

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

Направление подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность»

Профиль «Пожарная безопасность»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка инженерно-технических решений систем противопожарной защиты (на примере торгового центра «Мираж», расположенного по адресу: г. Сызрань, ул. Образцовская, д. 97)

Студент(ка)

О.П. Фёдорова

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Руководитель

М.И. Фесина

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Консультант

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Допустить к защите

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

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

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Тольятти 2018

## АННОТАЦИЯ

В данной бакалаврской работе был изучен торговый центр «Мираж», расположенный по адресу: г. Сызрань, ул. Образцовская, д. 97, в том числе архитектурно - планировочные решения, безопасность объекта, системы противопожарной защиты здания, безопасность эвакуации людей и состояние путей эвакуации. Проведено сравнение двух незадымляемых лестничных клеток типа Н2 и Н3 и предложен наиболее экономичный вариант устройства лестниц на путях эвакуации.

Цель бакалаврской работы - проанализировать состояние противопожарной защиты торгово-развлекательного комплекса и дать конкретные предложения по улучшению пожарной безопасности объекта.

Задачи:

- изучить расположение объекта;
- проанализировать пожарную безопасность на объекте, пути распространения огня, места предполагаемых обрушений системы противопожарной защиты здания;
- изучить соответствие объемно-планировочных решений, противопожарных преград, путей эвакуаций, систем противодымной защиты требованиям пожарной безопасности;
- провести расчет эвакуации людей;
- предложить рекомендуемые изменения.

Выпускная бакалаврская работа содержит:

Введение, 6 разделов основной части – 56 страниц, заключение, список используемых источников, 6 таблиц, 2 рисунка, 20 литературных источников.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	6
1 Характеристика объекта.....	6
2 Анализ пожарной безопасности объекта.....	9
2.1 Пути возможного распространения пожара.....	9
2.2 Места возможных обрушений строительных конструкций.....	10
2.3 Системы противопожарной защиты здания.....	11
2.4 Статистический анализ пожаров в ТРЦ.....	17
3 Эвакуация людей.....	18
3.1 Пути эвакуации.....	17
3.2 Расчет необходимого времени эвакуации людей из кинозала на отметке 10,600 в осях 11-18 /Д-Л/2.....	29
3.3 Определение расчетного времени эвакуации людей из кинозала на отметке 10,600 в осях 11-18 /Д-Л/2.....	34
3.4 Соответствие объемно-планировочных решений, противопожарных преград, путей эвакуации.....	45
3.5 Характеристика незадымляемой лестничной клетки типа Н2.....	46
3.6 Характеристика незадымляемой лестничной клетки типа Н3.....	46
3.7 Оценка экономической эффективности мероприятий.....	47
4 Охрана труда.....	49
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	50
6 Предлагаемое рекомендуемое изменение.....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	56

## ВВЕДЕНИЕ

Неодинарный случай пожаров в торгово-развлекательных центрах в нашей стране за последние пару лет привели к гибели десятков людей, а что самое страшное – детей. Мы не будем рассматривать причины возникновения пожаров. Основным спасением для людей являются пути эвакуации.

Разработка инженерно-технических решений противопожарной защиты рассмотрены в настоящей бакалаврской работе на примере действующего двухэтажного торгово-развлекательного комплекса «Мираж», находящегося по адресу: г. Сызрань, ул. Образцовская, д. 97.

Актуальность бакалаврской работы заключается в том, что здания с массовым пребыванием людей требуют повышенного внимания со стороны специалистов пожарной охраны. Такие пожары имеют широкий резонанс в обществе, наносят невосполнимый моральный ущерб и заставляют обретать чувство незащищенности. Вместе с тем, многие такие здания эксплуатируются с нарушениями норм проектирования и низким состоянием противопожарной защиты.

Цель бакалаврской работы – на основе всестороннего анализа состояния противопожарной защиты торгово-развлекательного комплекса дать конкретные предложения по улучшению пожарной безопасности объекта.

В основу бакалаврской работы положено изучение проектно-технической документации, выявление полноты выполнения проектных и технических решений, обеспечивающих безопасность людей в случае возникновения пожара.

Можно выделить четыре основных направления: предупреждение возникновения пожара, ограничение распространения возможного пожара, создание условий для успешной эвакуации людей и создание условий для успешного тушения пожара.

С целью решения этих задач был проведен анализ противопожарной защиты объекта и ее соответствия требованиям Федерального закона номер 123

«Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также строительным нормам, сводам правил и нормам технического проектирования [1].

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1 Характеристика объекта

Торгово-развлекательный центр (ТРЦ) «Мираж» расположен в Юго-западном районе города Сызрань по адресу: ул. Образцовская, д. 97. Расположение ТРЦ на местности представлено в приложении А.

Архитектурно - планировочные решения здания включают в себя помещения торгово-развлекательного направления.

Здание торгово-развлекательного комплекса - сложной формы, представленное на приложении Б, с габаритными размерами в осях 293,18х183,6м. Здание пятиуровневое с антресольными и техническими этажами, без подвала, с плоской совмещенной кровлей. Деформационными швами здание разделено на 5 блоков.

Блоки торгово-развлекательного центра расположены согласно рисунка 1.

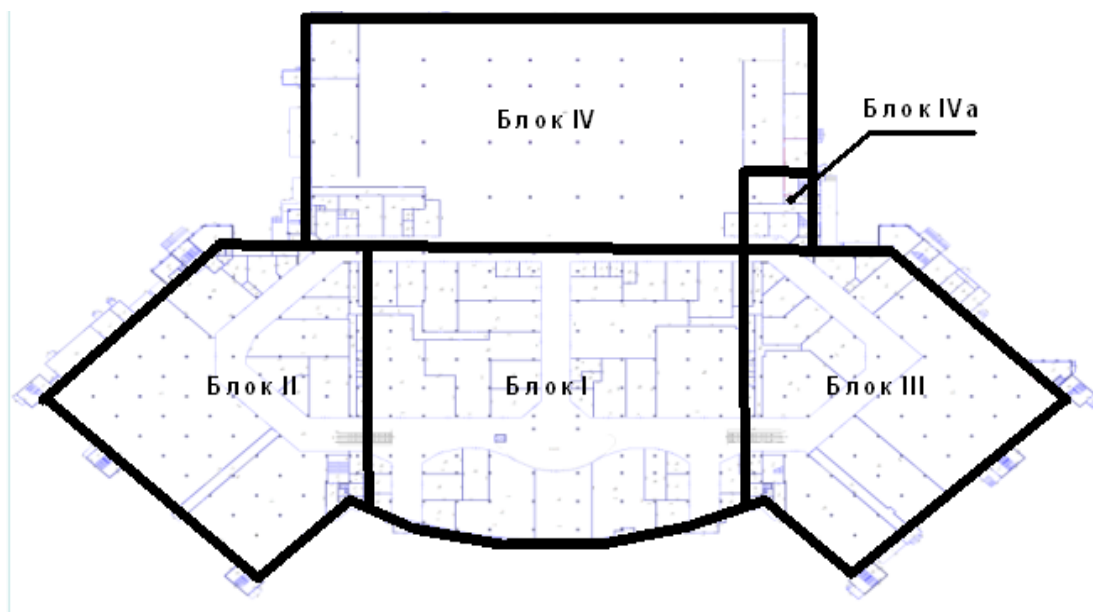


Рисунок 1- Схема расположения блоков ТРЦ

Блок I - центральный, имеет помещения на четырех уровнях. Высота первого этажа - до низа выступающих конструкций - 6,9 м, до уровня подвесного потолка - 4,2;4,5м. Высота второго этажа - до уровня подвесного потолка- 4,5м; в четырех уровневой зоне высота второго этажа - 2,5м. Высота

третьего и четвертого уровней -2,1м, 2,7м. В данном блоке имеется атриум. Связь между этажами осуществляется по двум лестницам, по двум эскалаторам. Для сообщения с антресольными этажами имеются технологические лестницы. В центральной части блока расположен панорамный лифт. Из данного блока имеется восемь выходов наружу и переходы в смежные блоки. Полезная площадь - 22890,07 м<sup>2</sup>, торговая площадь блока-7892,03 м<sup>2</sup>.

Блок II - двух этажный, расположен слева от центрального блока и включает в себя торговые помещения. Высота помещений первого этажа до низа выступающих конструкций - 6,9 м, до низа подвесного потолка - 4,5 м. Высота помещений второго этажа - до уровня подвесного потолка - 4,5 м. Связь между этажами осуществляется по шести лестницам, эскалатору. В данном блоке имеется технический антресольный этаж. Из блока предусматриваются восемь выходов непосредственно наружу и переходы в смежные блоки. Общая площадь блока II - 11741,10 м<sup>2</sup>, торговая площадь - 7422,44 м<sup>2</sup>.

Блок III - двух этажный, расположен справа от центрального блока, включающий торговые помещения. Высота помещений первого этажа до низа выступающих конструкций - 6,9 м, до низа подвесного потолка - 4,5 м. Высота помещений второго этажа - до уровня подвесного потолка - 4,5 м. Связь между этажами осуществляется по шести лестницам, эскалатору. Из блока предусматриваются восемь выходов непосредственно наружу и переходы в смежные блоки. Общая площадь блока III - 11394,47 м<sup>2</sup>, торговая площадь - 7828,61 м<sup>2</sup>.

Блок IV – одноэтажный с торговыми и вспомогательными помещениями. Высота помещений до низа ферм - 6,0м; 9,0м. Из блока предусмотрено десять выходов непосредственно наружу и переходы в смежные блоки. Общая площадь IV блока - 11165,18 м<sup>2</sup>, торговая площадь - 5232,32 м<sup>2</sup>.

Блок IV а – двухэтажный с бытовыми и техническими помещениями. На первом этаже блока располагаются подсобные помещения. На втором этаже расположены подсобные, вспомогательные и технические помещения. Общая площадь IV а блока - 493,01 м<sup>2</sup>, полезная площадь - 422,91 м<sup>2</sup>.

