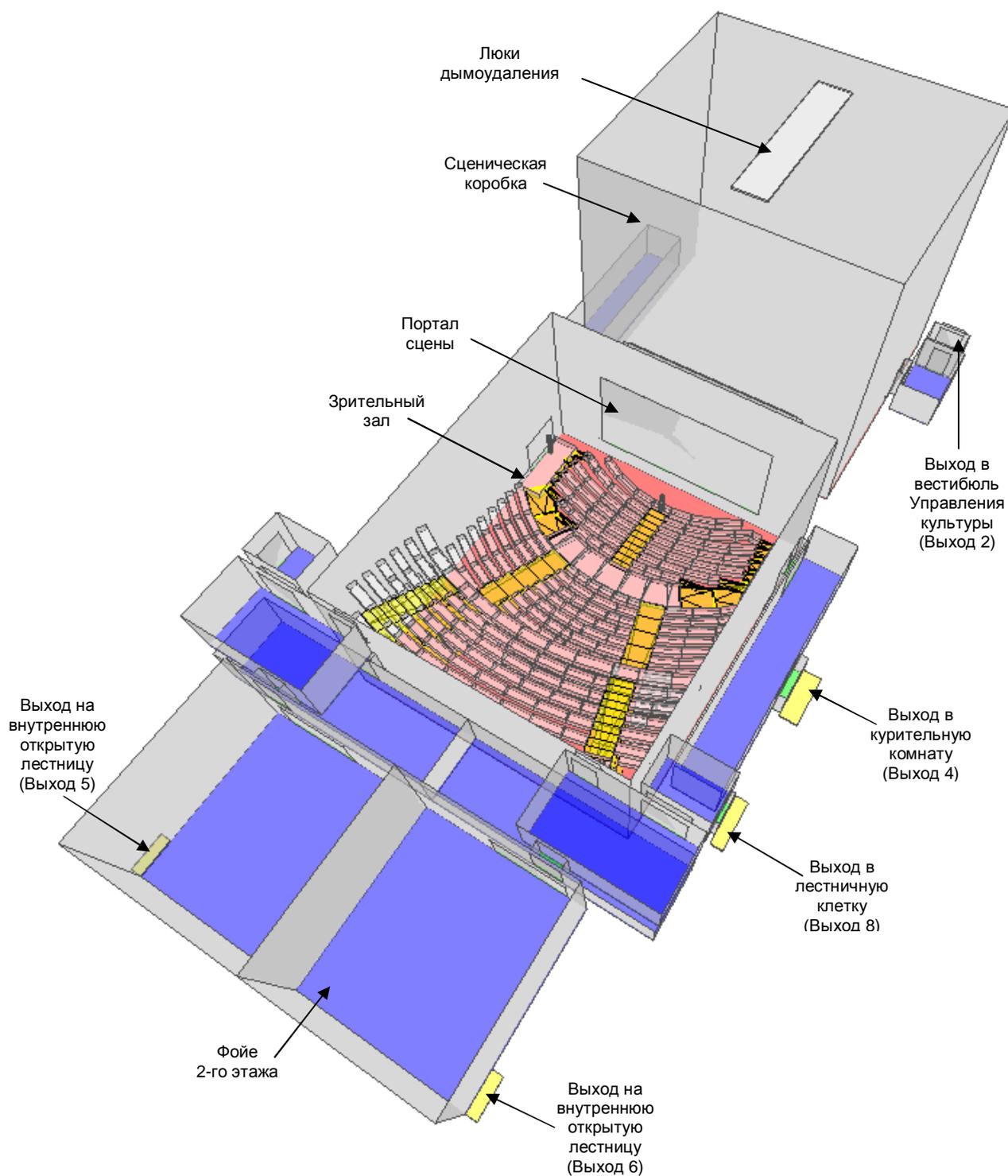


Рис. 5. Общий вид модели сверху

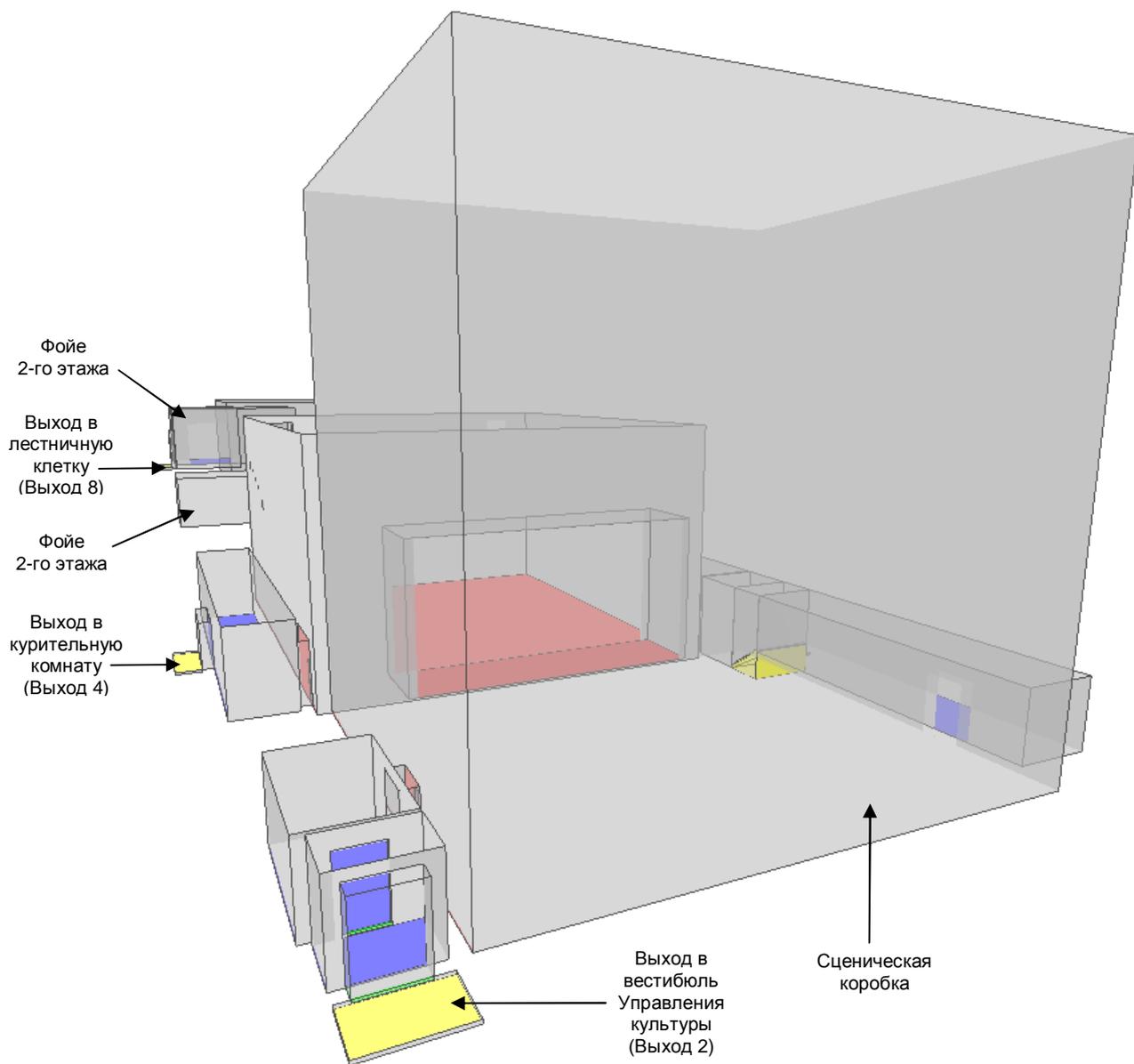


Рис. 6. Общий вид модели с тыльной стороны

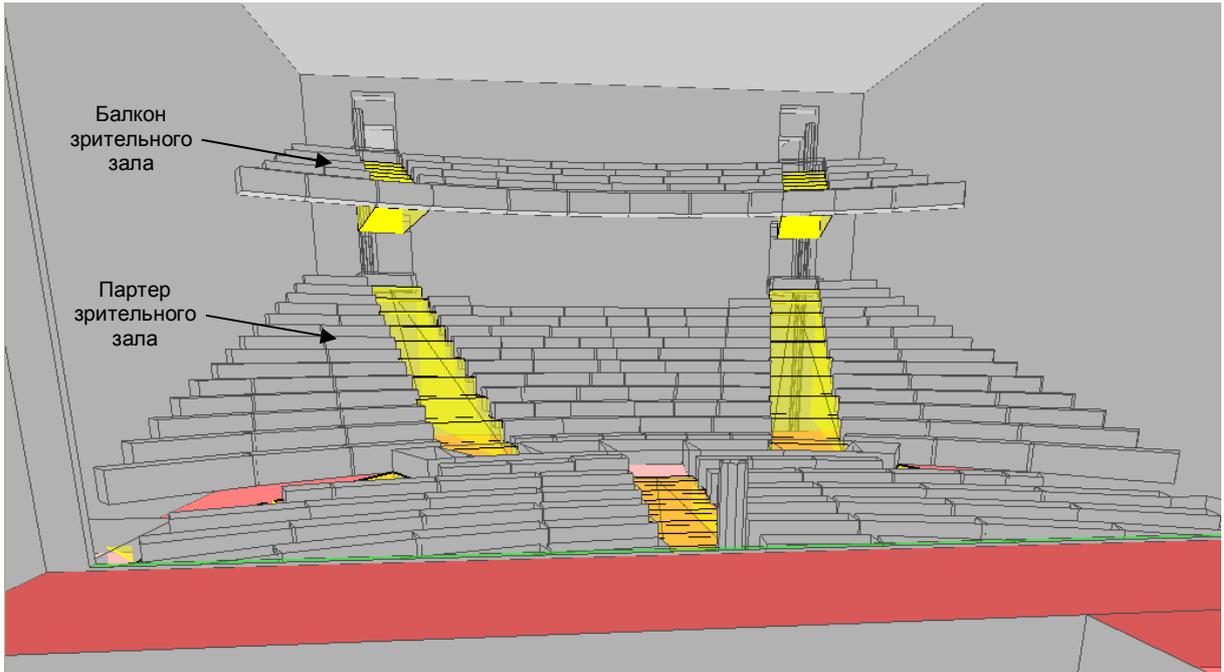


Рис. 7. Фрагмент модели: вид зрительного зала со сцены

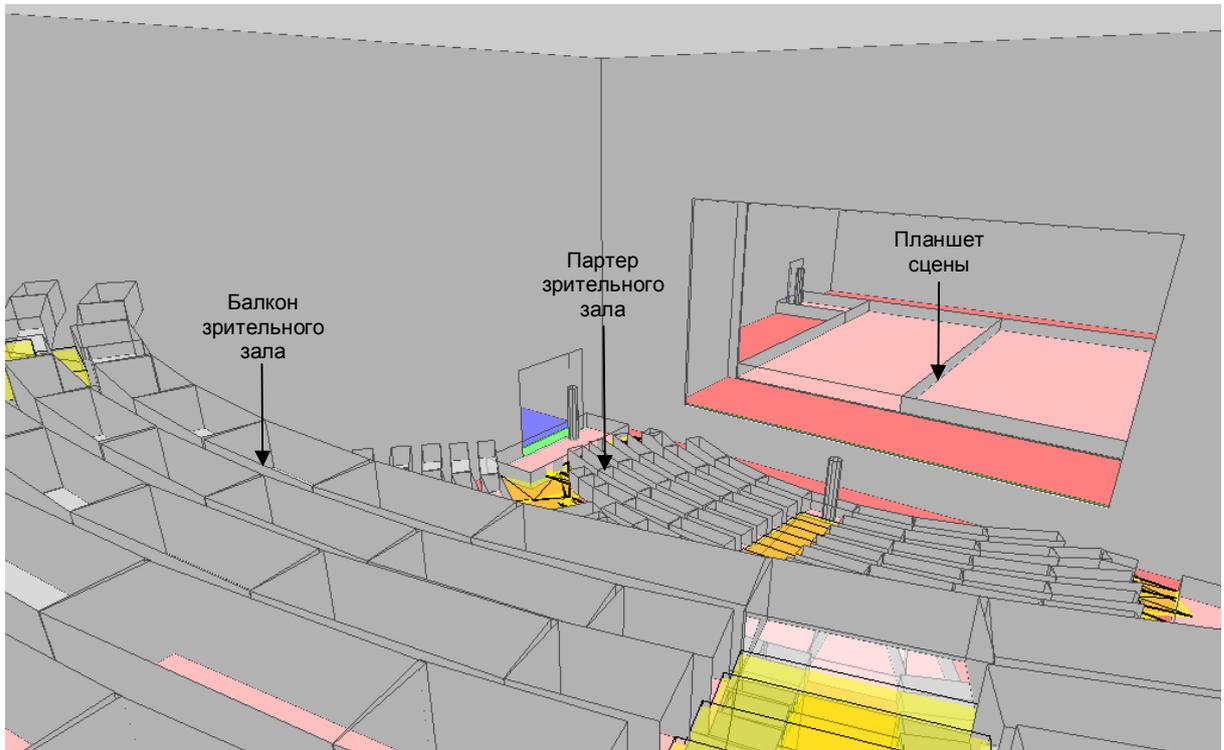


Рис. 8. Фрагмент модели: вид зрительного зала с балкона

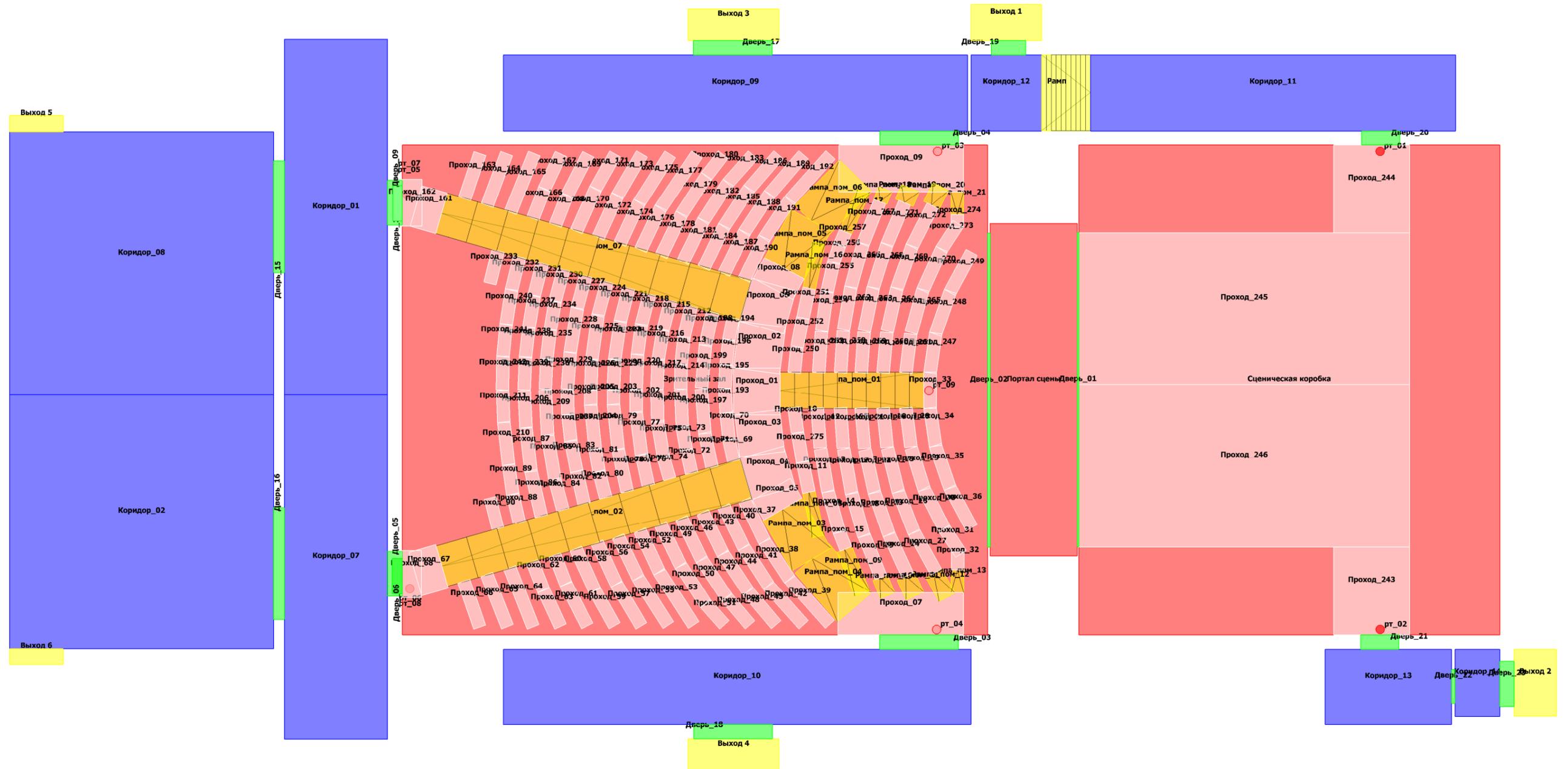


Рис. 9. Фрагмент топологии: партер зрительного зала, сцена, кулуары и коридоры 1-го этажа, фойе 2-го этажа

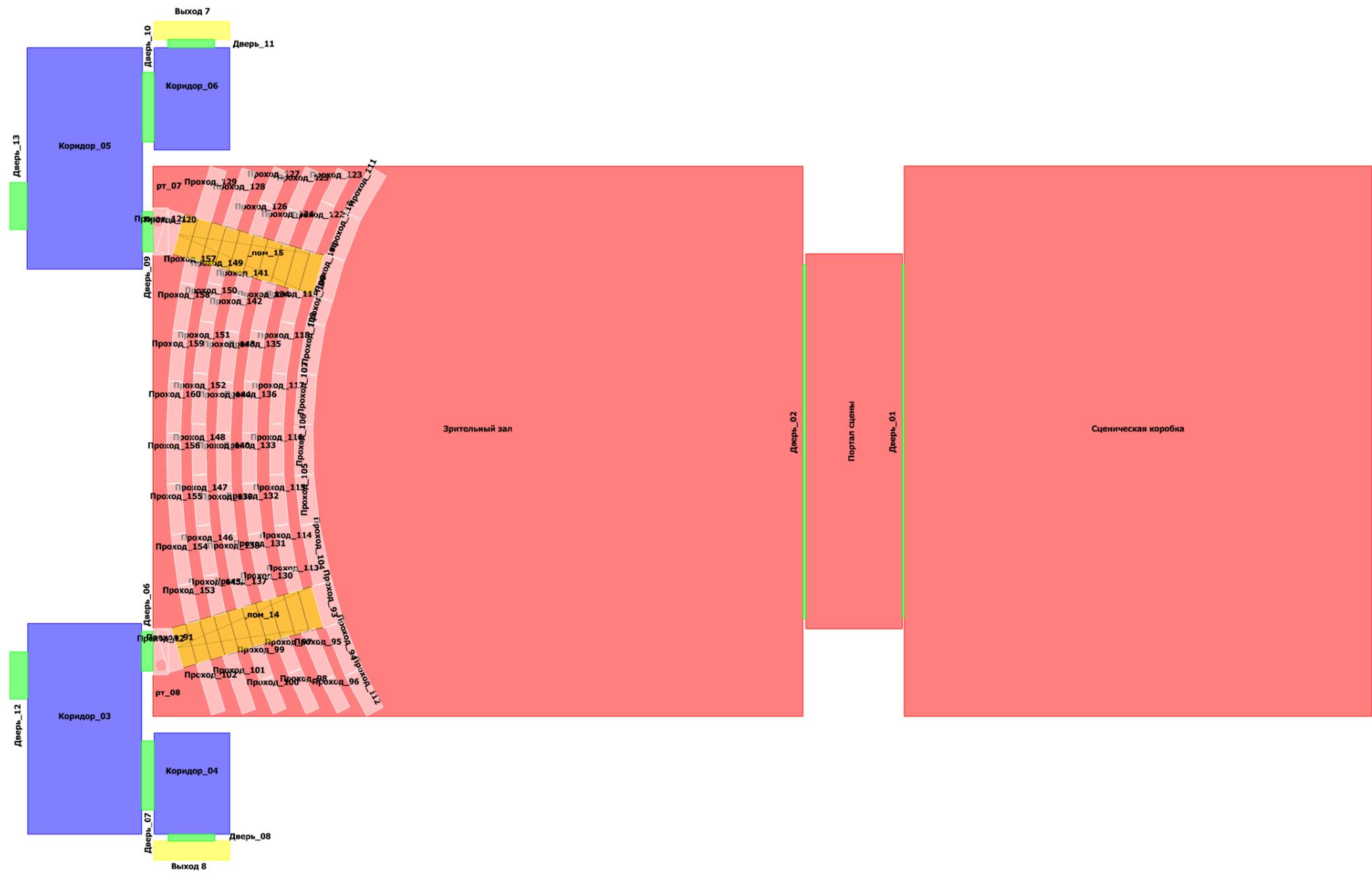


Рис. 10. Фрагмент топологии: балкон зрительного зала, сцена, фойе и коридоры 3-го этажа

Геометрические размеры помещений,
эвакуационных выходов и путей эвакуации

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м
1-й этаж					4.80	
	Зрительный зал		20.84	17.48	10.87	
		Дверь_03	0.51	2.80	2.68	0.00
		Дверь_04	0.51	2.80	2.68	0.00
		Дверь_05	0.54	1.60	2.36	0.00
		Дверь_06	0.36	1.27	2.24	0.00
		Дверь_09	0.33	1.27	2.24	0.00
		Дверь_14	0.53	1.60	2.36	0.00
		Проход_01	1.66	1.66	0.50	0.00
		Проход_02	1.66	1.66	0.50	0.00
		Проход_03	1.61	1.51	0.50	0.00
		Проход_04	1.61	1.52	0.50	0.00
		Проход_05	1.57	0.82	0.50	0.00
		Проход_06	1.64	1.59	0.50	0.00
		Проход_07	4.47	1.49	0.50	0.00
		Проход_08	1.61	0.84	0.50	0.00
		Проход_09	4.43	1.67	0.50	0.00
		Проход_10	0.89	0.45	0.54	0.00
		Проход_100	1.14	0.45	0.50	0.00
		Проход_101	1.94	0.45	0.50	0.00
		Проход_102	1.70	0.45	0.50	0.00
		Проход_103	1.36	0.67	0.50	0.00
		Проход_104	1.96	0.60	0.50	0.00
		Проход_105	1.61	0.60	0.50	0.00
		Проход_106	1.62	0.60	0.50	0.00
		Проход_107	1.61	0.60	0.50	0.00
		Проход_108	1.63	0.60	0.50	0.00
		Проход_109	0.87	0.60	0.50	0.00
		Проход_11	1.11	0.45	0.50	0.00
		Проход_110	1.48	0.60	0.50	0.00
		Проход_111	1.67	0.60	0.50	0.00
		Проход_112	1.45	0.60	0.50	0.00
		Проход_113	0.69	0.45	0.50	0.00
		Проход_114	1.50	0.45	0.50	0.00
		Проход_115	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_116	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_117	1.61	0.45	0.50	0.00
		Проход_118	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_119	1.08	0.45	0.50	0.00
		Проход_12	1.42	0.45	0.50	0.00
		Проход_120	1.35	0.53	0.50	0.00
		Проход_121	1.50	0.50	0.50	0.00
		Проход_122	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_123	1.18	0.45	0.50	0.00
		Проход_124	1.12	0.45	0.50	0.00
		Проход_125	1.44	0.45	0.50	0.00

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м
		Проход_126	1.08	0.45	0.50	0.00
		Проход_127	1.20	0.45	0.50	0.00
		Проход_128	1.95	0.45	0.50	0.00
		Проход_129	1.70	0.54	0.50	0.00
		Проход_13	1.56	0.45	0.50	0.00
		Проход_130	0.68	0.45	0.50	0.00
		Проход_131	1.48	0.45	0.50	0.00
		Проход_132	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_133	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_134	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_135	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_136	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_137	0.81	0.45	0.50	0.00
		Проход_138	1.56	0.44	0.50	0.00
		Проход_139	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_14	1.52	0.45	0.50	0.00
		Проход_140	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_141	0.68	0.45	0.50	0.00
		Проход_142	1.18	0.45	0.50	0.00
		Проход_143	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_144	1.61	0.45	0.50	0.00