Внутренняя отделка предусматривается в соответствии с функциональным назначением помещений из современных негорючих материалов.

Здание ТРК – каркасное. Пространственная жесткость здания обеспечивается жестким сопряжением колонн с ростверками, жестким диском перекрытий, связями по фермам. Принятая сетка колонн - 9х9 м, 9х12 м, 12х18 м, 18х18 м. Степень огнестойкости – II. Противопожарные зоны являются заменителями противопожарных преград, а части здания площадью до 9600 м<sup>2</sup> пожарными отсеками.

Фундаменты - свайные с монолитными ростверками и железобетонные монолитные.

Колонны, перекрытия - железобетонные монолитные.

Фермы покрытия - металлические сварные.

Наружные стены - сэндвич-панели «Термопанель» толщиной 150 мм с негорючим утеплителем.

Зенитные фонари - из алюминиевых профилей «Татпроф».

Перегородки - остекленные по металлическому каркасу и кирпичные.

Лестницы - сборные железобетонные.

Кровля - рулонная с внутренним организованным водостоком.

Поэтажная планировка здания ТРЦ представлена в приложениях В, Г.



## 2 Анализ пожарной безопасности объекта

Пожарная опасность торгового центра определяется:

- качеством материалов в здании;
- горючестью строительных конструкций выполненных материалов, и существующей способности сопротивления конструкций к воздействию пожара;
- температурой и длительностью возможного пожара.

Пожары распространяются по горючим материалам и конструкциям здания, что зависит от планировки объекта.

Внутренний пожар осложнён горением в закрытом объёме и тепло теряется не всё. При пожаре внутри здания на температуру имеет влияние большее число факторов, чем при горении на открытом пространстве, такие как горючий материал (пожарная нагрузка), площадь горения пола и высота места горения, а также размеры и расположение проемов.

### 2.1 Пути возможного распространения пожара

При открытых дверных проемах создаются естественные и опасные пути выхода пожара за пределы помещения.

Огнестойкость дверей на путях эвакуации достаточно мала, что приводит к распространению горения на другие площади.

Согласно информации [2] «путь распространения пожара за пределы помещения это переход горения через вертикальные и горизонтальные ограждающие конструкции» [2]. «По вертикальным ограждающим конструкциям пожар может интенсивно распространяться с обогреваемой стороны в пределах того же помещения, если эти конструкции покрыты горючими, а тем более легко-воспламеняемыми отделочными материалами» [2].

«Через горизонтальные ограждающие конструкции пожар может распространиться через перекрытия в этажи здания, расположенные выше

горящего помещения» [2]. «Пожар лишь в редких случаях переходит через перекрытия в этажи, расположенные ниже горящего помещения» [2]. «Наиболее опасными путями распространения пожара в верхние этажи здания являются различные пустоты в строительных конструкциях, вентиляционные и кабельные каналы, технологические проемы, имеющиеся в перекрытии между первым и вторым этажами складских помещений» [2]. «Продукты неполного сгорания, интенсивно выделяющиеся в горящем помещении, по законам естественной конвекции устремляются по таким каналам вверх» [2]. «Скопление их в вентиляционных каналах с последующим внезапным воспламенением может вызвать даже взрыв с разрушением элементов конструкции здания и выбросом пламени и продуктов горения в смежные помещения» [2].

«Сложность планировки, быстрое распространение огня практически по всему зданию, аккумуляция температуры в больших объемах торговых павильонов, возможность возникновения паники среди посетителей во время эвакуации - вот лишь некоторые факторы затрудняющие работу пожарных подразделений» [2]. «Вследствие особенности развития пожаров в универмагах возможны разрушения строительных несущих конструкций» [2]. «Это в первую очередь приносит огромный материальный ущерб и возможно даже гибель большого числа людей» [2].

«Поэтому в первую очередь важно предупредить пожар» [2]. «Важная роль в этом деле отводится контролю за соблюдением норм и правил пожарной безопасности на стадии планирования объектов» [2].

## 2.2 Места возможных обрушений строительных конструкций

При длительном воздействии высоких температур (более 2,5 часа) может произойти обрушение перекрытий вышележащих этажей, кровли и лестничных маршей.

Аппараты и сосуды находящиеся (работающие) под давлением отсутствуют, растекание веществ и материалов исключено.

### 2.3 Системы противопожарной защиты здания

С учетом пожарной опасности, особенностей объемно-планировочных решений, предусмотрено оборудование здания комплексом систем противопожарной защиты, включающим в себя:

- автоматическую установку пожарной сигнализации (схема в приложение Д);
- автоматические и ручные пожарные извещатели, которые установлены во всех помещениях кроме помещений с мокрым процессом, вентиляционных камер, лестничных клеток;
- систему дымоудаления (схема управления огнезащитными клапанами представлена в приложении Е);
- систему оповещения и управления эвакуацией при пожаре;
- систему автоматического водяного спринклерного пожаротушения (схема в приложении Ж).

Также предусмотрена автоматизация систем противопожарной защиты с системами инженерного оборудования здания, включающая в себя систему аварийного и эвакуационного освещения, помимо взаимосвязи между самими системами противопожарной защиты.

Помещения и здания оборудованы системой оповещения и управления эвакуацией при пожаре (СОУЭ).

Оповещение и управление эвакуацией при пожаре осуществляется речевым способом (передачей специальных текстов) и световым (световые мигающие оповещатели, световые оповещатели «Выход», эвакуационными знаками пожарной безопасности, указывающими направление движения).

Электроснабжение систем АУПС и СОУЭ – питание приемно-контрольного прибора автоматической установки пожарной сигнализации и

звуковых оповещателей СОУЭ, а также световых указателей «Выход» осуществляется по I категории надежности электроснабжения по ПУЭ, от электросетей здания и от АКБ – источника бесперебойного питания со встроенной АКБ 12 В, 12 А/ч. Переключение АКБ в аварийном режиме происходит автоматически, при этом обеспечивается непрерывная работа установки не менее 24 часов – в дежурном режиме и 3 часов – в режиме «Тревога».

Для обеспечения пожаротушения здания ТРК «Мираж» в проекте предусмотрен наружный кольцевой водопровод с пожарными гидрантами, который обеспечивает необходимый расход воды для тушения возможного пожара.

Подъезд к ТРК «Мираж» осуществляется по существующим проезжим частям с улиц Казанская, Выборгская и Образцовская.

По проекту доступ пожарных подразделений обеспечивается с любой стороны здания, но ширина проезжей части для пожарных автомобилей не соответствует требованиям технического регламента.

Расстояние до ближайшей пожарной части составляет 1 км, что обеспечивает прибытие пожарных автомобилей за время не более 10 мин.

В здании предусмотрен внутренний противопожарный водопровод диаметром 50 мм с установкой пожарных кранов из расчета орошения каждой точки двумя струями воды производительностью не менее 2,5 л/с каждая, с учетом требуемой высоты компактной струи.

Противодымная защита – это комплекс инженерных решений, которые направлены на предотвращение и уменьшение задымления на путях эвакуации.

Основы противодымной защиты описаны в Федеральном законе номер 123 (далее 123-ФЗ) и нацелены на безопасность эвакуации людей при пожаре.

Согласно статьи 56 123-ФЗ [1] «система противодымной защиты здания, сооружения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону или всего времени

развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения» [1].

Согласно закона [1] « система противодымной защиты должна предусматривать один или несколько из следующих способов защиты:

1) Использование объемно-планировочных решений зданий и сооружений для борьбы с задымлением при пожаре;

2) Использование конструктивных решений зданий и сооружений для борьбы с задымлением при пожаре;

3) Использование приточной противодымной вентиляции для создания избыточного давления воздуха в защищаемых помещениях, тамбур-шлюзах и на лестничных клетках;

4) Использование устройств и средств механической и естественной вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения и термического разложения»[1].

Результаты изучения систем противодымной защиты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Состояние системы противодымной защиты