		Проход_145	1.27	0.45	0.50	0.00
		Проход_146	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_147	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_148	1.61	0.45	0.50	0.00
		Проход_149	0.54	0.45	0.50	0.00
		Проход_15	0.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_150	1.26	0.45	0.50	0.00
		Проход_151	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_152	1.61	0.45	0.50	0.00
		Проход_153	1.22	0.45	0.50	0.00
		Проход_154	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_155	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_156	1.60	0.45	0.50	0.00
		Проход_157	0.79	0.45	0.50	0.00
		Проход_158	1.53	0.45	0.50	0.00
		Проход_159	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_16	1.44	0.45	0.50	0.00
		Проход_160	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_161	1.50	0.95	0.50	0.00
		Проход_162	1.68	0.70	0.50	0.00
		Проход_163	1.70	0.45	0.50	0.00
		Проход_164	1.97	0.45	0.50	0.00
		Проход_165	2.26	0.45	0.50	0.00
		Проход_166	1.14	0.45	0.50	0.00
		Проход_167	1.39	0.45	0.50	0.00
		Проход_168	1.15	0.45	0.50	0.00
		Проход_169	1.67	0.45	0.50	0.00
		Проход_17	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_170	1.67	0.45	0.50	0.00
		Проход_171	1.44	0.45	0.50	0.00
		Проход_172	1.66	0.45	0.50	0.00

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м
		Проход_173	1.74	0.45	0.50	0.00
		Проход_174	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_175	2.05	0.45	0.50	0.00
		Проход_176	1.67	0.45	0.50	0.00
		Проход_177	2.32	0.45	0.50	0.00
		Проход_178	1.67	0.45	0.50	0.00
		Проход_179	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_18	1.60	0.45	0.50	0.00
		Проход_180	0.98	0.45	0.50	0.00
		Проход_181	1.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_182	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_183	1.36	0.45	0.50	0.00
		Проход_184	1.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_185	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_186	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_187	1.67	0.45	0.50	0.00
		Проход_188	1.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_189	1.88	0.45	0.50	0.00
		Проход_19	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_190	1.67	0.45	0.50	0.00
		Проход_191	1.67	0.45	0.50	0.00
		Проход_192	2.19	0.45	0.50	0.00
		Проход_193	0.86	0.45	0.50	0.00
		Проход_194	0.81	0.45	0.50	0.00
		Проход_195	0.83	0.45	0.50	0.00
		Проход_196	0.91	0.45	0.50	0.00
		Проход_197	1.59	0.45	0.50	0.00
		Проход_198	1.23	0.45	0.50	0.00
		Проход_199	1.53	0.45	0.50	0.00
		Проход_20	1.41	0.45	0.50	0.00
		Проход_200	1.38	0.45	0.50	0.00
		Проход_201	1.17	0.45	0.50	0.00
		Проход_202	0.82	0.45	0.50	0.00
		Проход_203	0.53	0.45	0.50	0.00
		Проход_204	1.61	0.45	0.50	0.00
		Проход_205	0.54	0.45	0.50	0.00
		Проход_206	1.33	0.45	0.50	0.00
		Проход_207	0.96	0.45	0.50	0.00
		Проход_208	0.90	0.45	0.50	0.00
		Проход_209	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_21	1.45	0.44	0.50	0.00
		Проход_210	1.54	0.45	0.50	0.00
		Проход_211	1.15	0.45	0.50	0.00
		Проход_212	1.15	0.45	0.50	0.00
		Проход_213	0.99	0.45	0.50	0.00
		Проход_214	0.87	0.45	0.50	0.00
		Проход_215	1.10	0.45	0.50	0.00
		Проход_216	1.08	0.45	0.50	0.00
		Проход_217	1.07	0.45	0.50	0.00
		Проход_218	1.13	0.45	0.50	0.00
		Проход_219	1.10	0.45	0.50	0.00
		Проход_22	1.58	0.45	0.50	0.00

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м
		Проход_220	1.25	0.45	0.50	0.00
		Проход_221	1.23	0.45	0.50	0.00
		Проход_222	1.40	0.45	0.50	0.00
		Проход_223	1.08	0.46	0.50	0.00
		Проход_224	1.24	0.45	0.50	0.00
		Проход_225	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_226	1.09	0.45	0.50	0.00
		Проход_227	1.20	0.45	0.50	0.00
		Проход_228	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_229	1.31	0.45	0.50	0.00
		Проход_23	1.61	0.45	0.50	0.00
		Проход_230	1.18	0.45	0.50	0.00
		Проход_231	1.19	0.45	0.50	0.00
		Проход_232	1.23	0.45	0.50	0.00
		Проход_233	1.20	0.45	0.50	0.00
		Проход_234	1.04	0.45	0.50	0.00
		Проход_235	1.08	0.45	0.50	0.00
		Проход_236	1.07	0.45	0.50	0.00
		Проход_237	1.16	0.45	0.50	0.00
		Проход_238	1.07	0.45	0.50	0.00
		Проход_239	1.17	0.45	0.50	0.00
		Проход_24	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_240	1.26	0.45	0.50	0.00
		Проход_241	1.17	0.45	0.50	0.00
		Проход_242	1.20	0.45	0.50	0.00
		Проход_247	1.42	0.45	0.50	0.00
		Проход_248	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_249	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_25	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_250	0.90	0.45	0.50	0.00
		Проход_251	1.08	0.45	0.50	0.00
		Проход_252	1.05	0.45	0.50	0.00
		Проход_253	1.45	0.45	0.50	0.00
		Проход_254	1.43	0.45	0.50	0.00
		Проход_255	1.08	0.45	0.50	0.00
		Проход_256	0.70	0.45	0.50	0.00
		Проход_257	0.52	0.45	0.50	0.00
		Проход_258	1.48	0.45	0.50	0.00
		Проход_259	1.44	0.45	0.50	0.00
		Проход_26	1.58	0.45	0.50	0.00
		Проход_260	1.44	0.45	0.50	0.00
		Проход_261	1.39	0.45	0.50	0.00
		Проход_262	1.55	0.45	0.50	0.00
		Проход_263	1.58	0.45	0.50	0.00
		Проход_264	1.58	0.45	0.50	0.00
		Проход_265	1.59	0.45	0.50	0.00
		Проход_266	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_267	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_268	1.65	0.44	0.50	0.00
		Проход_269	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_27	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_270	1.64	0.45	0.50	0.00

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м
		Проход_271	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_272	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_273	1.10	0.45	0.50	0.00
		Проход_274	0.45	0.44	0.50	0.00
		Проход_275	1.05	0.45	0.50	0.00
		Проход_28	1.41	0.45	0.50	0.00
		Проход_29	1.57	0.45	0.50	0.00
		Проход_30	1.60	0.45	0.50	0.00
		Проход_31	1.09	0.45	0.50	0.00
		Проход_32	0.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_33	1.30	0.45	0.50	0.00
		Проход_34	1.37	0.45	0.50	0.00
		Проход_35	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_36	1.62	0.45	0.50	0.00
		Проход_37	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_38	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_39	2.15	0.43	0.50	0.00
		Проход_40	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_41	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_42	1.88	0.45	0.50	0.00
		Проход_43	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_44	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_45	1.56	0.45	0.50	0.00
		Проход_46	1.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_47	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_48	1.29	0.45	0.50	0.00
		Проход_49	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_50	1.64	0.45	0.50	0.00
		Проход_51	1.02	0.45	0.50	0.00
		Проход_52	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_53	2.26	0.45	0.50	0.00
		Проход_54	1.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_55	2.00	0.45	0.50	0.00
		Проход_56	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_57	1.73	0.45	0.50	0.00
		Проход_58	1.65	0.45	0.50	0.00
		Проход_59	1.44	0.45	0.50	0.00
		Проход_60	1.12	0.45	0.50	0.00
		Проход_61	1.68	0.45	0.50	0.00
		Проход_62	1.11	0.45	0.50	0.00
		Проход_63	1.43	0.45	0.50	0.00
		Проход_64	2.25	0.45	0.50	0.00
		Проход_65	1.99	0.45	0.50	0.00
		Проход_66	1.72	0.45	0.50	0.00
		Проход_67	1.62	0.98	0.50	0.00
		Проход_68	1.68	0.69	0.50	0.00
		Проход_69	0.79	0.45	0.50	0.00
		Проход_70	0.99	0.45	0.50	0.00
		Проход_71	1.26	0.45	0.50	0.00
		Проход_72	0.86	0.45	0.50	0.00
		Проход_73	0.84	0.45	0.50	0.00
		Проход_74	0.84	0.45	0.50	0.00

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м
		Проход_75	1.30	0.45	0.50	0.00
		Проход_76	1.14	0.45	0.50	0.00
		Проход_77	1.55	0.45	0.50	0.00
		Проход_78	1.56	0.45	0.50	0.00
		Проход_79	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_80	0.97	0.45	0.50	0.00
		Проход_81	0.84	0.45	0.50	0.00
		Проход_82	1.20	0.45	0.50	0.00
		Проход_83	1.13	0.45	0.50	0.00
		Проход_84	1.13	0.45	0.50	0.00
		Проход_85	1.63	0.45	0.50	0.00
		Проход_86	1.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_87	1.60	0.45	0.50	0.00
		Проход_88	1.04	0.45	0.50	0.00
		Проход_89	1.09	0.45	0.50	0.00
		Проход_90	1.13	0.43	0.50	0.00
		Проход_91	1.34	0.48	0.50	0.00
		Проход_92	1.47	0.50	0.50	0.00
		Проход_93	1.35	0.67	0.50	0.00
		Проход_94	1.67	0.60	0.50	0.00
		Проход_95	1.66	0.45	0.50	0.00
		Проход_96	1.13	0.45	0.50	0.00
		Проход_97	1.13	0.45	0.50	0.00
		Проход_98	1.40	0.45	0.50	0.00
		Проход_99	1.09	0.45	0.50	0.00
		Рампа_пом_01	5.11	1.30		0.00
		Рампа_пом_02	11.27	1.50		0.00
		Рампа_пом_03	2.07	1.59		0.00
		Рампа_пом_04	2.30	1.60		0.00
		Рампа_пом_05	1.97	1.61		0.00
		Рампа_пом_06	2.27	1.61		0.00
		Рампа_пом_07	11.26	1.50		0.00
		Рампа_пом_08	1.62	0.45		0.00
		Рампа_пом_09	1.69	0.56		0.00
		Рампа_пом_10	0.69	0.55		0.00
		Рампа_пом_11	0.77	0.68		0.00
		Рампа_пом_12	0.97	0.65		0.00
		Рампа_пом_13	0.82	0.45		0.00
		Рампа_пом_14	4.69	1.33		0.00
		Рампа_пом_15	4.69	1.33		0.00
		Рампа_пом_16	1.66	0.45		0.00
		Рампа_пом_17	1.58	0.45		0.00
		Рампа_пом_18	0.48	0.50		0.00
		Рампа_пом_19	0.56	0.68		0.00
		Рампа_пом_20	0.74	0.62		0.00
		Рампа_пом_21	0.82	0.45		0.00
		рт_03			1.70	
		рт_04			1.70	
		рт_05			6.24	
		рт_06			6.24	
		рт_07			9.84	
		рт_08			9.84	

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Зазор, м
		рт_09			1.70	
	Сценическая коробка		17.48	14.99	17.35	
		Гор_проем_01	10.00	2.00		
		Дверь_01	0.06	11.22	6.00	0.00
		Дверь_20	0.51	1.35	2.05	0.00
		Дверь_21	0.51	1.35	2.05	0.00
		Проход_243	3.12	2.71	0.50	0.00
		Проход_244	3.13	2.71	0.50	0.00
		Проход_245	11.78	5.41	0.50	0.00
		Проход_246	11.78	5.81	0.50	0.00
		рт_01			1.70	
		рт_02			1.70	
	Портал сцены		11.87	3.10	6.00	
		Дверь_02	0.09	11.22	6.00	0.00
	Коридор_01		12.68	3.67	2.80	0.00
		Дверь_15	0.39	4.00	2.40	0.00
	Коридор_02		9.40	9.05	6.98	0.00
	Коридор_03		6.73	3.66	3.12	0.00
		Дверь_07	0.40	2.20	2.30	0.00
		Дверь_12	0.56	1.50	2.30	0.00
	Коридор_04		3.25	2.43	3.23	0.00
		Дверь_08	0.22	1.50	2.00	0.00
	Коридор_05		7.04	3.70	3.12	0.00
		Дверь_10	0.37	2.20	2.30	0.00
		Дверь_13	0.55	1.50	2.30	0.00
	Коридор_06		3.25	2.43	3.23	0.00
		Дверь_11	0.25	1.50	2.00	0.00
	Коридор_07		12.29	3.67	2.80	0.00
		Дверь_16	0.39	4.00	2.40	0.00
	Коридор_08		9.40	9.38	6.98	0.00
	Коридор_09		16.53	2.70	3.74	0.00
		Дверь_17	0.51	2.80	2.17	0.00
	Коридор_10		16.65	2.70	3.74	0.00
		Дверь_18	0.51	2.80	2.17	0.00
	Коридор_11		13.00	2.70	2.50	0.00
	Коридор_12		2.70	2.51	3.74	0.00
		Дверь_19	0.51	1.22	2.17	0.00
	Коридор_13		4.50	2.70	2.50	0.00
		Дверь_22	0.13	1.20	2.00	0.00
	Коридор_14		2.40	1.59	2.50	0.00
		Дверь_23	0.51	1.60	2.20	0.00
	Рампа_01		1.74	2.69	3.74	0.00
	Выход 1		1.27	2.51	0.10	0.00
	Выход 2		1.51	2.39	0.10	0.00
	Выход 3		1.12	3.23	0.10	0.00
	Выход 4		1.12	3.23	0.10	0.00
	Выход 5		0.60	1.91	0.10	0.00
	Выход 6		0.57	1.91	0.10	0.00
	Выход 7		0.57	2.43	0.10	0.00
	Выход 8		0.62	2.43	0.10	0.00

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПОЖАРООПАСНЫХ СИТУАЦИЙ

Частота реализации пожароопасных ситуаций определяется частотой возникновения пожара в здании в течение года.

В соответствии с п. 8 Методики, частота возникновения пожара в здании в течение года $Q_{п}$ определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении № 1 к Методике. При наличии данных о количестве людей в здании необходимо использовать уточненную оценку, а при их отсутствии – оценку в расчете на одно учреждение.

Для зрелищных учреждений (театров, цирков) частота возникновения пожара в течение года по уточненной оценке составляет $4,03 \cdot 10^{-7}$ в расчете на одного посещение.

По информации, предоставленной Заказчиком настоящей работы, в 2010 году помещение МУ ТКК «Драматический театр им. Великого писателя» посетило 102 000 человек.

Таким образом, частота возникновения пожара в помещении объекта защиты в течение года составляет $4,111 \cdot 10^{-2}$.

6. ПОСТРОЕНИЕ ПОЛЕЙ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА

6.1. Выбор и формулировка сценария развития пожара

Выбор расчетного сценария сделан экспертным путем, в соответствии с п. 17, разделом III и приложением 6 Методики, на основе анализа пожарной опасности здания, объемно-планировочных решений объекта защиты, параметров эвакуационных путей и выходов, а также количества и мест размещения людей в помещениях.

Как показывает статистика, 60 – 70% всех пожаров, возникающих в театрах, происходит в сценической части, где сосредоточено до 3 000 м² тканевых декораций, а горючая нагрузка составляет 200 – 350 кг/м² [8].

Большой объем сцены создает условия для быстрого распространения пожара на сцене. Продукты сгорания моментально заполняют весь объем сценической коробки и через различные проемы все помещения театра, примыкающие к сцене. Все это сопровождается значительным ростом температуры и других факторов пожара, опасных для жизни людей. В зависимости от наличия, расположения и состояния проемов (открыты, закрыты) могут быть различные варианты развития пожаров на сцене.

Наиболее опасный вариант развития пожара возможен при открытом порталном проеме и закрытых дымовых люках [8].

Именно такой сценарий пожара возможен в оцениваемом объекте защиты:

- противопожарный занавес для защиты портала сцены театра отсутствует; нормативными документами по пожарной безопасности предусмотрена необходимость его устройства для театров с залами вместимостью 800 мест и более, к которым оцениваемый объект защиты не относится;
- люки дымоудаления, предусмотренные в покрытии над сценой театра, находятся в неисправном состоянии.

При возникновении пожара на сцене линейная скорость распространения пламени по деревянным конструкциям составляет 0,33 – 0,44 м/мин, по декорациям и «одежде» сцены – 0,4 м/мин в горизонтальном направлении и 18 м/мин по вертикали [9].

При открытом проеме (противопожарный занавес поднят или отсутствует) и закрытых дымовых люках или их отсутствии через открытый порталный проем конвекционные потоки нагретых газов перемещаются в сторону зрительного зала, создавая угрозу людям. Кроме того, лучистые потоки, исходящие со стороны сцены, представляют реальную угрозу здоровью и жизни зрителей, находящихся в партере театра.

Практика показывает, что при таких условиях зрительный зал может заполняться продуктами сгорания за 1 – 2 минуты, а тепловой поток от горящих декораций и занавеса театра может быть невыносим для зрителей партера через

30 секунд, т.е. понятно, что при пожаре на сцене зрелищного учреждения возникает прямая угроза жизни людей.

Избежать жертв при пожаре в здании с массовым пребыванием людей можно лишь при условии своевременности и кратковременности процесса эвакуации [8].

Источниками зажигания на сцене могут служить: неисправность довольно разветвленных электрических сетей, осветительной арматуры, постановочные эффекты с применением открытого огня и др. [9].

При моделировании развития пожара приняты следующие условия:

- расчетная область ограничена демонстрационным комплексом театра: сценическая коробка от планшета сцены до покрытия над сценой, портал сцены, соединяющий ее со зрительным залом, партер и балкон зрительного зала;
- начальная температура в помещениях принята равной 25°C;
- пожар возникает на планшете сцены и распространяется по всей его площади;
- происходит распространение опасных факторов пожара из сценической коробки в зрительный зал;
- в помещении очага пожара принята типовая пожарная нагрузка «Сценическая часть зрительного зала; древесина» по данным [7];
- портал сцены открыт, люки дымоудаления в покрытии над сценой закрыты;
- двери, ведущие с планшета сцены в прилегающие коридоры являются противопожарными, поэтому принимаются закрытыми на протяжении всего времени моделирования пожара; время их открытия на короткое время, необходимое для эвакуации людей с планшета сцены во внимание не принимается;
- первоначально, до начала эвакуации двери из зрительного зала в фойе и кулуары закрыты, что является нормальным их состоянием при показе театральных постановок; после начала эвакуации из зрительного зала (через 30 секунд) двери остаются открытыми.

Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара приведена на рисунке 11, параметры элементов сценария приведены в таблице 2.