№	Пункт проверки	Предусмотрено проектом	Нормы	Пункт правил	Вывод
1	2	3	4	5	6
1	Необходимость выполнения отдельных систем противодымной защиты	Здание принято единым пожарным отсеком.	Системы противодымной вентиляции - автономные в пожарном отсеке, кроме систем противодымной вентиляции лестничных клеток и лифтов.	п. 7.1 СП 7.13130.20 13	Соотв.
2	Коридоры длиной более 15 м	Отсутствует вытяжная противодымная вентиляция	Из коридоров длиной более 15м без естественного проветривания общественных зданий	п. 7.2 «в» СП 7.13130.20 13	Не соотв.
2.1	Атриум	Предусмотрена вытяжная противодымная вентиляция из верхней части	Из атриумов высотой более 15м требуется устройство систем дымоудаления	п. 7.2 «д» СП 7.13130.20 13	Соотв.
2.2	Кинотеатры	Автономная система дымоудаления предусмотрена из каждого зала кинотеатра	Из каждого помещения с массовым пребыванием людей без естественного проветривания требуется устройство систем дымоудаления	п. 7.2 «ж» СП 7.13130.20 13	Соотв.
2.3	Торговые залы первого и второго этажей	Отсутствуют системы дымоудаления	Из каждого торгового зала без естественного проветривания требуется устройство систем дымоудаления	п. 7.2 «ж» СП 7.13130.20 13	Не соотв.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
2.4	Зона боулинга и бильярда	Предусмотрена вытяжная противодымная вентиляция	Требуется устройство вытяжная противодымная вентиляция	п. 7.2 «ж» СП 7.13130.20 13	Соотв.
3	Способ удаления дыма из помещений	Вытяжные системы через дымовые люки в IV блоке	Для удаления дыма из 1-эт зданий допускается применять принудительные вытяжные	п. 7.2 п. 7.10 СП 7.13130.20 13	Соотв.
5	Деление помещений на дымовые зоны	Деление помещений на зоны не предусмотрено, так как площади помещений менее 3000 м <sup>2</sup> .	помещения площадью более 3000 м <sup>2</sup> - конструктивно или делить на дымовые зоны	п. 7.9 СП 7.13130.20 13	Соотв.
6	Деление коридоров на секции	Деление коридоров противопожарными перегородками 2-го типа на отсеки протяженностью не более 60м отсутствует в зоне кинотеатров	Коридоры - с противопожарным и перегородками 2-го типа на отсеки протяженностью не более 60м	п. 6.1.23 СП 4.13130.20 13	Не соотв.
7	Огнестойкость элементов системы дымоудаления				
7.1	Клапаны	Все дымовые клапаны предусматриваются с пределом огнестойкости EI45	Клапаны с огнестойкостью не менее EI45 нормально закрытые - противопожарные из обслуживаемых помещений, Е 0 – для коридоров и холлов.	п. 7.11 «в» СП 4.13130.20 13	Соотв.
7.2	Воздуховоды	В проекте применяются воздуховоды из листовой стали с пределом огнестойкости EI 45	Воздуховоды и каналы- негорючие материалы с огнестойкостью не менее EI30	п. 7.11 «б» СП 4.13130.20 13	Соотв.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
7.3	Вентиляторы	Удаление дыма с механическим побуждением сохраняющим работоспособность при температуре 400 гр. С в течении 2 час	Требуются вентиляторы сохраняющим работоспособность при температуре 400 гр. С в течении 2 час	п. 7.11 «а» СП 4.13130.2013	Соотв.
7.4	Устройство выброса продуктов горения из шахт в атмосферу	Дым выбрасывается в атмосферу на высоте не менее 2 м от поверхности кровли и на расстоянии 4м от воздухозаборных устройств систем против дымной вентиляции	Выброс дыма над кровлей на расстоянии не менее 5м от устройств воздух-забора устройств системы приточной против дымной вентиляции	п. 7.11 «г» СП 4.13130.2013	Не соотв.
8	Подача наружного воздуха при пожаре системами приточной противдымной вентиляции				
8.1	Лестничная клетка типа Н2	Подача наружного воздуха предусматривается	В незадымляемые лестничные клетки типа Н2	п. 7.14 «в» СП 7.13130.2013	Соотв.
8.2	Атриум	Подача наружного воздуха предусматривается в нижнюю часть атриума	В нижние части атриумов, пассажей и других помещений	п. 7.14 «к» СП 7.13130.2013	Соотв.
8.3	Зоны безопасности для МГН	Не предусмотрена подача наружного воздуха внутрь помещений	Зона безопасности должна быть незадымляемой	п. 7.14 «р» СП 7.13130.2013 п.5.2.29 СП 59.13330.2012	Не соотв.



## 2.4 Статистический анализ пожаров

Значительное влияние на статистику пожаров за последние годы оказывают возгорания в зданиях и сооружениях с массовым пребыванием людей. На таких объектах очень тяжело проводить эвакуацию людей преимущественно из-за паники людей. Согласно интернет - портала «РИА-новости» [4] статистика самых крупных и страшных пожаров с гибелью людей в ТРЦ за последние годы приведена в приложении И.

2011г. – г. Уфа и г. Самара

2014 г. – г. Оренбург

2015 г. – г. Казань

2018 г. – г. Кемерово

В результате всего 5 пожаров сгорело около 2000 м<sup>2</sup> зданий, погибло 92 человека (из них 41 ребенок), пострадало около 100 человек.

### 3 Эвакуация людей

#### 3.1 Пути эвакуации

Эвакуация – это организованное самостоятельное движения людей из опасной зоны, где на них могут влиять опасные факторы горения. Также следует считать эвакуацией несамостоятельное движение людей, под руководством обслуживающего персонала. Эвакуация проходит через эвакуационные выходы.

Беспрепятственная и своевременная эвакуация людей из опасной зоны является первоочередной задачей.

Поставленная задача выполняется планировочными решениями.

Время эвакуации является основным показателем безопасности людей ( $t_{нб}$ , мин.) Безопасность людей выполнена, если:

$$t_p \leq t_{н.б.}, \quad (3.1.1)$$

где  $t_p$  – фактическое эвакуация, мин;

$t_{нб}$  – время для эвакуации, мин.

В ходе обследования путей эвакуации необходимо соблюсти следующие условия безопасности:

$$n_{\phi} \geq n_{mp}, \quad (3.1.2)$$

где  $n_{\phi}; n_{mp}$  - фактическое и требуемое число эвакуационных выходов.

$$\delta_{\min}^{\phi} \geq \delta_{\min}^{\text{тp}}, \quad (3.1.3)$$

где  $\delta_{\min}^{\phi}; \delta_{\min}^{\text{тр}}$  - фактическая и требуемая ширина выходов по ходу эвакуации.

$$\sum \delta_{\phi} \geq \sum \delta_{\text{тр}}, \quad (3.1.4)$$

где  $\delta_{\phi}; \delta_{\text{тр}}$  - фактическая и требуемая суммарная ширина путей эвакуации.

$$l_{\phi} \leq l_{\text{тр}}, \quad (3.1.5)$$

$l_{\phi}; l_{\text{тр}}$  - фактическая и требуемая длина путей эвакуации.

Состояние эвакуационных путей и выходов сведены в таблице 2.

Таблица 2 - Состояние эвакуационных путей и выходов

№ п/п	Что проверяется	Принято по проекту	Нормы	Пункты правил	Вывод
1	2	3	4	5	6
1	Число эвакуационных выходов из помещений:				
11.1	Магазин «New Yorker»	Из торгового зала предусмотрено три выхода. При этом эвакуационным выходом являются все три $n_{\phi}=3$ .	Количество людей находящихся в торговом зале: $N = \frac{872,38}{3} = 291 \text{ чел} > 50 \text{ чел}$ $n_{\text{тр}} \geq 2$	п.4.2.1, п.7.2.5, п.7.2.6 СП 1.13130.2009	Соотв.
1.2	Гипермаркет «ZARA»	Из торгового зала предусмотрено пять выходов. При этом эвакуационным выходами являются четыре $n_{\phi}=4$ .	Количество людей находящихся в торговом зале: $N = \frac{1675}{3} = 559 \text{ чел} > 50 \text{ чел}$ $n_{\text{тр}} \geq 2$	п.4.2.1, п.7.2.5, п.7.2.6 СП 1.13130.2009	Соотв.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
1.3	Магазин «S&M»	Из торгового зала предусмотрено семь выходов. При этом эвакуационным выходом являются все семь $n_{\phi}=7$ .	Количество людей находящихся в торговом зале: $N = \frac{2096}{3} = 699_{чел} > 50_{чел}$ $n_{тр} \geq 2$	п.4.2.1, п.7.2.5, п.7.2.6 СП 1.13130.2009	Соотв.
1.4	Гипермаркет «Магнит»	Из гипермаркета предусмотрено 10 выходов. При этом эвакуационным выходом являются девять $n_{\phi}=9$ .	Количество людей находящихся в бутике: $N = \frac{4907,07}{3} = 1636_{чел} > 50_{чел}$ $n_{тр} \geq 2$	п.4.2.1, п.7.2.5, п.7.2.6 СП 1.13130.2009	Соотв.
1.5.1	12 бутиков Собщ=2197,6 м <sup>2</sup> 7 бутиков с торговой площадью 150 м <sup>2</sup> и менее каждый	Из каждого бутика предусмотрено по одному выходу. $n_{\phi}=1$ .	Максимальное количество людей находящихся в одном бутике: $N = \frac{150}{3} = 50_{чел} \leq 50_{чел}$ $n_{тр}=1$	п.4.2.1 п.7.2.5 п.7.2.6 СП 1.13130.2009	Соотв.
1.5.2	5 бутиков с торговой площадью более 150 м <sup>2</sup>	Из каждого бутика предусмотрено по одному выходу. $n_{\phi}=1$ .	$N = \frac{151}{3} = 51_{чел} \geq 50_{чел}$ $n_{тр} \geq 2$	п.4.2.1 п.7.2.5 п.7.2.6 СП 1.13130.2009	Не соотв.
2	Число эвакуационных выходов с этажей				
2.1	1-го этажа	Из первого этажа предусмотрено 28 эвакуационных выходов	Эвакуационные выходы с этажа - не менее двух для помещений, которое должно иметь два и более выходов.	п.4.2.3 п.7.1.11 СП 1.13130.2009	Соотв.
2.2	2-го этажа	Из второго этажа предусмотрено 17 выходов	Эвакуационные выходы с этажа - не менее двух для помещений, которое должно иметь два и более выходов.	п.4.2.3 СП 1.13130.2009	Соотв.