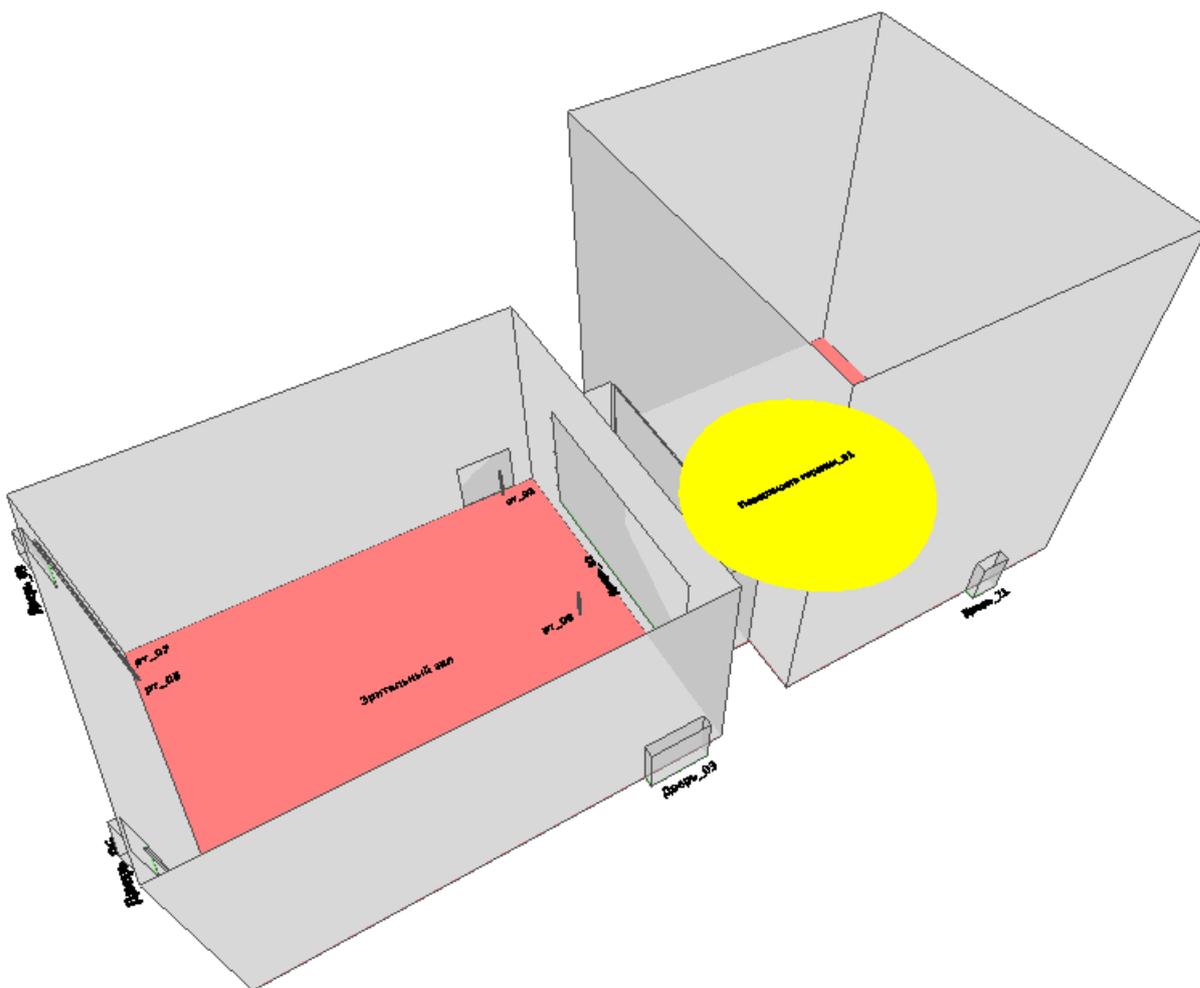


Рис. 11. Расчетная область для моделирования распространения опасных факторов пожара

Таблица 2

Основные параметры элементов сценария

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м
Этаж_01					3.40
	Зрительный зал		20.84	17.48	10.87
		Дверь_03	0.51	2.80	2.68
		Дверь_04	0.51	2.80	2.68
		Дверь_06	0.36	1.27	2.24
		Дверь_09	0.33	1.27	2.24
		рт_03			1.70
		рт_04			1.70
		рт_05			6.24
		рт_06			6.24
		рт_07			9.84
		рт_08			9.84
		рт_09			1.70
	Портал сцены		11.87	3.10	6.00
		Дверь_02	0.09	11.22	6.00

Этаж	Объект	Дочерний объект	Длина, м	Ширина, м	Высота, м
	Сценическая коробка		17.48	14.99	17.35
		Дверь_01	0.06	11.22	6.00
		Дверь_20	0.51	1.35	2.05
		Дверь_21	0.51	1.35	2.05
		рт_01			1.70
		рт_02			1.70

6.2. Формулировка математической модели развития пожара

Выбор математической модели базируется на анализе объемно-планировочных решений объекта и особенностях сценария развития пожара.

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.

В отличие от интегральных моделей зонный метод может использоваться:

- для помещений большого объема, когда размер очага пожара существенно меньше размеров помещения;
- для рабочих зон, расположенных на разных уровнях в пределах одного помещения (наклонный зрительный театра, балконы и т.д.).

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.

Математическая двухзонная модель пожара в здании описана в разделе IV приложения 6 к Методике.

При решении задач с использованием двухзонной модели пожар в здании характеризуется усредненными по массе и объему значениями параметров задымленной зоны:

T – температура среды в задымленной зоне, К;

μ – оптическая плотность дыма, Нп/м;

x_i – массовая концентрация i -того токсичного продукта горения в задымленной зоне, кг/кг;

$x_{\text{к}}$, – массовая концентрация кислорода, кг/кг;

Z – высота нижней границы слоя дыма, м.

В свою очередь перечисленные параметры выражаются через основные интегральные параметры задымленной зоны с помощью следующих формул:

$$Q_3 = \int_0^T m \cdot c_p(T) \cdot dT, \quad (5)$$

$$x_i = \frac{m_i}{m}, \quad x_k = \frac{m_k}{m}, \quad (6)$$

$$\mu = \frac{S}{V_d}, \quad (7)$$

$$\rho = \frac{m}{V_d}, \quad Z = H - \frac{V_d}{A}, \quad (8)$$

где m , m_i – общая масса дыма и соответственно i -го токсичного продукта горения в задымленной зоне, кг;

m_k , – масса кислорода в задымленной зоне, кг;

Q_3 – энтальпия продуктов горения в задымленной зоне, кДж;

S – оптическое количество дыма, Нп·м²;

ρ – плотность дыма при температуре T , кг/м³;

V_d – объем задымленной зоны, м³;

H , A – высота и площадь помещения, м;

c_p – удельная теплоемкость дыма, кДж/(К·кг).

Динамика основных интегральных параметров задымленной зоны определяется интегрированием системы следующих балансовых уравнений:

общей массы компонентов задымленной зоны с учетом дыма, вносимого в зону конвективной колонкой и дыма удаляемого через проемы в соседние помещения:

$$\frac{dm}{dt} = G_k - G_{\Pi}, \quad (9)$$

где t – текущее время, с;

G_k , G_{Π} – массовый расход дыма соответственно через конвективную колонку и открытые проемы в помещении, кг/с;

энтальпия компонентов задымленной зоны с учетом тепла, вносимого в зону конвективной колонкой, теплоотдачи в конструкции и уноса дыма в проемы:

$$\frac{dQ}{dt} = Q_k - Q_{\Pi} - Q_{\text{кон}}, \quad (10)$$

где Q_k , Q_{Π} , $Q_{\text{кон}}$ – тепловая мощность, соответственно, вносимая в задымлённую зону конвективной колонкой, удаляемая с дымом через открытые проёмы и теряемая в конструкции, кВт;

массы кислорода с учетом потерь на окисление продуктов пиролиза горючих веществ:

$$\frac{dm_k}{dt} = 0,23 \cdot (G_k - \eta \cdot \psi \cdot L_k) - x_k \cdot G_{\Pi}, \quad (11)$$

η – полнота сгорания горючего материала, кг/кг;

ψ – скорость выгорания горючего материала, кг/с;

L_K – потребление кислорода при сгорании единицы массы горючего материала, кг/кг;

оптического количества дыма с учетом дымообразующей способности горящего материала:

$$\frac{dS}{dt} = \psi \cdot D - G_{\Pi} \cdot \frac{\mu}{\rho}, \quad (12)$$

где D – дымообразующая способность горючего материала, $\text{Нп} / (\text{м}^2 \cdot \text{кг})$;

массы i -го токсичного продукта горения:

$$\frac{dm_i}{dt} = \psi \cdot L_i - x_i \cdot G_{\Pi}, \quad (13)$$

где L_i – массовый выход i -го токсичного продукта горения, кг/кг.

Масса компонентов дыма G_K , вносимых в задымлённую зону конвективной колонкой, оценивается с учетом количества воздуха, вовлекаемого в конвективную колонку по всей ее высоте до нижней границы слоя дыма. В инженерных расчетах расход компонентов дыма через осесимметричную конвективную колонку на высоте нижнего уровня задымленной зоны Z (в зависимости от того, какая область конвективной колонки или факела погружена в задымленную зону) задается полуэмпирической формулой:

$$G_K = \begin{cases} 0,011 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}} \right)^{0,566} & \text{для области факела} \\ 0,026 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}} \right)^{0,909} & \text{для переходной области,} \\ 0,124 \cdot Q \cdot \left(\frac{Z}{Q^{2/5}} \right)^{1,895} & \text{для области колонки} \end{cases} \quad (14)$$

где Q – мощность очага пожара, кВт.

Динамика параметров очага пожара определяется развитием площади горения с учетом сложного состава горючих материалов, их расположения, места возникновения очага пожара и полноты сгорания:

$$Q = \eta \cdot \psi_{\text{уд}} \cdot Q_{\text{H}}^{\text{P}} \cdot F(t). \quad (15)$$

Потери тепла в ограждающие конструкции рассчитываются с учетом температуры горячей струи T_c , скорости и излучательной способности струи, омывающей конструкции и прогрева самой i -ой конструкции $T_i(y)$ по толщине y . Для этого численно интегрируется нестационарное уравнение Фурье:

$$\frac{\partial T_i(y)}{\partial \tau} = \frac{1}{C(T) \cdot \rho} \cdot \frac{\partial \lambda(T) \cdot \partial T_i(y)}{\partial^2 \cdot y}, \quad (16)$$

с граничными и начальными условиями:

$$(\alpha_k + \alpha_l) \cdot (T_c - T_w) = -\lambda_w \cdot \left. \frac{\partial T_i(y)}{\partial y} \right|_{y=0}, \quad (17)$$

$$(\alpha_k + \alpha_l) \cdot (T_0 - T_i(\delta)) = -\lambda(T) \cdot \left. \frac{\partial T_i(y)}{\partial y} \right|_{y=\delta}, \quad (18)$$

$$T_i(0, y) = T_0, \quad 0 \leq y \leq \delta, \quad (19)$$

где α_k, α_l – соответственно конвективный и лучистый коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К);

δ – толщина ограждающей конструкции, м;

$C(T)$ – теплоемкость материала конструкции при температуре $T(y)$, Дж/(кг²·°К);

$\lambda(T)$ – теплопроводность материала конструкции при температуре $T(y)$, Вт/(м·°К);

T_w, T_0 – температура соответственно обогреваемой части конструкции и среды у необогреваемой поверхности, К;

ρ – плотность материала конструкции, кг/м.

Тепловые и массовые потоки через проем в каждый момент времени рассчитываются с учётом текущего перепада давления по высоте проема, состава и температуры газовой среды по обе стороны проема (схема расчета на рис. 12). Так, массовый расход дыма из помещения очага пожара в соседнее помещение рассчитывается следующим образом:

$$G_{\Pi} = B \cdot \xi \cdot \int_{Y_{\min}}^{Y_{\max}} \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P(h) - P_2(h))} \cdot dh, \quad (20)$$

где B – ширина проема, м;

ξ – аэродинамический коэффициент проема;

$P(h) - P_2(h)$ – разница давлений в помещениях на высоте h ;

ρ – плотность дыма в задымленной зоне соседнего помещения при температуре дыма T .

Пределы интегрирования Y_{\max} и Y_{\min} выбираются в пределах створа проема, слоя дыма помещения очага пожара и там, где избыточное давление $\Delta P = (P(h) - P(h)_2) > 0$, как это указано на рис. 12.

Необходимая для оценки перепада давления по створу проема зависимость давления от высоты в i -ом помещении (с учетом задымленной зоны этого помещения) оценивается как:

$$P_i(h) = \begin{cases} P_{i0} + \rho_0 \cdot g \cdot h & \text{если } h \leq Z_i \\ P_{i0} + \rho_0 \cdot g \cdot Z_i + \rho_i \cdot g \cdot h & \text{если } h > Z_i \end{cases}, \quad (21)$$

где P_{i0} – текущее давление в i -ом помещении на нулевой отметке (или приведенное к нулевой отметке, если уровень пола помещения выше нулевой отметки);

ρ_0 – плотность воздуха при начальной температуре T_0 ;

Z_i – текущая высота незадымленной зоны в i -ом помещении.

Рассчитанные параметры тепломассообмена в проеме используются как граничные условия для соседнего помещения.

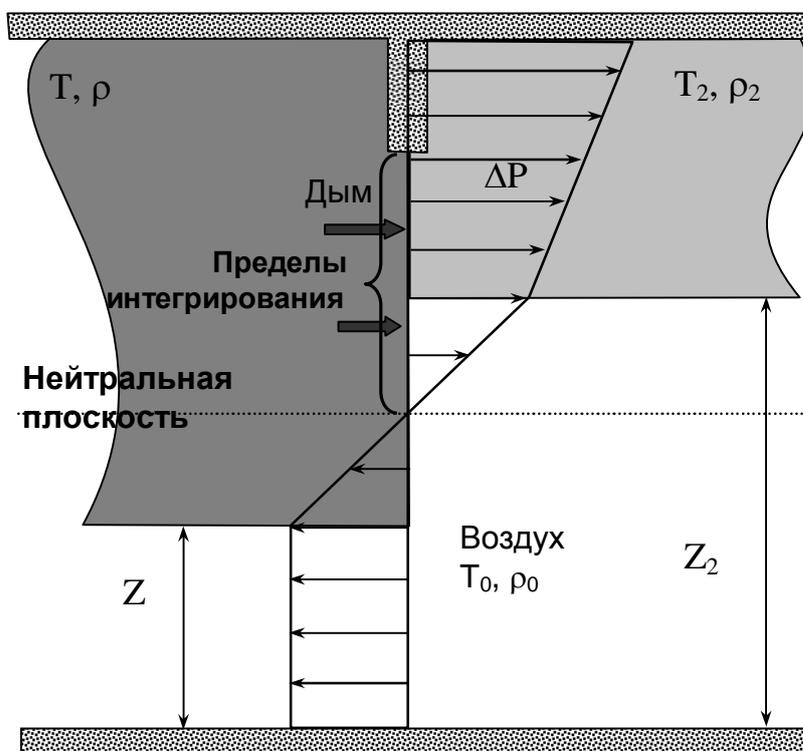


Рис. 12. Массопотоки через проем

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

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

по повышенной температуре – 70°C ;

по тепловому потоку – 1400 Вт/м^2 ;

по потере видимости – 20 м;

по пониженному содержанию кислорода – $0,226 \text{ кг/м}^3$;

по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (CO_2 – $0,11 \text{ кг/м}^3$; CO – $1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$; HCL – $23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$).

Определяется время блокирования $t_{\text{бл}}$:

$$t_{\text{бл}} = \min \left\{ t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{т.п.}} \right\}. \quad (22)$$

6.3. Моделирование динамики развития пожара и определение времени блокирования

Для расчета используется программа «СИТИС: Блок 2» на основе модуля CFAST (Consolidated Fire Growth and Smoke Transport Model – единая модель развития пожара и перемещения дыма), разработанного Национальным институтом стандартов и технологии США в международной кооперации с научно-исследовательскими организациями США, Канады и Финляндии. На сегодняшний день CFAST является одной из лучших двухзонных моделей для расчета тепломассопереноса при пожаре.

В качестве исходных данных принято:

- расчетная область ограничена демонстрационным комплексом театра: сценическая коробка от планшета сцены до покрытия над сценой, портал сцены, соединяющий ее со зрительным залом, партер и балкон зрительного зала;
- начальная температура в помещениях принята равной 25°C;
- пожар возникает на планшете сцены и распространяется по всей его площади;
- происходит распространение опасных факторов пожара из сценической коробки в зрительный зал;
- в помещении очага пожара принята типовая пожарная нагрузка «Сценическая часть зрительного зала; древесина» по данным [7];
- портал сцены открыт, люки дымоудаления в покрытии над сценой закрыты;
- двери, ведущие с планшета сцены в прилегающие коридоры являются противопожарными, поэтому принимаются закрытыми на протяжении всего времени моделирования пожара; время их открытия на короткое время, необходимое для эвакуации людей с планшета сцены во внимание не принимается;
- первоначально, до начала эвакуации двери из зрительного зала в фойе и кулуары закрыты, что является нормальным их состоянием при показе театральных постановок; после начала эвакуации из зрительного зала (через 30 секунд) двери остаются открытыми;
- время моделирования принято равным 300 с.

Исходные данные для моделирования пожара приведены в таблицах 3 – 5.

Таблица 3

Свойства сценария

Параметр	Значение
Название	Сценарий_02
Время моделирования	Топология_01
Время моделирования	300 с
Начальная температура	25°C

Свойства поверхности горения

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		Сценическая коробка
Площадь	м ²	262
Типовая горючая нагрузка		Сценическая часть зрительного зала; древесина
Коэффициент полноты горения η		0.97
Низшая теплота сгорания Q	МДж/кг	13.8
Удельная массовая скорость выгорания ψ_F	кг/(м ² ·с)	0.0145
Линейная скорость распространения пламени v	м/с	0.0368
Удельный расход кислорода L _{O2}	кг/кг	1.15
Дымообразующая способность горящего материала Dm	Нп·м ² /кг	57
Макс. выход CO ₂	кг/кг	1.57
Макс. выход CO	кг/кг	0.024
Макс. выход HCl	кг/кг	0
Критерий возгорания		Время
Величина критерия возгорания	с.	0

Таблица 5

Свойства дверей и проёмов

Этаж	Объект	Расположение	Исходное состояние, %	Время изменения состояния, мин.	Конечное состояние, %
Этаж_01					
	Дверь_01	Сценическая коробка	100	0	100
	Дверь_02	Портал сцены	100	0	100
	Дверь_03	Зрительный зал	0	30	100
	Дверь_04	Зрительный зал	0	30	100
	Дверь_06	Зрительный зал	0	30	100
	Дверь_09	Зрительный зал	0	30	100
	Дверь_20	Сценическая коробка	0	0	0
	Дверь_21	Сценическая коробка	0	0	0

Для контроля за распространением опасных факторов пожара, определения времени блокирования помещений и путей эвакуации и последующего сопоставления с расчетным временем эвакуации в элементах топологии были расставлены 9 расчетных точек:

рт_01 и рт_02 – на планшете сцены, перед выходами в коридоры (высота рабочей зоны над уровнем пола – 0 м);

рт_03 и рт_04 – в зрительном зале, перед выходами из партера в кулуары (высота рабочей зоны над уровнем пола – 0 м);

рт_05 и рт_06 – в зрительном зале, перед выходами из партера в фойе 2-го этажа (высота рабочей зоны над уровнем пола – 4,54 м);

рт_07 и рт_08 – в зрительном зале, перед выходами с балкона в фойе 3-го этажа (высота рабочей зоны над уровнем пола – 8,14 м);

рт_09 – в зрительном зале, на уровне первого ряда зрительских мест – для контроля за плотностью теплового потока.

Результаты расчетов времени блокирования представлены в таблице 6.

Таблица 6

Время блокирования

Расчетная точка	Время блокирования, с	Время достижения опасными факторами пожара критических значений, с						
		По повышенной температуре	По потере видимости	По пониженному содержанию кислорода	По CO ₂	По CO	По HCL	По тепловому потоку
рт_01	153	171	172	171	более 300 с	241	более 300 с	153
рт_02	153	171	172	171	более 300 с	241	более 300 с	153
рт_03	186	187	187	186	более 300 с	279	более 300 с	239
рт_04	186	187	187	186	более 300 с	279	более 300 с	239
рт_05	124	146	124	124	более 300 с	279	более 300 с	239
рт_06	124	146	124	124	более 300 с	279	более 300 с	239
рт_07	93	146	93	111	более 300 с	279	более 300 с	239
рт_08	93	146	93	111	более 300 с	279	более 300 с	239
рт_09	186	187	187	186	более 300 с	279	более 300 с	239

Графики зависимости значений опасных факторов от длительности пожара представлены на рисунках 13 – 24.

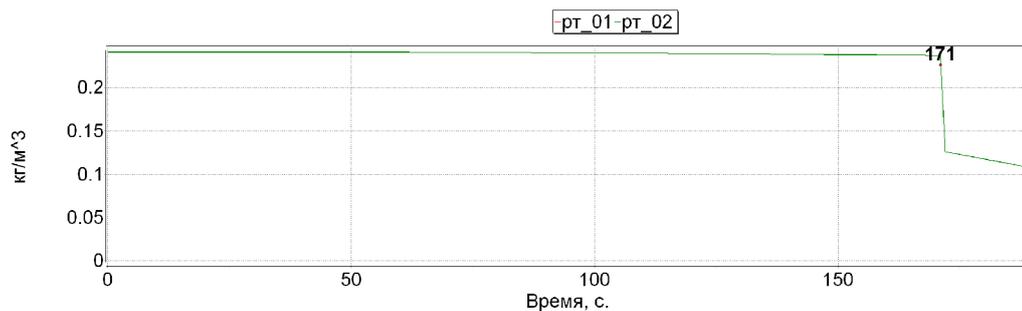


Рис. 13. Зависимость парциальной плотности O_2 от длительности пожара на планшете сцены (рт_01, рт_02)

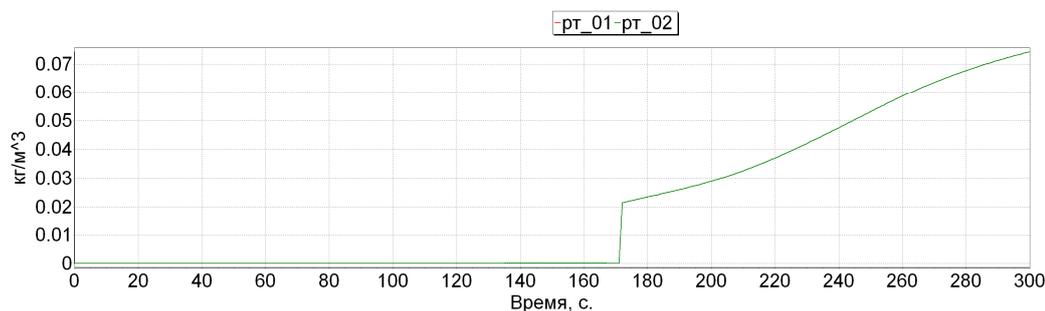


Рис. 14. Зависимость парциальной плотности CO_2 от длительности пожара на планшете сцены (рт_01, рт_02)

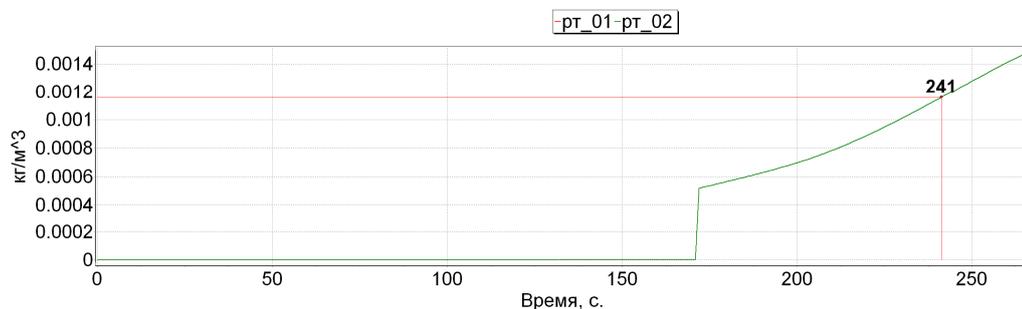


Рис. 15. Зависимость парциальной плотности CO от длительности пожара на планшете сцены (рт_01, рт_02)

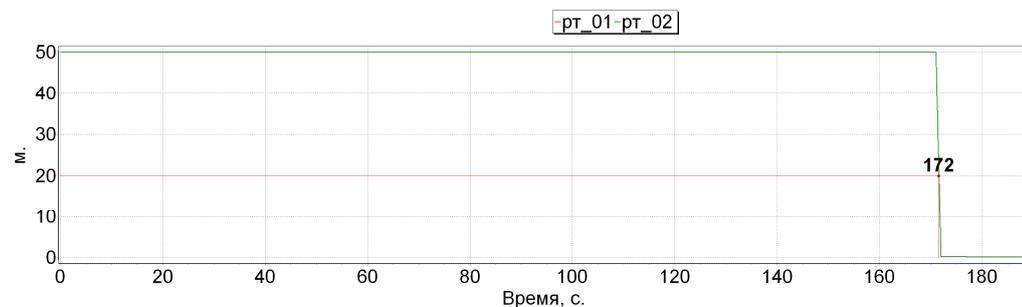


Рис. 16. Зависимость дальности видимости от длительности пожара на планшете сцены (рт_01, рт_02)

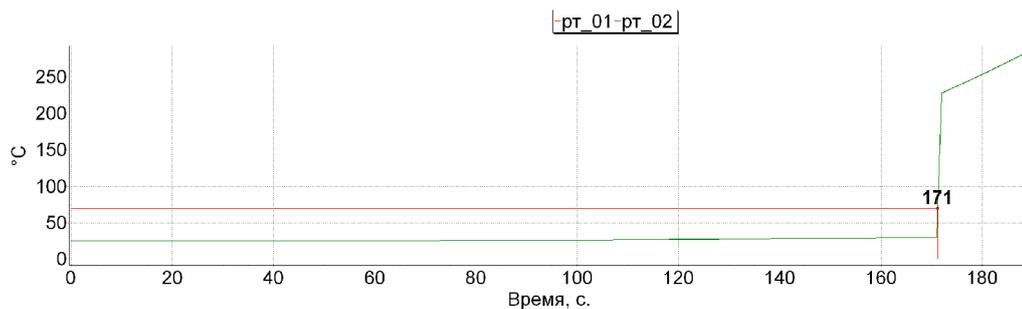


Рис. 17. Зависимость температуры от длительности пожара на планшете сцены (pt_01, pt_02)

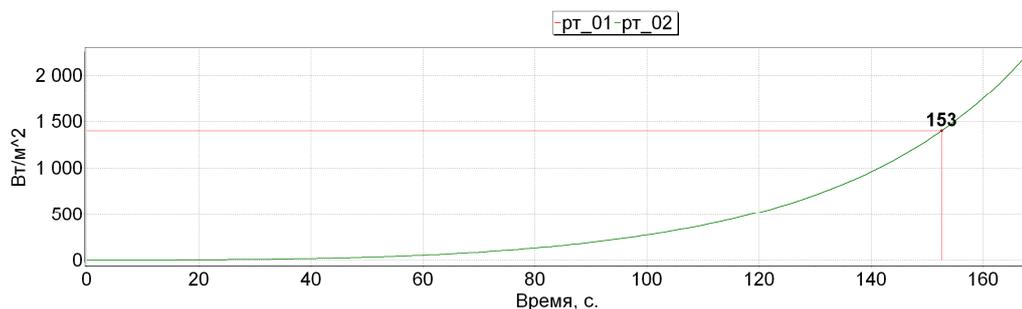


Рис. 18. Зависимость плотности теплового потока от длительности пожара на планшете сцены (pt_01, pt_02)

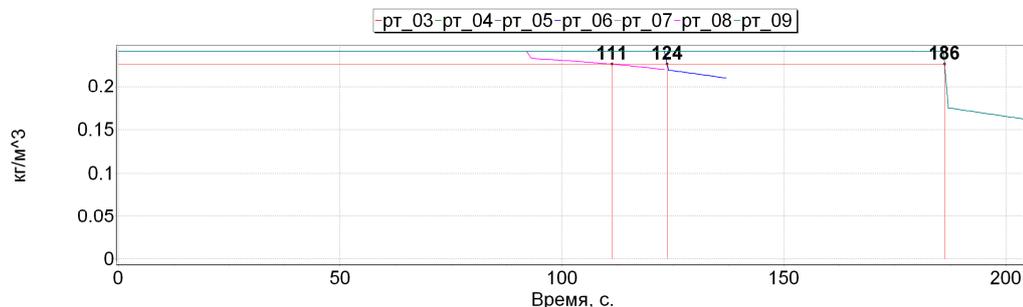


Рис. 19. Зависимость парциальной плотности O₂ от длительности пожара в зрительном зале (pt_02, pt_03, pt_04, pt_05, pt_06, pt_07, pt_08, pt_09)