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
3	Суммарная ширина эвакуационных выходов				
3.1	1 этаж гипермаркет «Магнит»	Из торгового зала 1-го этажа предусмотрено 4 эвакуационных выхода шириной – 1,2 м. Тогда суммарная ширина сост. $\sum \delta = 4,8 м$	Количество эвакуирующихся составляет 1636 чел.+66 чел. перс.=1702 чел. $W = 4907,07 \cdot 6 = 29442,5 м^3$ Число человек на 1 м ширины эвакуационного выхода составляет 275 чел. Тогда $\sum \delta_{mp} = \frac{1702}{275} = 6,2 м$	п. 7.2.3, т.20, СП 1.13130.2009	Не соотв.
3.2	1 этаж магазина «ZARA»	Из торгового зала 1-го этажа предусмотрено 3 эвакуационных выходов шириной: - 2 выхода – 1,7 м; -1 выход – 2 м; Тогда суммарная ширина сост. $\sum \delta = 3,4 м$	Количество эвакуирующихся составляет 559 чел.+31 чел. перс .=590 чел $W = 1674,57 \cdot 4,5 = 7535,57 м^3$ Число человек на 1 м ширины эвакуационного выхода составляет 220 чел. Тогда $\sum \delta_{mp} = \frac{590}{220} = 2,68 м$	п. 7.2.3, т.20, СП 1.13130.2009	Соотв.
3.3	2 этаж магазин «Спортмастер»	Из торгового зала 2-го этажа предусмотрено 4 эвакуационных выхода шириной по 1,2 м; Тогда суммарная ширина составляет $\sum \delta = 3,6 м$	Количество эвакуирующихся составляет 529 чел.+30 чел. перс .=559 чел $W = 1585,38 \cdot 4,5 = 7134,21 м^3$ Число человек на 1 м ширины эвакуационного выхода составляет 220 чел. Тогда $\sum \delta_{mp} = \frac{559}{220} = 2,54 м$	п.7.2.3, т.20, СП 1.13130.2009	Соотв.
3.4	2 этаж магазин «М.Видео»	Из торгового зала 2-го этажа предусмотрено 3 эвакуационных выхода шириной - 2 выхода – 1,2 м; -1 выход – 2,5 м; Тогда суммарная ширина сост. $\sum \delta = 2,4 м$	Количество эвакуирующихся составляет 597 чел.+36 чел. перс .=633 чел $W = 1788,6 \cdot 4,5 = 8048,7 м^3$ Число человек на 1 м ширины эвакуационного выхода составляет	п.7.2.3, т.20, СП 1.13130.2009	Не соотв.

			220 чел.		
--	--	--	----------	--	--

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
4	Сосредоточенность эвакуационных выходов из помещений				
4.1	1 этаж гипермаркета «Магнит»	Периметр торгового зала составляет 326,05 м, количество эвакуационных выходов $n_{\phi}=9$ . Минимальное расстояние между эвакуационными выходами $L_{\phi}=22,7$ м (между выходами на осях М5/24/8 и П/24/8)	$L_{mp} = \frac{1,5 \cdot \sqrt{326,05}}{n-1} =$ $= \frac{1,5 \cdot \sqrt{326,05}}{9-1} = 3,4 м$	п. 4.2.4 СП 1.1313 0.2009	Соотв.
4.2	1 этаж магазин «ZARA»	Периметр торгового зала составляет 206,16 м, количество эвакуационных выходов $n_{\phi}=3$ . Минимальное расстояние между эвакуационными выходами $L_{\phi}=20$ м (между выходами на пешеходную галерею)	$L_{mp} = \frac{1,5 \cdot \sqrt{P}}{n-1} =$ $= \frac{1,5 \cdot \sqrt{206,16}}{3-1} = 10,8 м$	п. 4.2.4 СП 1.1313 0.2009	Соотв.
4.3	2 этаж магазин «Спортмастер»	Периметр торгового зала составляет 200,23 м, количество эвакуационных выходов $n_{\phi}=4$ . Минимальное расстояние между эвакуационными выходами $L_{\phi}=0,2$ м (между выходами на пешеходную галерею)	$L_{mp} = \frac{1,5 \cdot \sqrt{P}}{n-1} =$ $= \frac{1,5 \cdot \sqrt{206,16}}{3-1} = 10,8 м$	п. 4.2.4 СП 1.1313 0.2009	Не соотв.
4.4	2 этаж магазин «М. Видео»	Периметр торгового зала составляет 237,5 м, количество эвакуационных выходов $n_{\phi}=3$ . Минимальное расстояние между эвакуационными выходами $L_{\phi}=64$ м (на	$L_{mp} = \frac{1,5 \cdot \sqrt{P}}{n-1} =$ $= \frac{1,5 \cdot \sqrt{237,5}}{3-1} = 11,56 м$	п. 4.2.4 СП 1.1313 0.2009	Соотв.

		оси Л1)			
Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
5	Протяженность эвакуационных путей				
5.1	из помещений				
5.1.1	1 этаж гипермаркет «Магнит»»	Наибольшее расстояние торгового зала до ближайшего выхода эвакуации (точка А) по линии свободных проходов составляет 48 м	Объем помещения составляет $W=29442,5 \text{ м}^3$ Класс С0 Площадь эвакуационных проходов, не менее 25%. Наибольшее расстояние от торгового зала до ближайшего выхода эвакуации составляет 80 м.	п.7.2.2 тб.19 СП 1.1313 0.2009	Соотв.
5.1.2	1 этаж магазин «ZARA»	Наибольшее расстояние торгового зала до ближайшего выхода эвакуации (точка А) по линии свободных проходов составляет 27м	Объем помещения составляет $W=7535,57 \text{ м}^3$ Класс С0 Площадь эвакуационных проходов, не менее 25%. Наибольшее расстояние торгового зала до ближайшего выхода эвакуации составляет 65 м.	п.7.2.2 т.19 СП 1.1313 0.2009	Соотв.
5.1.3	2 этаж магазин « Спортмастер»	Наибольшее расстояние торгового зала до ближайшего выхода эвакуации (точка А) по линии свободных проходов составляет 35м	Объем помещения составляет $W=7134,21 \text{ м}^3$ Класс С0 Площадь эвакуационных проходов, не менее 25%. Наибольшее расстояние от любой точки торгового зала до ближайшего выхода составляет	п.7.2.2 т.19 СП 1.1313 0.2009	Соотв.

			65 м.		
Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
5.1.4	2 этаж магазин «М. Видео»	Наибольшее расстояние торгового зала до ближайшего выхода эвакуации (точка А) по линии свободных проходов составляет 31 м	Объём помещения составляет $W=8048,7 \text{ м}^3$ Класс С0 Площадь эвакуационных проходов, не менее 25%. расстояние от торгового зала до ближайшего выхода эвакуации составляет 65 м.	п.7.2.2 т.19 СП 1.1313 0.2009	Соотв.
5.2	по коридорам				
5.2.1	По эвакуационному коридору 1-го этажа от дверей наиболее удалённого помещения до выхода	Расстояние по коридору от дверей наиболее удалённого помещения (ось К/17) до центрального выхода непосредственно наружу составляет $L_{\text{ф}}=75 \text{ м}$ .	Расчетная ширина коридора составляет $\delta = 8 \text{ м}$ Расчетная площадь коридора составляет $F = 75 \cdot 8 = 600 \text{ м}^2$ Плотность людей в коридоре составляет $D = 250 / 600 = 0,42 \text{ чел} / \text{м}^2$ Тогда $L_{\text{тр}}=60 \text{ м}$	п. 4.3.3, п.7.1.2 2, т.17 СП 1.1313 0.2009	Не соотв.
5.2.2	Из помещений с выходами в тупиковый коридор или холл (на примере 1-го этажа)	Расстояние по тупиковому коридору от дверей наиболее удалённого помещения (ось И/16/) до запасного выхода непосредственно наружу (ось М/1-10/7) составляет $L_{\text{ф}}=65 \text{ м}$ .	Расчетная площадь коридора составляет $\delta = 2,5 \text{ м}$ Расчетная площадь коридора составляет $F = 65 \cdot 2,5 = 162,5 \text{ м}^2$ Плотность людей в коридоре составляет $D = 250 / 162,5 = 1,53 \text{ чел} / \text{м}^2$ Тогда $L_{\text{тр}}=30 \text{ м}$	п.4.3.3, п.7.1.2 2, т.17 СП 1.1313 0.2009	Не соотв.
5.2.3	По эвакуационному коридору 2-го этажа от дверей наиболее удалённого помещения до выхода	Расстояние по коридору от выхода из суши бара позиции 1.2.6. на отметке 10,600 (наиболее удалённого помещения) (ось (Е/16) до выхода на лестничную клетку типа Н-2 блока IVa $L_{\text{ф}}=96 \text{ м}$ .	Расчетная площадь коридора составляет $\delta = 2,1 \text{ м}$ Расчетная площадь коридора составляет $F = 2,1 \cdot 96 = 201,6 \text{ м}^2$ Плотность людей в коридоре составляет $D = 250 / 281 = 0,89 \text{ чел} / \text{м}^2$ Тогда $L_{\text{тр}}=60 \text{ м}$	п.4.3.3, п.7.1.2 2, т.17 СП 1.1313 0.2009	Не соотв.



Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
6	Размеры эвакуационных путей и выходов				
6.1	Эвакуационные выходы в торговом бутике (поз. 1.1.13) 1-го этажа (более 50 чел.)	Дверной проем в пешеходную галерею имеет ширину 2,4м, а второй выход – имеет ширину 0,97 м. Высота - 1,95м.	Ширина выходов эвакуации в свету не менее 1,2м при эвакуирующихся более 50 чел. Высота выходов эвакуации в свету не менее 1,9м.	п.4.2.5 п.7.1.1 3 СП 1.1313 0.2009	Не соотв.
6.2	Эвакуационные проходы в торговом зале 2-го этажа гипермаркета «М. Видео».	Ширина эвакуационных проходов в торговом зале составляет 2,3м, высота 4,5м.	Требуемая ширина основных проходов в торговом зале составляет не менее 2,5м (при площади торгового зала более 400м <sup>2</sup> ), высота не менее 2м.	п.7.2.4 п.4.3.4 СП 1.1313 0.2009	Не соотв.
6.3	Эвакуационные коридоры				
6.3.1	Эвакуационные коридоры 1-го этажа	Минимальная ширина коридора, по которому эвакуируются более 50 чел., составляет 1,27м. (поз. 4.1.6) Высота коридоров - 2м.	Ширина по горизонтали эвакуационных путей и пандусов в свету - не менее 1,2м для общих коридоров, по которым эвакуируются 50 чел. и более. Высота не менее 2м.	п.4.3.4 п.7.1.1 4, п.4.3.3 СП 1.1313 0.2009	Соотв.
6.3.2	Эвакуационные коридоры 2-го этажа	Ширина коридора, по которому эвакуируются более 50 чел., составляет не менее 2м. (поз. 1.3.4) Высота коридора 2,1м.	Ширина по горизонтали эвакуационных путей и пандусов в свету - не менее 1,2м для общих коридоров, по которым эвакуируются 50 чел. и более. Высота не менее 2м.	п.4.3.4 п.7.1.1 4, п.4.3.3 СП 1.1313 0.2009	Соотв.

Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
7	Направление открывания дверей эвакуационных выходов				
7.1	Из торгового бутика 1-го этажа (поз.1.1.13)	Дверь из торгового зала в эвакуационный коридор (поз. 1.1.22) открывается не по направлению выхода из помещения.	Двери выходов эвакуации и двери на эвакуации путей выхода из здания открываются по направлению.	п. 4.2.6 СП 1.13130.2009	Не соотв.
7.2	Из помещений фельдшерского пункта 2-го этажа (поз. 2.2.45)	Двери из коридоров (поз. 2.2.45) фельдшерского пункта в эвакуационный коридор открываются не по направлению выхода.	Двери выхода – открытия по направлению движения людей из здания.	п. 4.2.6 СП 1.13130.2009	Не соотв.
8	Правильность заполнения проёмов эвакуационных выходов				
8.1	Гипермаркет «Магнит» (на примере 1-го этажа)	В проёмах выходов эвакуации людей торгового зала установлены распашные двери, а выходах в пешеходную галерею двери с качающимися полотнами.	В проемах выходов запрещаются раздвижные и подъемные, турникеты и прочие препятствия	ст.89, п.7 ФЗ №123-ФЗ	Соотв.
8.2	Торговые помещения и торговые бутики 1-го и 2-го этажей	В проемах эвакуационных выходов из помещений, установлены подъёмно-опускные рол ставни	В проемах выходов запрещаются раздвижные и подъемные, турникеты и прочие препятствия	ст.89, п.7 ФЗ №123-ФЗ	Не соотв.
9	Правильность выполнения эвакуационных лестничных клеток				
9.1	Естественное освещения в лестничной	Отсутствует естественное освещение	Лестничные клетки, за исключением	п.7.1.15 СП 1.13130.	Не соотв.

	клетке		лестничных клеток типа Л1	2009	
Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
9.1			световые проемы не менее 1,2 м <sup>2</sup> в наружных стенах поэтажно.	п. 4.4.7, п.7.1.15 СП 1.13130. 2009	Не соотв.
9.2	Уклон лестничных маршей	Уклон маршей в надземных этажах не более 1:2	Уклон лестничных маршей в надземных этажах - не более 1:2.	п.7.1.4 СП 1.13130. 2009	Соотв.
9.3	Ширина лестничных маршей	Ширина лестничных маршей составляет 2 м.	Лестничный марш - не менее ширины выхода на лестницу с наиболее многолюдного этажа, но не менее 1,35 м (более 200 чел.).	п.7.1.5 п.4.2.5 СП 1.13130. 2009	Соотв.
9.4	Ширина лестничных маршей	Лестничные площадки шириной 2 м	Ширина площадок лестниц - не менее ширины марша.	п.7.1.5, п.7.1.3 СП 1.13130. 2009	Соотв.
9.5	Наличие устройств для закрывания и уплотнений в притворах дверей лестничных клеток	Имеются устройства для само закрывания и уплотнений в притворах дверей лестничных клеток, за исключением дверей, ведущих наружу	Лестничные клетки с само-закрыванием и с уплотнением в притворах.	п.4.2.7 СП 1.13130. 2009	Соотв.
9.6	Наличие перил	Лестничные марши имеют ограждения с поручнями высотой 1,2 м	Марши и площадки лестниц - с ограждениями с поручнями.	п.7.1.2 СП 1.13130. 2009	Соотв.
9.7	Число ступеней в лестничном марше	В одном лестничном марше имеется 10 ступеней	Число подъемов в одном марше - не менее 3 и не более 16 (за исключением криволинейных лестниц)	п.7.1.1 СП 1.13130. 2009	Соотв.
9.8	Размеры ступени	Проступь -26 см, а высота ступени 22 см	Ширина проступи- не менее 25 см, а	п.4.2.2 СП	Соотв.

			высота ступени не более 22 см	1.13130. 2009	
Продолжение таблицы 2					
1	2	3	4	5	6
9.9	Требования к обеспечению незадымляемой лестничных клеток	В лестничных клетках без естественного освещения отсутствуют приточные системы против дымной защиты	В лестничных клетках без естественного освещения требуется устройство приточных систем против дымной защиты	п.4.4.7 СП 1.13130. 2009	Не соотв.
10	Перепады высот на путях эвакуации	На выходе из кинозалов на отметке +10,600 м., кинопроекционной на отметке +13,100 м., бильярдной на отметке +12,150 м. на оборудованный участок кровли имеется перепад высот уровня пола 50см.	В перепадах высот более 45см - лестницы с количеством ступеней от трех (пандусы с уклоном не более 1:6).	п.4.3.4 СП 1.13130. 2009	Не соотв.
11	Отделка путей эвакуации	Отделка путей эвакуации выполнена сертифицированными материалами	Требуется отделка путей эвакуации сертифицированным и материалами	ст.134 п.5, п.18 ФЗ№123 п.4.3.2 СП 1.13130. 2009	Соотв.
12	Устройство лестницы 3-его типа	Лестница 3-го типа выполнена из негорючих материалов и размещена, у глухой стены класса не ниже К Ос пределом огнестойкости E15.	Лестницы третьего типа - из негорючих материалов, у глухих стен класса не ниже К1 с огнестойкостью не ниже REI 30.	п.7.1.18 п.4.4.2 СП 1.13130. 2009	Не соотв.
13	Деление коридоров на секции	Деление эвакуационных коридоров протяженностью до 60 метров отсутствует	Коридоры более 60 м - разделять перегородками 2-го типа	п.4.3.3 п.7.1.28 СП 2009 1.13130.	Не соотв.
14	Выходы на кровлю	Доступ пожарных на кровлю здания для	В зданиях и	ст. 90 п.2	Соотв.

Вывод: При изучении состояния эвакуационных выходов был выявлен ряд несоответствий в некоторых торговых помещениях.

### 3.2 Расчет необходимого времени эвакуации людей из кинозала на отметке 10,600 в осях 11-18 /Д-Л/2

Ход развития условного пожара в помещении здания без конкретной технологии:

- очаг вероятного пожара находится в зрительном зале непосредственно у эвакуационного выхода, распространение пожара круговое по твердым горючим материалам, поскольку планировочное решение представляет собой систему помещений небольшого объема и различие в геометрических размерах каждого помещения в системе не превышает пяти раз, для расчета выбран интегральный метод.

- работа систем противопожарной защиты в расчетах не учитывается.

Все расчеты произведены по формулам и требованиям согласно ГОСТ [5] 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

Время опасных факторов - это время достижения критического значения этого фактора при эвакуации людей на высоте 1,7 м от пола.

Критические значения опасных факторов определяют:

- по температуре;
- по тепловому потоку;
- по видимости;
- по содержанию кислорода;
- по токсичным продуктам горения.

Для помещения (одиночного) не более 6 м по высоте, которое соответствует условиям предполагаемого пожара, при отсутствии систем противопожарной защиты, возможно определить критическое время по формулам:

- по температуре

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (3.2.1)$$

- по потере видимости

$$t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{\text{пр}} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \text{ мин} \quad (3.2.2)$$

- по содержанию кислорода

$$t_{\text{кр}}^{\text{O}_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{\text{O}_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \text{ мин} \quad (3.2.3)$$

- по токсичным продуктам горения

$$t_{\text{кр}}^{\text{т.г}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} \quad (3.2.4)$$

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H} \quad (3.2.5)$$

Если в логарифме получается отрицательное число, то ОФП не опасен.

Параметр  $z$  считаем по формуле:

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp \left( 1,4 \cdot \frac{h}{H} \right), \text{ м} \quad \text{при } H \leq 6 \text{ м}, \quad (3.2.6)$$

где  $h$  – высота рабочей зоны, м;

$H$  – высота помещения, м.

Определяется высота рабочей зоны:

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \text{ м} \quad (3.2.7)$$

где  $h_{\text{пл}}$  – высота площадки с людьми, м;

$\delta$  – разность уровней пола, равна нулю в горизонтальном расположении,

м.

Параметры  $A$  и  $n$  вычисляют так:

для распространения пожара по кругу:

$$A = 1,05 \cdot \psi_{\text{уд}} \cdot V^2, \quad (3.2.8)$$

при  $n=3$

где  $\psi_{\text{уд}}$  – удельная скорость сгорания жидкости, кг/(м<sup>2</sup>·с);

$V$  распространение пламени, линейная скорость, м/с.

Значения  $a$  и  $E$  равны отсутствию специальных требований 0,3 и 50 лк соответственно, а значение  $l_{\text{пр}}=20$  м.