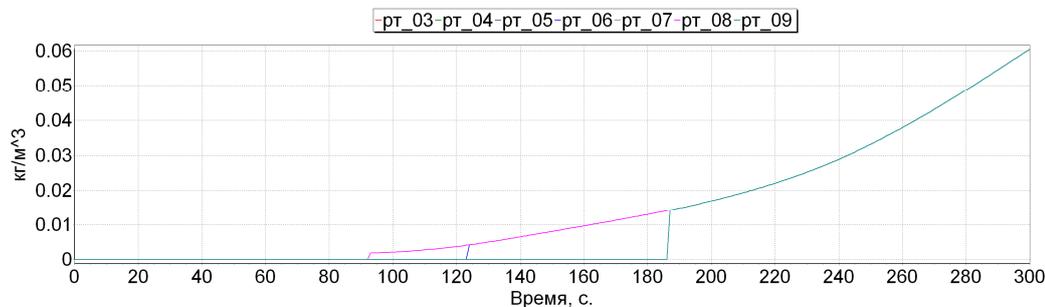


Рис. 20. Зависимость парциальной плотности CO₂ от длительности пожара в зрительном зале (pt_02, pt_03, pt_04, pt_05, pt_06, pt_07, pt_08, pt_09)

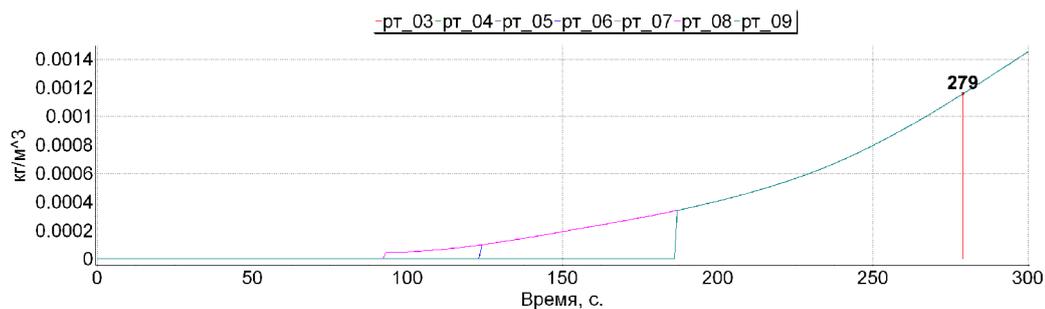


Рис. 21. Зависимость парциальной плотности CO от длительности пожара в зрительном зале (рт_02, рт_03, рт_04, рт_05, рт_06, рт_07, рт_08, рт_09)

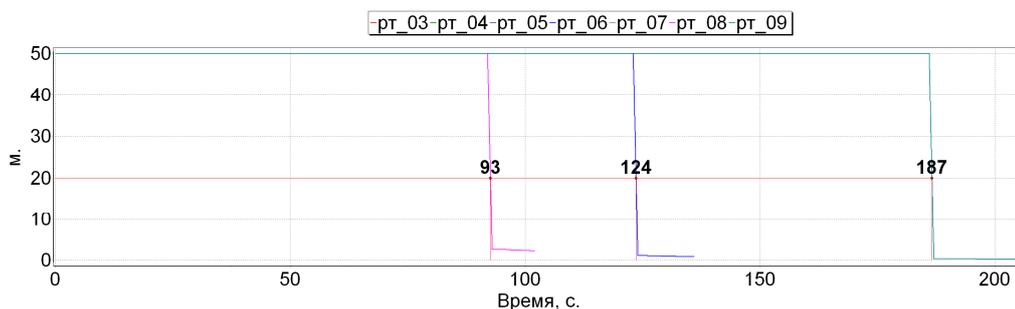


Рис. 22. Зависимость дальности видимости от длительности пожара в зрительном зале (рт_02, рт_03, рт_04, рт_05, рт_06, рт_07, рт_08, рт_09)

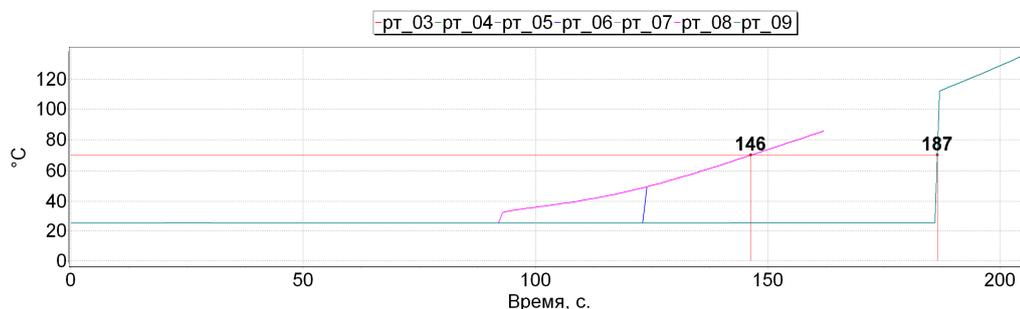


Рис. 23. Зависимость температуры от длительности пожара в зрительном зале (рт_02, рт_03, рт_04, рт_05, рт_06, рт_07, рт_08, рт_09)

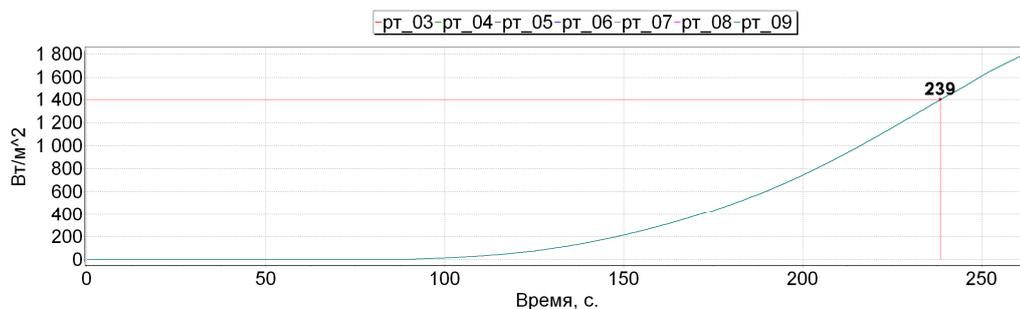


Рис. 24. Зависимость плотности теплового потока от длительности пожара в зрительном зале (рт_02, рт_03, рт_04, рт_05, рт_06, рт_07, рт_08, рт_09)

По результатам расчетов определено, что:

- опасные факторы пожара достигают своих предельных значений на планшете сцены (расчетные точки рт_01 и рт_02) через 153 секунды после его возникновения;
- выходы из партера зрительного зала в кулуары (расчетные точки рт_03 и рт_04) блокируются через 186 секунд с момента возникновения пожара;
- время блокирования выходов из партера зрительного зала в фойе 2-го этажа (расчетные точки рт_05 и рт_06) составляет 124 секунды;
- блокирование выходов с балкона зрительного зала (расчетные точки рт_07 и рт_08) происходит через 93 секунды с момента возникновения пожара;
- на уровне первых рядов зрительских мест (расчетная точка рт_09) опасные факторы пожара достигают своих критических значений через 186 секунд.

Распространение дыма внутри расчетной зоны проиллюстрировано на рисунке 25.

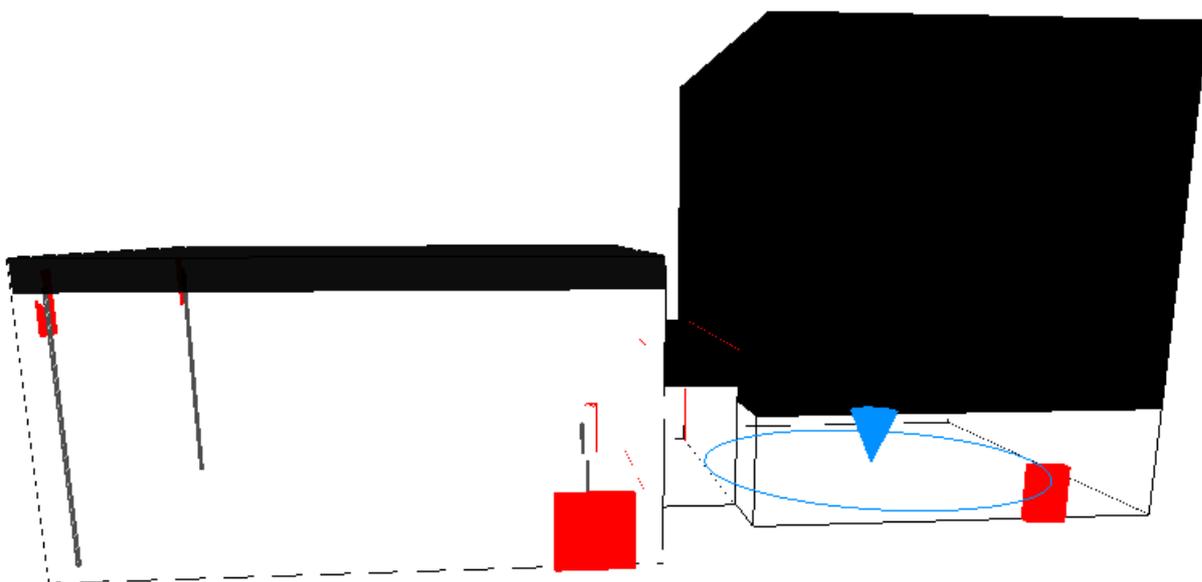


Рис. 25. Распространение дыма внутри расчетной области (93 с, блокирование выходов с балкона)

7. ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА НА ЛЮДЕЙ

Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей заключается в определении вероятности эвакуации людей из здания при пожаре. Вероятность эвакуации людей определяется по формуле (3) на основе сопоставления значений расчетного времени эвакуации людей и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

7.1. Методика определения расчетного времени эвакуации людей

Расчетное время эвакуации людей из помещений определено на основе моделирования движения людей по имитационно-стохастической модели движения людских потоков, описанной в приложении № 4 к Методике.

Множество людей, одновременно идущих в одном направлении по общим участкам пути, образуют людской поток. Участками формирования людских потоков в помещениях следует принимать проходы между оборудованием. Для последующих участков эвакуационных путей они представляют собой первичные источники людских потоков. Распределение N_i человек на участках формирования, имеющих ширину b_i и длину l_i , принимается равномерным. Поэтому в начальный момент t_0 на каждом элементарном участке Δl_i , занимаемом потоком, плотность потока $D_i^{t_0}$ определяется по формуле:

$$D_i^{t_0} = N_i^{t_0} / b_i \cdot \Delta l_i \text{ чел./м}^2 . \quad (23)$$

При дальнейшем движении людских потоков из первичных источников по общим участкам пути происходит их слияние. Образуется общий поток, части которого имеют различную плотность. Происходит выравнивание плотностей различных частей людского потока – его переформирование. Следует учитывать, что его головная часть, имеющая перед собой свободный путь, растекается – люди стремятся идти свободно при плотности D_0 . За интервал времени Δt часть людей переходит с этих элементарных участков на последующие и происходит изменение состояния людского потока, его движение.

Скорость движения людского потока при плотности D_i на i -ом отрезке участка пути k -го вида следует считать случайной величиной $V_{D,k}$, имеющей числовые характеристики:

математическое ожидание (среднее значение)

$$\begin{aligned} V_{D,k} &= V_{0,k} \cdot (1 - a_k \cdot \ln D_i / D_{0,k}) \cdot m \quad \text{при } D_i > D_{0,k} , \\ V_{D,k} &= V_{0,k} \quad \text{при } D_i \leq D_{0,k} , \end{aligned} \quad (24)$$

среднее квадратичное отклонение

$$\sigma(V_{D,k}) = \sigma(V_{0,k}) \cdot (1 - a_k \cdot \ln D_i / D_{0,k}) , \quad (25)$$

где $V_{0,k}$ и $\sigma(V_{0,k})$ - математическое ожидание скорости свободного движения людей в потоке (при $D_i \leq D_{0,k}$) и ее среднее квадратичное отклонение, м/мин;
 $D_{0,k}$ – предельное значение плотности людского потока, до достижения которого возможно свободное движение людей по k-му виду пути (плотность не влияет на скорость движения людей);

a_k – коэффициент адаптации людей к изменениям плотности потока при движении по k-му виду пути;

D_i – значение плотности людского потока на i-ом отрезке (Δl) участка пути шириной b_i , чел./м²;

m – коэффициент влияния проема.

Значения перечисленных параметров следует принимать по таблице 7.

Таблица 7

Вид пути, k	$V_{0,k}$ м/мин	$\sigma(V_{0,k})$ м/мин	$D_{0,k}$ чел./м ²	a_k	m
Горизонтальный в здании	100	5	0,51	0,295	1
Горизонтальный вне здания	100	5	0,70	0,407	1
Проем*	100	5	0,65	0,295	1,25-0,05D, при $D \geq 5$
Лестница вниз	80	5	0,89	0,400	1
Лестница вверх	50	5	0,67	0,305	1

* При $D = 9$ чел./м² значения $q_i = V_i \cdot D_{0,k}$ определяются по формуле $q_i = 10 \cdot (3,75 + 2,5 \cdot b_i)$, м/мин.

При любом возможном значении V^{t_0} люди в количестве $N^{t_0}_i$, находящиеся в момент t_0 на i-ом элементарном участке, двигаются по нему и начинают переходить на последующий участок (i+1) (рис. 26). На участок i в свою очередь переходит часть людей с предыдущего (i-1) элементарного участка и из источника j.