В результате из полученных расчетов, значение критической продолжительности пожара выбирается минимальное (мин):

$$t_{\text{кр}} = \min t_{\text{кр}}^{\text{г}}, t_{\text{кр}}^{\text{н.б}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{м.з}} \quad (3.2.9)$$

Определяем коэффициенты расчетного уравнения:

$$B = \frac{353 \cdot 0,001068 \cdot 897,5}{(1-0,6) \cdot 0,95 \cdot 14,7} = 61,6 \text{ кг};$$

$$A = 1,05 \cdot 0,0103^2 \cdot 0,0145 = 1,77 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}^3;$$

$$Z = \frac{3}{6} \exp(1,4 \frac{3}{6}) = 1,005.$$

Определяем критическое время эвакуации  $t_{кр}$  для каждого опасного фактора пожара:

а) по температуре

$$t_{кр} = \left\{ \frac{61,6}{1,77 \cdot 10^{-6}} \ln \left[ 1 + \frac{70 - 19}{73 + 19} \cdot 1,007 \right] \right\}^{1/3} = 176 \text{ с} = 2,93 \text{ мин};$$

б) по потере видимости

$$t_{кр} = \left\{ \frac{61,6}{1,77 \cdot 10^{-6}} \ln \left[ 1 - \frac{912,72 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 61,6 \cdot 82 \cdot 1,007} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 103 \text{ с} = 1,71 \text{ мин};$$

в) по содержанию  $O_2$

$$t_{кр} = \left\{ \frac{61,6}{1,77 \cdot 10^{-6}} \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{61,6 \cdot 1,437}{912,72} + 0,27 \right) \cdot 1,007} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 164 = 2,73 \text{ мин};$$

г) по содержанию оксида углерода

$$t_{кр} = \left\{ \frac{61,6}{1,77 \cdot 10^{-6}} \ln \left[ 1 - \frac{912,72 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{61,6 \cdot 0,0022 \cdot 1,007} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = \text{безопасно};$$

д) по содержанию диоксида углерода

$$t_{кр} = \left\{ \frac{61,6}{1,77 \cdot 10^{-6}} \ln \left[ 1 - \frac{912,72 \cdot 0,11 \cdot 10^{-3}}{61,6 \cdot 1,285 \cdot 1,007} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = \text{безопасно};$$

е) по содержанию хлор-водорода;

$$t_{кр} = \left\{ \frac{61,6}{1,77 \cdot 10^{-6}} \ln \left[ 1 - \frac{912,72 \cdot 0,000023 \cdot 10^{-3}}{61,6 \cdot 0,006 \cdot 1,007} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 126 = 2,1 \text{ мин}.$$

Определяем время для эвакуации людей ( $t_{нб}$ ), мин, из предполагаемого помещения по формуле:

$$t_{нб} = \frac{0,8 t_{кр}}{60}. \quad (3.2.10)$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 3.



Таблица 3 – Результаты расчетов по видам пожарной опасности

L	11,63	длина
b	16,35	ширина
H	6	высота
A	$1,776 \cdot 10^{-06}$	удельная скорость выгорания, кг/с
B	61,600	комплекс сгорания по теплоте и объему помещения. кг
Z	1,007	комплекс неравномерности опасных факторов по высоте
$C_p$	0,001068	изобарная теплоёмкость газа, МДж/кг*К
$V_{св}$	912,7224	открытый объем
g	0,6	коэффициент тепловых потерь
w	0,95	коэффициент объема горения
$t_o$	20	температура воздуха до горения, гр.
$Q_n$	14,7	низшая температура горения, МДж/кг
n	3	степени с учетом массы выгорающего материала
a	0,3	коэффициент предметов на эвакуационных путях
E	70	освещенность до горения, Лк
$L_{пр}$	20	возможная видимость при задымлении, м
$D_m$	82	Дымообразование при горении материалов, $N_p \cdot m^2 / \text{кг}$
$L_{\text{ТСO}}$	0,0022	удельная токсичность газов, кг/кг (CO)
$L_{\text{ТСO2}}$	1,285	удельная токсичность газов, кг/кг (CO <sub>2</sub> )
$X_{\text{CO2}}$	0,11	допустимая токсичность газов в помещении, кг/куб. м (CO <sub>2</sub> )
$L_{\text{HCl}}$	0,006	удельная токсичность газов, кг/кг (HCl)
$X_{\text{HCl}}$	0,000023	допустимая токсичность газов в помещении, кг/куб. м (HCl)
$L_o$	1,437	расход кислорода, кг/кг
h	3	рабочая зона, высота, м
$h_{пл}$	4,8	высота площадки над полом, м
j	0	высота пола по горизонтали, м
$Y_f$	0,0145	скорость выгорания. кг/м. кв./с
$V_{лин}$	0,0108	скорость распространения огня, м/с
Результаты расчётов необходимого времени эвакуации		
секунды	минуты	
141	2,34	по температуре
82	1,37	по потере видимости
131	2,18	по содержанию кислорода
не опасно	не опасно	по содержанию CO
не опасно	не опасно	по содержанию CO <sub>2</sub>
101	1,68	по содержанию HCl

Вывод: Критическая продолжительность пожара в кинозале составляет  $t_{кр} = 1,71$  мин (по потере видимости). Время блокирования эвакуационных путей в кинозале составляет  $\tau_{нб} = 1,37$  мин.

### 3.3 Определение расчетного времени эвакуации людей из кинозала на отметке 10,600 в осях 11-18 /Д-Л/2

Кинозал рассчитан на присутствие 156 зрителей. Площадь помещения 190,15 м<sup>2</sup>, высота 6 м. Эвакуации людей из кинозала осуществляется через коридор, ведущий в лестничную клетку типа Л-1 и на наружную металлическую лестницу третьего типа. По лестнице третьего типа посетители эвакуируются на специально-оборудованный участок кровли и далее к лестнице типа Л-1.

Определим расчетное время эвакуации ( $t_p$ ) людей от наиболее удаленного места их нахождения до эвакуационного выхода.

Способ определения времени эвакуации выбирается с учетом особенностей планировки, а также однородности контингента людей.

Расчетное время эвакуации людей из зданий и помещений выражается по расчету движения времени потоков людей по эвакуационным выходам от самых удаленных мест.

При расчетах разобьем путь на участки движения.

Людские потоки разделяются на участки длиной  $l_i$  и шириной  $\delta_i$ .

Длина и ширина участков эвакуации рассчитываются по проекту. По маршруту лестниц изменяется длина пути. В дверном проеме длина пути принимается равной нулю. Проем в стене толщиной более 0,7 м, и тамбур считают отдельным участком пути по горизонтали с конечной длиной  $l_i$ .

Время, за которое люди смогут эвакуироваться ( $t_p$ ) определяется суммой времени движения потока людей по участкам  $t_i$ , согласно формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \text{ мин} \quad (3.3.1)$$

где  $t_1$  - время движения людей на начальном участке, мин;

$t_2 + t_3 \dots t_i$  – время движения потока людей на последующих участках, мин.

Время движения  $t_1$ , мин, вычисляют по формуле:

$$t_1 = l_1 / v_1, \text{ мин} \quad (3.3.2)$$

где  $l_1$  - длина начального участка пути, м;

$v_1$  - скорость потока людей по горизонтали на начальном участке определяем по таблице №2 ГОСТ 12.1.004-91, по плотности  $D$ , м/мин.

Плотность потока людей ( $D_i$ ) на начальном участке,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ , вычисляют по формуле:

$$D_1 = N_1 f / l_1 \delta_i, \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (3.3.3)$$

где  $N_1$  - количество людей на начальном участке, чел.;

$f$  - площадь проекции человека по горизонтали,  $\text{м}^2$ :

- в легкой одежде - 0,1;

- в зимней одежде - 0,125;

- подростка - 0,07.

$v_1$  - ширина первого участка пути, м.

Скорость  $v_1$  движения людей определяем по таблице №2 ГОСТ 12.1.004-91 с учетом интенсивности движения людей на отдельных участках и вычисляем по формуле:

$$q_i = q_{i-1} \cdot \delta_{i-1} / \delta_i, \text{ м}^2/\text{м}^2, \quad (3.3.4)$$

где  $\delta_i, \delta_{i-1}$  - ширина пути, м;

$q_i, q_{i-1}$  - интенсивность движения людей ( $q = q_{i-1}$ ), определяем по таблице №2 ГОСТ 12.1.004-91 по значению  $D_1$ .

Интенсивность движения определяем по формуле:

$$q=2,5 + 3,75 \cdot \delta, \text{ м/мин} \quad (3.3.5)$$

при этом  $q_{\max}$  принимаем, м/мин:

- для путей по горизонтали - 16,5;
- для проемов дверей - 19,6;
- для лестницы вниз - 16;
- для лестницы вверх - 11.

Если значение  $q_i$  больше  $q_{\max}$ , то ширину  $\delta_i$  следует увеличивать и соблюдать условие:

$$q_i \leq q_{\max} \quad (3.3.6)$$

При невыполнении этого неравенства интенсивность и скорость движения людей определяем по таблице №2 ГОСТ 12.1.004-91 при значении  $D = 0,9$  и более, с учетом времени задержки движения из-за паники.

Время задержки определяется как разность времени эвакуации с учетом пропускной способности участков пути:

$$\Delta\tau = N_1 f [1/ q_{\text{пр}} \delta_1 - 1/\sum(q_{i-1} \delta_{i-1})], \text{ мин} \quad (3.3.7)$$

При слиянии нескольких потоков интенсивность движения ( $q_i$ ), м/мин, вычислим по формуле:

$$q_i = \sum(q_{i-1} \delta_{i-1}) / \delta_i, \quad (3.3.8)$$

где  $q_{i-1}$  - интенсивность сливающихся потоков, м/мин;

$\delta_{i-1}$  - ширина сливающихся путей, м;

$\delta_i$  – ширина предполагаемого пути, м.

Разбиваем маршруты движения людей на участки согласно рисунка 2.

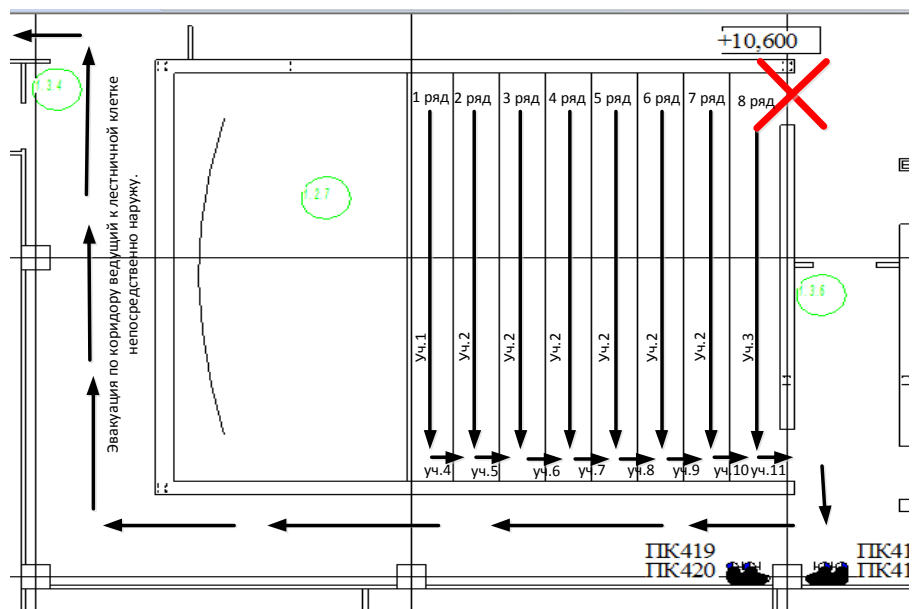


Рисунок 2– Схема эвакуации людей из кинозала

Определяем время эвакуации на каждом участке.

Участок №1 (ряд №1):

Длина участка  $L = 11$  м, ширина участка  $\delta_1 = 2$  м (от первого ряда до ограждения), число эвакуирующихся  $N = 20$  человек (на первом ряду); площадь проекции человека на пол  $f = 0,1 \text{ м}^2$ .

Определяем относительную плотность движения людей:

$$D = 20 \times 0,1 / 11 \times 2 = 0,09 \text{ м}^2 / \text{м}^2.$$

Определяем скорость потока на интенсивном участке движения (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$g = 7,4 \text{ м/мин.}, V = 84 \text{ м/мин.}$$

Определяем время эвакуации на участке:

$$t_1 = 11 / 84 = 0,13 \text{ мин.}$$

Участок №2 (ряд №2,3,4,5,6,7 - участки будут одинаковыми):

Длина участка  $L = 11\text{ м}$ ; ширина участка  $\delta_1 = 0,5\text{ м}$  (между рядами); число эвакуирующихся  $N = 20$  человек (на каждом ряду); площадь проекции человека на пол  $f = 0,1\text{ м}^2$ .

Определяем плотность движения людей:

$$D = 20 \times 0,1 / 11 \times 0,5 = 0,3\text{ м}^2/\text{м}^2.$$

Определяем скорость потока на интенсивном участке движения (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$g = 14,1\text{ м/мин.}, V = 43\text{ м/мин.}$$

Определяем время эвакуации на участке:

$$t = 11 / 43 = 0,256\text{ мин.}$$

Участок №3 (ряд 8 - участки будут одинаковыми):

Длина участка  $L = 9\text{ м}$ , ширина участка  $\delta_1 = 0,5\text{ м}$  (между рядами); число эвакуирующихся  $N = 16$  человек (на восьмом ряду); площадь человека на пол  $f = 0,1\text{ м}^2$ .

Определяем относительную плотность движения людей:

$$D = 16 \times 0,1 / 11 \times 0,5 = 0,355\text{ м}^2/\text{м}^2.$$

Определяем скорость потока на интенсивном участке движения (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$g = 15,2\text{ м/мин.}, V = 43,2\text{ м/мин.}$$

Определяем время эвакуации на участке:

$$t = 9 / 43,2 = 0,208\text{ мин.}$$

Участок №4 (от ряда №1 до ряда №2):

Длина участка  $L = 1\text{ м}$ ; ширина участка  $\delta_1 = 2\text{ м}$  (от ряда до стены);

Определяем интенсивность движения на участке:

$$g = 2 \times 7,4 / 2 = 7,4\text{ м/мин.}$$

Определяем скорость движения на участке (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V = 84\text{ м/мин.}$$

Определяем время эвакуации на участке:

$$t = 1 / 84 = 0,012\text{ мин.}$$

Участок №5 (от ряда №2 до ряда №3). В начале участка произошло слияние участков № 2 и №4, рассчитаем слияние:

Длина участка  $L = 1$  м; ширина участка  $\delta = 2$  м (от ряда до стены).

Определяем интенсивность движения при слиянии участков:

$$g = (7,4 \times 2) + (14,1 \times 0,5) / 2 = 11 \text{ м/мин},$$

где  $g$  – значение меньше 16.5, считаем без изменений.

Определяем скорость движения на участке (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V = 75 \text{ м/мин.}$$

Определяем время эвакуации на участке:

$$t = 1/75 = 0,013 \text{ мин.}$$

Участок №6 (от ряда №3 до ряда №4). В начале участка произошло слияние участков № 2 и №5, рассчитаем слияние:

Длина участка  $L = 1$  м, ширина  $\delta = 2$  м (от ряда до стены).

Определяем интенсивность движения при слиянии участков:

$$g = (11 \times 2) + (14,1 \times 0,5) / 2 = 14,5 \text{ м/мин},$$

где  $g$  – значение меньше 16.5, считаем без изменений.

Определяем скорость движения на участке (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V = 45,5 \text{ м/мин.}$$

Определяем время эвакуации на участке:

$$t = 1/45,5 = 0,022 \text{ мин.}$$

Участок №7 (от ряда №4 до ряда №5). В начале участка произошло слияние участков № 2 и №6, рассчитаем слияние:

Длина участка  $L = 1$  м, ширина участка  $\delta = 2$  м (от ряда до стены).

Определяем интенсивность движения при слиянии участков:

$$g = \frac{14,5 * 2 + 14,1 * 0,5}{2} = 18,025 \text{ м/мин},$$

где  $g$  – значение больше 16,5. следует, что образуется задержка во времени.

Определяем время задержки людского потока:

$$\Delta t = 80 * 0,1 \left( \frac{1}{13,5 * 2} - \frac{1}{14,5 * 2 + 14,1 * 0,5} \right) = 0,112 \text{ мин.}$$

Определяем скорость свободного прохождения при задержке потока (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V = 15 \text{ м/мин.}$$

Определяем время свободного прохождения:

$$t_{\text{св}} = 1/15 = 0,066 \text{ мин.}$$

Определяем общее время эвакуации на участке:

$$t = t_{\text{св}} + \Delta t = 0,066 + 0,112 = 0,178 \text{ мин.}$$

Участок №8 (от ряда №5 до ряда №6). В начале участка произошло слияние участков № 2 и №7, рассчитаем слияние:

Длина участка  $L = 1$  м, ширина участка  $\delta = 2$  м (от ряда до стены).

Определяем интенсивность движения при слиянии участков:

$$g = \frac{18,025 * 2 + 14,1 * 0,5}{2} = 21,55 \text{ м/мин},$$

где  $g$  – значение больше 16,5. следует, что образуется задержка во времени.

Определяем время задержки людского потока:



$$\Delta t = 100 * 0,1 \frac{1}{13,5 * 2} - \frac{1}{18,025 * 2 + 14,1 * 0,5} = 0,14 \text{ мин.}$$

Определяем скорость свободного прохождения при задержке потока (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V=15 \text{ м/мин.}$$

Определяем время свободного прохождения:

$$t_{\text{св}}=1/15=0,066 \text{ мин.}$$

Определяем общее время эвакуации на участке:

$$t=t_{\text{св}}+\Delta t=0,066+0,14=0,206 \text{ мин.}$$

Участок №9 (от ряда №6 до ряда №7). В начале участка произошло слияние участков № 2 и № 8, рассчитаем слияние:

Длина участка L – 1 м, ширина участка  $\delta$  – 2 м (от ряда до стены).

Определяем интенсивность движения при слиянии участков:

$$g = \frac{21,55*2+14,1*0,5}{2} = 25,075 \text{ м/мин,}$$

где g – значение больше 16,5.следует, что образуется задержка во времени.

Определяем время задержки людского потока:

$$\Delta t = 120 * 0,1 \frac{1}{13,5 * 2} - \frac{1}{21,55 * 2 + 14,1 * 0,5} = 0,204 \text{ мин.}$$

Определяем скорость свободного прохождения при задержке потока (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V=15 \text{ м/мин,}$$

где V – при скорость свободного прохождения при задержке потока.

Определяем время свободного прохождения:

$$t_{\text{св}}=1/15=0,066 \text{ мин.}$$

Определяем общее время эвакуации на участке:

$$t=t_{\text{св}}+\Delta t=0,066+0,204=0,27 \text{ мин.}$$

Участок №10 (от ряда №7 до ряда №8). В начале участка произошло слияние участков № 2 и №9, рассчитаем слияние

Длина участка L – 1м, ширина участка  $\delta$  – 2м (от ряда до стены);

Определяем интенсивность движения при слиянии участков:

$$g = \frac{25,075 * 2 + 14,1 * 0,5}{2} = 28,6 \text{ м /мин},$$

где  $g$  – значение больше 16,5.следует, что образуется задержка во времени.

Определяем время задержки людского потока:

$$\Delta t = 140 * 0,1 \frac{1}{13,5 * 2} - \frac{1}{25,075 * 2 + 14,1 * 0,5} = 0,28 \text{ мин.}$$

Определяем скорость свободного прохождения при задержке потока (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V=15 \text{ м/мин.}$$

Определяем время свободного прохождения:

$$t_{\text{св}} = 1/15=0,066 \text{ мин.}$$

Определяем общее время эвакуации на участке:

$$t = t_{\text{св}} + \Delta t = 0,066 + 0,28 = 0,346 \text{ мин.}$$

Участок №11 (от ряда №8 до дверного проема). В начале участка произошло слияние участков № 3 и №10, рассчитаем слияние:

Длина участка  $L = 1$ м, ширина участка  $\delta - 2$ м (от ряда до стены).

Определяем интенсивность движения при слиянии участков:

$$g = \frac{28,6*2+14,1*0,5}{2} = 32 \text{ м/мин},$$

где  $g$  – значение больше 16,5.следует, что образуется задержка во времени.