По прошествии времени Δt к моменту $t_1 = t_0 + \Delta t$ только часть людей $N^{t_0}_{i,i+1}$ с участка i успеет перейти на участок (i+1). К этому моменту времени из $N^{t_0}_i$ людей, бывших на участке i в момент t_0 , останется $(N^{t_0}_i - N^{t_0}_{i,i+1})$ людей. Их число пополняется за счет людей, успевших за этот интервал времени перейти на него с предыдущего участка – $N^{t_0}_{i-1,i}$ и из источника $N^{t_0}_{j,i}$. Тогда плотность потока на участке i в момент t_1 будет равна:

$$D^{t_1}_i = (N^{t_0}_i - N^{t_0}_{i,i+1} + N^{t_0}_{i-1,i} + N^{t_0}_{j,i}) / b_i \cdot \Delta l. \quad (26)$$

Скорость движения людей, оказавшихся на участке i в момент t_1 , определяется по формуле:

$$V^{t_1}_i = V_{0,k} (1 - a_k \cdot \ln D^{t_1}_i / D_{0,k}). \quad (27)$$

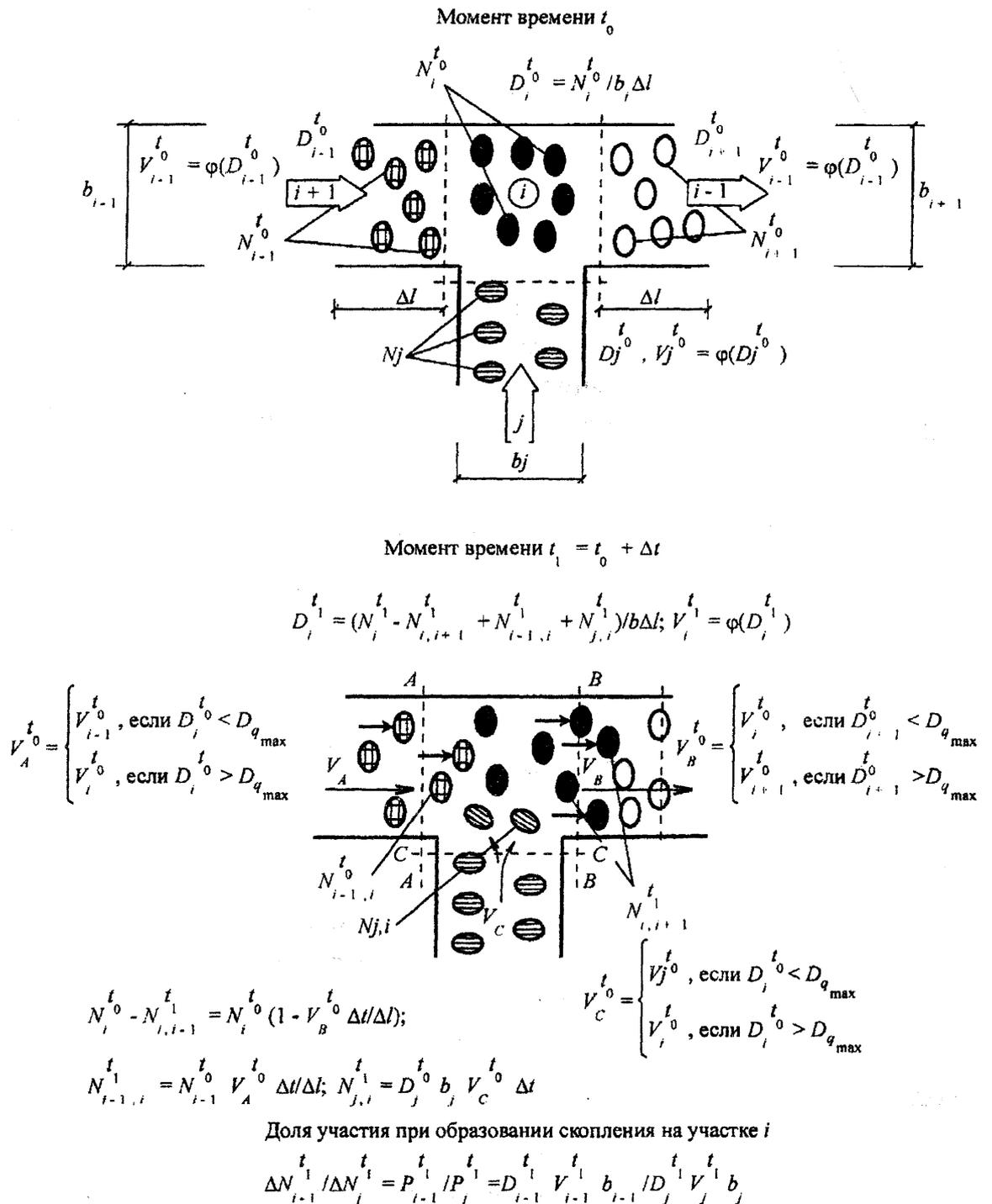


Рис. 26. Изменения состояния потока в последовательные моменты времени

Следует учитывать, что изменение плотности потока на каждом участке в различные моменты времени отражает процесс реформирования различных частей потока, и как частный случай, процесс растекания потока.

Изменение плотности потока на каждом из элементарных участков в последовательные моменты времени зависит от количества людей, переходящих через границы участков. В общем случае количество людей, переходящих за интервал времени Δt с участка i на последующий участок $i+1$, составляет:

$$N_{i,i+1}^{t1} = D_i^{t0} \cdot b_i \cdot \Delta l \cdot V_{пер} \cdot \Delta t. \quad (28)$$

Скорость перехода $V_{пер}$ через границы смежных элементарных участков следует принимать, руководствуясь следующими формулами:

$$V_{пер} = \begin{cases} V_i^{t0}, & \text{если } D_{i+1}^{t0} \leq D \text{ при } \max V_{Di,k} \cdot D = q_{max} \\ V_{i+1}^{t0}, & \text{если } D_{i+1}^{t0} > D \text{ при } \max V_{Di,k} \cdot D = q_{max}. \end{cases} \quad (29)$$

Следует учитывать, что в тот момент времени t_n , когда плотность потока на участке i достигла максимальной величины, на этот участок не может прийти ни один человек, ни с предшествующего участка, ни из источника. В результате перед участком i задерживается соответственно ΔN_{i-1}^{tn} и $\Delta N_{j,i}^{tn}$ людей. В следующий момент времени t_{n+1} часть людей с участка i переходит на участок $i+1$, плотность людского потока на нем уменьшится и часть скопившихся перед его границей людей сможет перейти на него. Доля их участия в пополнении людьми участка i в момент t_{n+1} определяется формулой:

$$\Delta N_{i-1}^{tn, tn+1} / \Delta N_{j,i}^{tn, tn+1} = D_{i-1}^{tn, tn+1} \cdot V_{i-1}^{tn, tn+1} \cdot b_{i-1} / D_j^{tn, tn+1} \cdot V_j^{tn, tn+1} \cdot b_j. \quad (30)$$

Формулы (26) – (30) полностью описывают состояние людского потока на элементарных участках и их переходы в последовательные моменты времени. Совокупность значений расчетного времени эвакуации, полученных при различных значениях $V_{0,k}$, формирует эмпирическое распределение вероятностей значений Σt_p . По этому распределению следует рассчитывать значение времени завершения эвакуации, соответствующее вероятности $P(t_{p,эв}) = 0,999$.

7.2. Расчет времени эвакуации

Математическая модель эвакуации людей при пожаре была реализована при помощи программы «СИТИС: Флоутек ВД 2.30».

С целью получения достоверных результатов, учитывающих, в том числе, возможное образование задержек в коридорах, кулуарах и фойе, препятствующих выходу людей из помещений демонстрационного комплекса, в ходе расчета моделировалась эвакуация людей по указанным выше участкам пути до ближайших дверей, лестниц и лестничных клеток.

Для определения вероятности эвакуации определялось время прохождения людскими потоками расчетных точек, размещенных в зрительном зале и на планшете сцены.

Количество людей, находящихся в зале, было определено по количеству зрительских мест и принято равным 644; из них 481 человек в партере, 163 человека – на балконе.

Количество людей, находящихся на планшете сцены, было принято равным 60.

Общее количество людей в, принятое для расчета составило 704 человека.

Для определения площади проекции людей при расчете эвакуации было принято, что все зрители и актеры являются взрослыми людьми без верхней одежды.

Распределение людей по направлениям движения к эвакуационным выходам из зрительного зала принято в соответствии с рекомендациями приложения № 5 к Методике.

Распределение людей по объектам топологии и маршруты эвакуации показаны в таблицах 8 – 13.

Таблица 8

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 1

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_245	Взрослый летней одежде	0,100	M1	30

Таблица 9

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 2

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_246	Взрослый летней одежде	0,100	M1	30

Таблица 10

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 3

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_172	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_173	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_174	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_175	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_176	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_177	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_178	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_179	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_180	Взрослый летней одежде	0.100	M1	1
Проход_181	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_182	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_183	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_184	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_185	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_186	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_187	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_188	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_189	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_190	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_191	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_192	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_194	Взрослый летней одежде	0.100	M1	1
Проход_195	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_196	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_198	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_199	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_212	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_213	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_214	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_215	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_216	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_217	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_218	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_219	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_220	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_221	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_222	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_223	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_224	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_225	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_226	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_227	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_228	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_229	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_247	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_248	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_249	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_250	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_251	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_252	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_253	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_254	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_255	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_256	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_257	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_258	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_259	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_260	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_261	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_262	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_263	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_264	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_265	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_266	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_267	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_268	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_269	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_270	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_271	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_272	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_273	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2

Таблица 11

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 4

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_10	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_11	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_12	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_13	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_14	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_15	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_16	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_17	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_18	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_19	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_193	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_197	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_20	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_200	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_201	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_202	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_203	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_204	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_205	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_207	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_208	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_21	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_22	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_23	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_24	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_25	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_26	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_27	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_275	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_28	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_29	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_30	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_31	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_34	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_35	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_36	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_37	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_38	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_39	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_40	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_41	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_42	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_43	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_44	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_45	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_46	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_47	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_48	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_49	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_50	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_51	Взрослый летней одежде	0.100	M1	1
Проход_52	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_53	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_54	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_55	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_56	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_57	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_69	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_70	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_71	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_72	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_73	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_74	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_75	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_76	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_77	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_78	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_79	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_80	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_81	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_82	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_83	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2

Таблица 12

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 5

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_163	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_164	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_165	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_166	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_167	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_168	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_169	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_170	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_171	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_230	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_231	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_232	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_233	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_234	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_235	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_236	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_237	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_238	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_239	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_240	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_241	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_242	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3

Таблица 13

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 6

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_206	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_209	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_210	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_211	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_58	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_59	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_60	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_61	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_62	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_63	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_64	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_65	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_66	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_84	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_85	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_86	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_87	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_88	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_89	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_90	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 7

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_107	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_108	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_109	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_117	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_118	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_119	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_122	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_123	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_124	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_125	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_126	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_127	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_128	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_129	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_134	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_135	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_136	Взрослый летней одежде	0.100	M1	4
Проход_141	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_142	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_143	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_144	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_149	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_150	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_151	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_152	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_157	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_158	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_159	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_160	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3

Таблица 15

Распределение людей по помещениям и эвакуационным выходам
для расчета времени эвакуации: Выход 8

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_100	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_101	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_102	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_104	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_105	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_106	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_113	Взрослый летней одежде	0.100	M1	1

Наименование помещения	Тип	Площадь проекции, м ²	Группа мобильности	Количество людей
Проход_114	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_115	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_116	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_130	Взрослый летней одежде	0.100	M1	1
Проход_131	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_132	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_133	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_137	Взрослый летней одежде	0.100	M1	1
Проход_138	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_139	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_140	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_145	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_146	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_147	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_148	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_153	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_154	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_155	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_156	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_94	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_95	Взрослый летней одежде	0.100	M1	3
Проход_96	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_97	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_98	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2
Проход_99	Взрослый летней одежде	0.100	M1	2

Расчетные схемы и схемы разбиения маршрутов на участки для определения времени эвакуации людей из помещений здания приведены на рисунках 27 – 28.

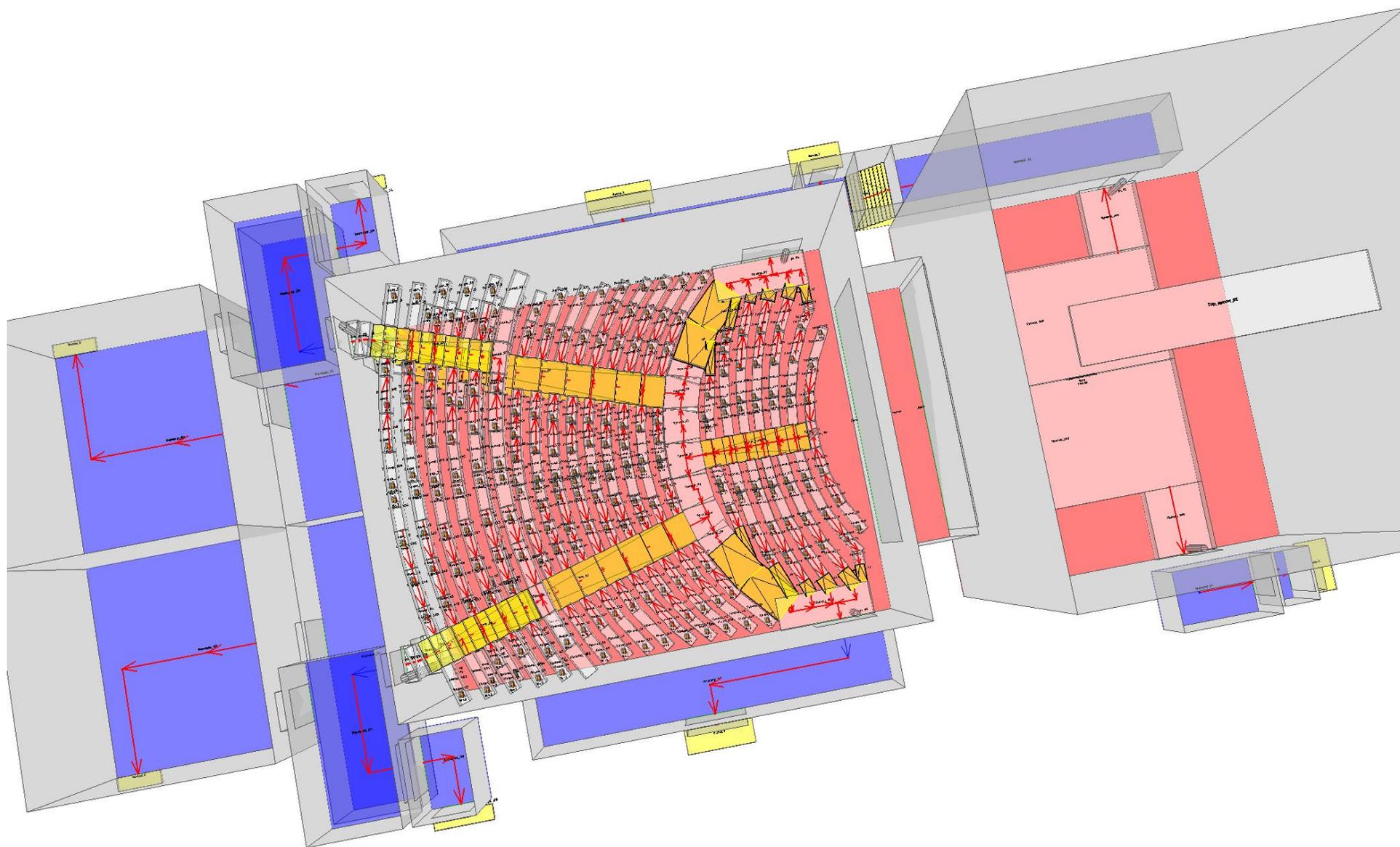


Рис. 27. Расчетная схема эвакуации из демонстрационного комплекса Драматического театра

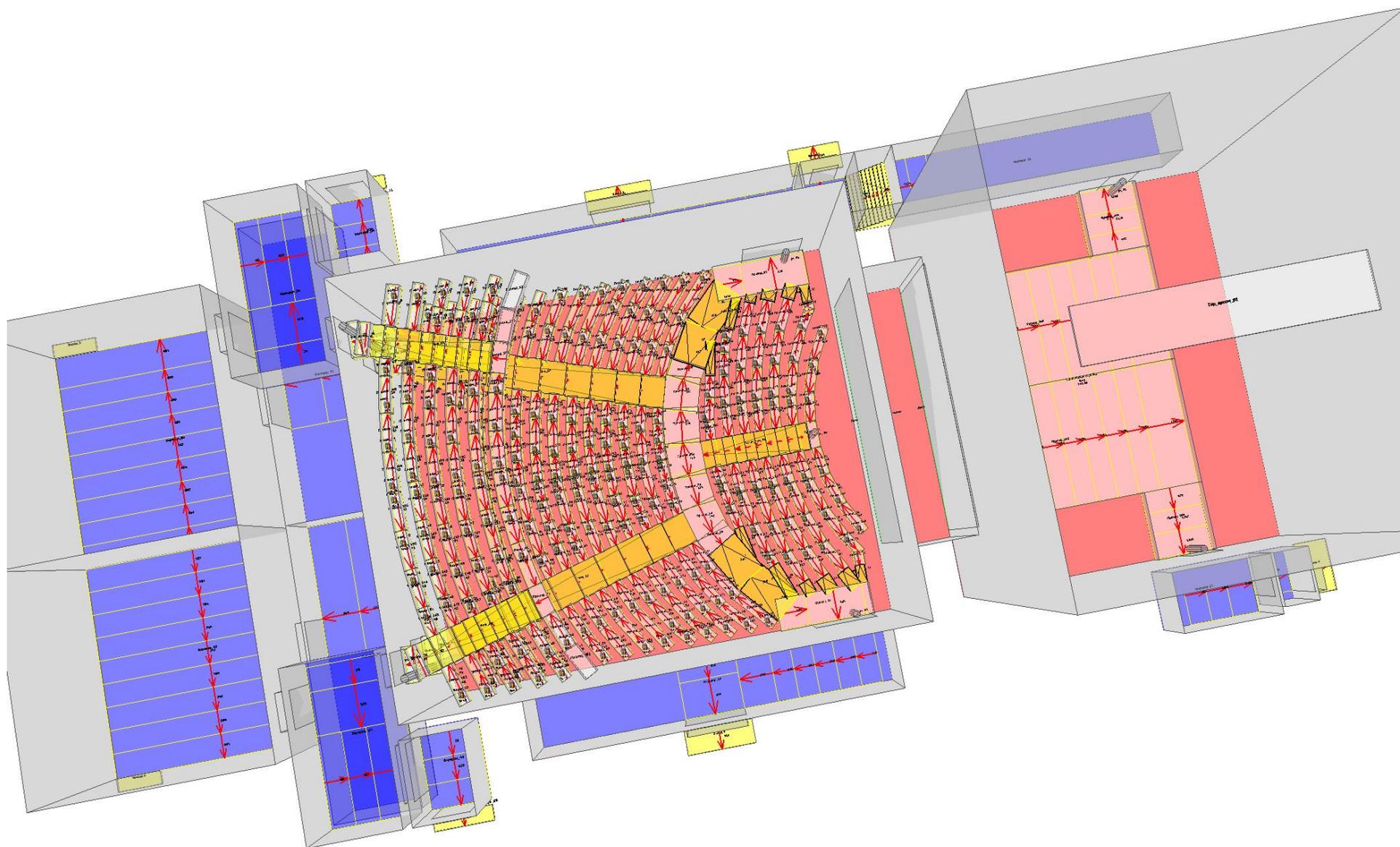


Рис. 28. Схема разбиения на участки маршрутов эвакуации из демонстрационного комплекса Драматического театра здания
Городского почтамта

В соответствии с пунктом 11 Методики и пунктом 1 приложения № 5 к Методике значение времени начала эвакуации для помещения очага пожара следует принимать равным 0,5 мин.

В связи с этим принято одновременное начало эвакуации людей, находящихся в демонстрационном комплексе театра, через 30 секунд с начала его возникновения.

Время эвакуации людей из демонстрационного комплекса театра составило:

- с планшета сцены (расчетные точки рт_01 и рт_02) – 0,73 минуты¹;
- из партера зрительного зала в кулуары (расчетные точки рт_03 и рт_04) – 1,77 минуты;
- из партера зрительного зала в фойе 2-го этажа (расчетные точки рт_05 и рт_06) – 0,97 минуты;
- с балкона зрительного зала (расчетные точки рт_07 и рт_08) – 1,75 минуты.

Время прохождения последнего эвакуирующегося человека, находящегося в зрительном зале на первом ряду через расчетную точку рт_09 составило 0,7 минуты.

В ходе эвакуации в зрительном зале образовывались участки с высокой плотностью людского потока (более $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$). Время существования скоплений составило 1,21 минуты.

На путях эвакуации за пределами зрительного зала скопления не образовывались.

¹ Здесь и далее расчетное время эвакуации указано с учетом времени начала эвакуации.

7.3. Определение вероятности эвакуации людей

Время блокирования эвакуационных выходов и отдельных участков путей эвакуации и расчетное время эвакуации определены в разделах 6.3 и 7.2 настоящего Отчета соответственно.

На основании этих данных была определена вероятность эвакуации P_3 , по формуле (3), отдельно для каждой расчетной точки.

Для удобства результаты этих расчетов сведены в таблицу 16.

Таблица 16

Результаты расчета времени блокирования, времени эвакуации и вероятности эвакуации

Эвакуационный выход, участок пути эвакуации (наименование элемента в топологии расчета)	Время блокирования, мин	Расчетное время эвакуации (с учетом времени начала эвакуации), мин	Время начала эвакуации, проходящего через расчетную точку последним, мин	Вероятность эвакуации
Планшет сцены перед выходами в коридоры; высота рабочей зоны над уровнем пола – 0 м (рт_01 и рт_02)	2,55	0,73	0,5	0,999
Зрительный зал перед выходами из партера в кулуары; высота рабочей зоны над уровнем пола – 0 м (рт_03 и рт_04)	3,10	1,77	0,5	0,999
Зрительный зал перед выходами из партера в фойе 2-го этажа; высота рабочей зоны над уровнем пола – 4,54 м (рт_05 и рт_06)	2,07	0,97	0,5	0,999
Зрительный зал перед выходами с балкона в фойе 3-го этажа; высота рабочей зоны над уровнем пола – 8,14 м (рт_07 и рт_08)	1,55	1,75	0,5	0,000
Зрительный зал на уровне первого ряда зрительских мест (рт_09)	3,10	0,70	0,5	0,999

Таким образом, вероятность эвакуации людей из здания, определенная по минимальной из вычисленных, и, характеризующая наибольшую опасность для жизни и здоровья людей, находящихся в демонстрационном комплексе театра, составляет **0,000**.

8. РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОЖАРНОГО РИСКА

Расчет величины индивидуального пожарного риска произведем по формуле (2).

Частота возникновения пожара в здании в течение года $Q_{п} = 4,111 \cdot 10^{-2}$ (обосновано в разделе 5 настоящего Отчета).

Вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения $R_{ап}$ принимаем равной нулю – в связи с неработоспособностью имеющейся системы автоматического водяного пожаротушения.

Вероятность присутствия людей $P_{пр}$ в помещении Драматического театра, в связи с неравномерным режимом его эксплуатации в течение года, недели и суток, определим исходя из следующих данных:

- по информации, предоставленной администрацией объекта защиты, в течение 2010 года было проведено 280 театральных мероприятий;
- максимальная продолжительность показа театральной постановки составляет 3 часа;
- для обеспечения запаса надежности выполненного расчета средняя продолжительность мероприятия принята равной максимальной (3 часа);
- тогда суммарная продолжительность театральных мероприятий, проведенных в течение года в объекте защиты, составит 840 часов;
- продолжительность года составляет 8 760 часов.

Следовательно, вероятность присутствия людей в помещении Драматического театра составляет 0,09589.

Вероятность эвакуации людей $P_{э}$, равна 0,000 (определено в разделе 7.3 настоящего Отчета).

Вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации, в связи с отсутствием сведений по параметрам технической надежности, принята равной 0,8.

Условная вероятность эффективного срабатывания СОУЭ в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации, в связи с отсутствием сведений по параметрам технической надежности, принята равной 0,8.

Условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты, в связи с неработоспособным состоянием люков дымоудаления, предусмотренных в покрытии над сценой театра, принята равной 0.

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{пз}$, определенная по формуле (4), равна 0,64.

Тогда индивидуальный пожарный риск на объекте защиты будет равен:

$$Q_{в} = Q_{п} \cdot (1 - R_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_{э}) \cdot (1 - P_{п.з}) = 1,419 \cdot 10^{-3}.$$

Вывод: Расчетная величина индивидуального пожарного риска в помещении Муниципального учреждения театрально-концертный комплекс «Драматический театр им. Великого писателя» превышает нормативное значение индивидуального пожарного риска 10^{-6} год⁻¹. Следовательно, **условие соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности не выполнено.**

Согласно п. 21 Методики, в случае если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, на объекте защиты следует предусмотреть дополнительные противопожарные мероприятия, направленные на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

9. РАЗРАБОТКА ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

К числу противопожарных мероприятий, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, относятся:

- применение дополнительных объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара;
- устройство дополнительных эвакуационных путей, отвечающих требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;
- устройство систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа;
- применение систем противодымной защиты от воздействия опасных факторов пожара;
- ограничение количества людей в здании до значений, обеспечивающих безопасность их эвакуации из здания.

Анализируя данные возможные мероприятия, предлагается выполнить наиболее очевидные, предусмотренные требованиями нормативных документов по пожарной безопасности:

1. привести в рабочее состояние люки дымоудаления, предусмотренные в покрытии над сценой;
2. привести в работоспособное состояние систему водяного пожаротушения, предназначенную для защиты сценической коробки.

Наличие в демонстрационном комплексе театра работоспособной и соответствующей требованиям пожарной безопасности системы противодымной защиты (люков дымоудаления в покрытии над сценой) позволит увеличить время блокирования, обеспечив безопасную эвакуацию людей, и одновременно окажет влияние на техническую надежность комплекса противопожарной защиты помещения театра.

Наличие в демонстрационном комплексе театра работоспособной и соответствующей требованиям пожарной безопасности автоматической системы водяного пожаротушения на порядок увеличит вероятность ликвидации или локализации пожара в начальной его стадии, тем самым предотвратив воздействие на людей опасных факторов пожара.

Для проверки эффективности предлагаемых мероприятий и степени их влияния на уровень обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре и расчетную величину индивидуального пожарного риска, в соответствии с положениями раздела IV Методики, был проведен повторный расчет времени блокирования путей эвакуации из демонстрационного комплекса театра при открытых люках дымоудаления.

Для расчета, в связи с отсутствием информации о фактической площади открытого сечения люков, ее значение было принято равной минимально допустимой в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности. В соответствии с п. 2 приложения 5 СНиП 2.08.02-89* «Общественные здания и сооружения», площадь открытого сечения люков определяется расчетом или принимается равной 2,5 % площади колосниковой сцены на каждые 10 м высоты от пола трюма до покрытия сцены.

Площадь сцены составляет 265 м².

Высота сценической коробки театра от пола трюма до покрытия сцены составляет 20 метров.

Требуемая нормативными документами минимальная площадь люков, а также их площадь принятая для расчета – 13,25 м².

В ходе расчета принималось, что первоначально люки дымоудаления закрыты. Время их открытия принято равным 30 секунд.

В результате расчета время блокирования выходов с планшета сцены составило 179 секунд. Время блокирования различных выходов из зрительного зала находится в интервале 242 – 274 секунды.

При площади открытого сечения люков дымоудаления, равной 20 м², распространение опасных факторов пожара из сценической коробки в зрительный зал не происходит.

Вероятность эвакуации людей в обоих случаях будет равна 0,999.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска в МУ ТКК «Драматический театр им. Великого писателя» составит $5,11 \cdot 10^{-8}$, что соответствует нормативному уровню, и даже ниже него почти в 20 раз.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СПРАВОЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Принят Государственной Думой 4.07.2008, одобрен Советом Федерации 11.07.2008.
2. Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска».
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденная приказом МЧС России от 30.06.2009 г. № 382.
4. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. Холщевников В.В. М.: МИПБ МВД России, 1999.-93 с.
5. Эвакуация и поведение людей при пожарах. В.В. Холщевников, Самошин Д.А. Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 212 с.
6. Термогазодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский и др.; Под ред. Ю.А. Кошмарова. – М.: Стройиздат, 988. – 448 с.
7. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учеб. пособие / Ю.А. Кошмаров. - М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
8. Коршунов Игорь Васильевич. Моделирование динамики начальной стадии пожара в театрах для обоснования их объемно-планировочных решений с целью обеспечения безопасной эвакуации: диссертация ... кандидата технических наук: 05.26.03 Москва, 2007 243 с.
9. Пожарная профилактика в строительстве: Учеб. для пожарно-техн. училищ / Б.В. Грушевский, Н.Л. Котов, В.И. Сидорук и др. – М.: Стройиздат, 1989.
10. Повзик Я.С. Пожарная тактика: М.: ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2004. – 416 с.
11. Строительные нормы и правила Российской Федерации «Общественные здания и сооружения» СНиП 2.08.02-89*.
12. 4174-РП-2.30. Руководство пользователя СИТИС: Блок 2.30. Расчет распространения ОФП. Редакция 17.
13. 4174-ТР-02. Техническое руководство СИТИС: Блок 2.20. Редакция 2.
14. 4155-РП-2.30. Руководство пользователя СИТИС: Флоутек 2.30. Расчет эвакуации. Редакция 35.
15. 4155-ТР-02. Техническое руководство СИТИС: Флоутек ВД 2.20. Редакция 2.
16. 4183-МТ1. Описание комплекса программ «СИТИС: Спринт» для расчета пожарного риска. Редакция R2 21.01.2010.
17. СИТИС 5-09. Рекомендации по использованию программного обеспечения СИТИС для расчета индивидуального пожарного риска. Редакция 4.
18. 4183-РП-1.19. Руководство пользователя СИТИС: Спринт 1.19. Расчет индивидуального пожарного риска. Редакция 18.

Директор
ООО «Экспертная организация»

И.И. Иванов