Определяем скорость задержки людского потока

$$\Delta t = 156 * 0,1 \frac{1}{13,5 * 2} - \frac{1}{28,6 * 2 + 14,1 * 0,5} = 0,334 \text{ мин.}$$

Определяем скорость свободного прохождения при задержке потока (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V=15 \text{ м/мин.}$$

Определяем время свободного прохождения:

$$t_{\text{св}}=1/15=0,066 \text{ мин.}$$

Определяем общее время эвакуации на участке:

$$t=t_{\text{св}}+\Delta t=0,066+0,334=0,346 \text{ мин.}$$

Участок №12 – дверной проем. В начале участка произошло слияние участков № 3 и №10, рассчитаем слияние:

Длина участка = 0м; ширина участка  $\delta = 1,8\text{м}$  (ширина дверного проема).

Определяем интенсивность движения в дверном проеме:

$$g = \frac{32 \cdot 2}{1,8} = 35 \text{ м /мин,}$$

где  $g$  – значение больше 8,5 следует, что образуется задержка во времени.

Определяем время задержки людского потока:

$$\Delta t = 156 \cdot 0,1 \left( \frac{1}{8,5 \cdot 1,2} - \frac{1}{32 \cdot 2} \right) = 0,78 \text{ мин;}$$

Определяем скорость свободного прохождения в дверном проеме при задержке потока (табл.2 ГОСТ 12.1.004-91):

$$V=15 \text{ м/мин.}$$

Определяем время свободного прохождения:

$$t_{\text{св}}= 0/15=0 \text{ мин.}$$

Определяем общее время эвакуации на участке:

$$t=t_{\text{св}}+\Delta t=0+0,78=0,78 \text{ мин.}$$

Определяем расчетное время эвакуации от наиболее удаленного места до выхода с учетом максимальной задержки времени:

$$\begin{aligned} t_p &= t_1 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + \Delta t_{\text{max}} = \\ &= 0,13 + 0,012 + 0,013 + 0,022 + 0,066 + 0,066 + \\ &+ 0,066 + 0,066 + 0,066 + 0,78 = 1,287 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Расчетное время эвакуации с учетом максимальной задержки движения людского потока и временем срабатывания системы оповещения составляет –  $1,287 + 0,08 = 1,367 \text{ мин.}$

Результаты проведенных расчетов приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты расчетов времени эвакуации

№ п/п	Участок	L м.	δ м.	N	D, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	g, м/мин	V, м/мин	t, мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Участок №1	11	2	20	0,09	7,4	84	0,13
2	Участок №2	11	0,5	20	0,3	14,1	43	0,256
1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	Участок №3	9	0,5	16	0,355	15,2	43,2	0,208
4	Участок №4	1	2	20	-	7,4	84	0,012
5	Участок №5 слияния людских потоков	1	2	40	-	11	75	0,013
6	Участок №6 слияния людских потоков	1	2	60	-	14,5	45,5	0,022
7	Участок №7 слияния людских потоков	1	2	80	-	18,025	15	0,066+Δ0,112=0,178
8	Участок №8 слияния людских потоков	1	2	100	-	21,55	15	0,066+Δ0,14=0,206
9	Участок №9 слияния людских потоков	1	2	120	-	25,075	15	0,066+Δ0,204=0,27
10	Участок №10 слияния людских потоков	1	2	140	-	28,6	15	0,066+Δ0,28=0,346
11	Участок №11 слияния людских потоков	1	2	156	-	32	15	0,066+Δ0,334=0,4
12	Участок №12 слияния людских потоков	0	1,8	156	-	35,55	15	Δ0,78
13	Расчетное время эвакуации с учетом максимальной задержки движения людского потока и временем срабатывания системы оповещения	<p>Определяем расчетное время эвакуации от наиболее удаленного места до выхода с учетом максимальной задержки времени</p> $t_p = t_1 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + \Delta t_{\max}$ $= 0,13 + 0,012 + 0,013 + 0,022 + 0,066 + 0,066 + 0,066 + 0,066 + 0,066 + 0,78 = 1,287 \text{ мин.}$ <p>Расчетное время эвакуации с учетом максимальной задержки движения людского потока и временем срабатывания системы оповещения составляет</p> $- 1,287 + 0,08 = 1,367 \text{ мин.}$						

Вывод: По расчетам видно, что эвакуация людей закончится за время меньшее расчетному времени эвакуации

3.4 Соответствие объемно-планировочных решений, противопожарных преград, путей эвакуации

В результате проверки соответствия объемно-планировочных решений, противопожарных преград, эвакуационных путей и выходов, и систем противодымной защиты выявлены следующие нарушения:

- количество эвакуационных выходов из бутиков с торговой площадью более 150 м<sup>2</sup> не соответствуют;
- количество эвакуационных выходов из гипермаркетов «Магнит» и «М. Видео» не соответствует требованиям п.7.2.3 СП 1.13130.2009;
- сосредоточенность эвакуационных выходов из магазина «Спортмастер» не соответствует п.4.2.4 СП 1.13130.2009;
- от дверей коридора расстояние до удалённого помещения (ось К/17) первого этажа до центрального выхода на непосредственно наружу, расстояние по коридору от выхода из суши бара позиции 1.2.6. на отметке 10,600 наиболее удалённого помещения (ось (Е/16) второго этажа до выхода на лестничную клетку типа Н-2 блока IVa и расстояние по тупиковому коридору от дверей самого дальнего помещения (ось И/16/) первого этажа до запасного выхода непосредственно наружу (ось М/1-10/7) не соответствует требованиям п.4.3.3, п.7.1.22, табл.17 СП 1.13130.2009;
- расчетная ширина эвакуационных выходов из торгового бутика на первом этаже (поз. 1.1.13) и гипермаркета «М. Видео» на втором этаже не соответствует требованиям п. 4.2.5, 7.1.13 СП 1.13130.2009;
- направление открывания дверей эвакуационных выходов из торгового бутика первого этажа (поз.1.1.13) и помещений фельдшерского пункта второго этажа (поз. 2.2.45) не соответствует требованиям п.4.2.6 СП 1.13130.2009;
- заполнения проёмов эвакуационных выходов торговых помещений и торговых бутиков первого и второго этажей не соответствуют требованиям ст.89 п.7 ФЗ №123-ФЗ;
- площадь освещения лестничной клетки типа Л1 не соответствует требованиям п.4.4.7, п.7.1.15 СП 1.13130.2009;
- в лестничных клетках без естественного освещения приточные системы противодымной защиты не предусмотрены (п. 4.4.7, п.7.1.15 СП 1.13130.2009);

- на перепадах высот эвакуационных путей из кинозалов на отметке 10,600 м, кинопроекционной на отметке 13,100 м, бильярдной на отметке 12,150 м не предусмотрены пандусы или ступени (п.4.3.4 СП 1.13130.2009);
- предел огнестойкости лестницы третьего типа не соответствует требованиям п.7.1.18 п.4.4.2 СП 1.13130.2009;
- деление эвакуационных коридоров протяженностью свыше 60 метров отсутствует (п. 4.3.3, п.7.1.28 СП 1.13130.2009).

### 3.5 Характеристика незадымляемой лестничной клетки типа Н2.

Наглядно характеристика лестничной клетки Н2 представлена в приложении К. Безопасность незадымляемой лестничной клетки обеспечивается подачей наружного воздуха в объем лестничной клетки и созданием избыточного давления не менее 20 Па от вентилятора, установленного на кровле с отметкой 19,500.

Устройство системы подпора воздуха:

- Приточный вентилятор марки ВРАН6-11,2-Н;
- Решетка воздухозаборная решетка  $d = 112\text{мм}$ ;
- Воздуховоды металлические толщиной 0,8мм с сечением 800х800мм длиной 5м;
- Приточный противопожарный нормально закрытый клапан марки КПУ 1 ОАО «Веза» сечением 800х800мм.

### 3.6 Характеристика незадымляемой лестничной клетки типа Н3.

Наглядно характеристика лестничной клетки Н3 представлена в приложении Е. Безопасность незадымляемой лестничной клетки обеспечивается путем выполнения тамбур-шлюза на входе в лестничную клетку второго этажа и созданием избыточного давления в тамбур-шлюзе от вентилятора, расположенного на кровле здания на отметке 19,500.

Устройство системы подпора воздуха:

- Тамбур-шлюз выполнен из силикатного кирпича с толщиной стенки 125мм. Размер тамбур-шлюза равен: ширина 2м, длина 3м.
- Противопожарная дверь с пределом огнестойкости EI30, шириной 1,2м и высотой 2,1м;
- Приточный вентилятор марки ВРАН6-8-Н;
- Решетка воздухозаборная решетка  $d = 112\text{мм}$ .

### 3.7 Оценка экономической эффективности мероприятий

Задачей данной главы является установление экономически эффективного решения в части устройства незадымляемых лестничных клеток типов Н2 или Н3.

Оценка экономической эффективности проводится для двух вариантов: первый вариант – незадымляемая лестничная клетка типа Н2; второй вариант – незадымляемая лестничная клетка типа Н3.

Приводим сравнение двух вариантов устройства незадымляемых лестничных клеток типа Н2 и типа Н3.

Расчет экономической эффективности ведем по формуле, служащей для определения приведенных затрат:

$$\Pi_i = K_i \text{ ЕН} + C_i + U_i, \quad (3.7.1)$$

где  $\Pi_i$  – приведенные затраты на устройство незадымляемой лестничной клетки, руб./год;

$K_i$  – затраты, руб.;

$\text{ЕН}$  – коэффициент экономического эффекта затрат,  $\text{ЕН} = 0,12 \text{ год}^{-1}$ ;

$C_i$  – расходы на эксплуатацию, руб./год;

$U_i$  – ущерб, руб./год.

Капиталовложения:

К1 – затраты на устройство незадымляемой лестничной клетки типа Н2 (смета №1);

К2 – затраты на устройство незадымляемой лестничной клетки типа Н3 (смета №2);

$$K1 = 172,915 \text{ тыс. руб.};$$

$$K2 = 133,1192 \text{ тыс. руб.}$$

Эксплуатационные затраты (10%):

$$C1 = 0,1 \cdot 172,915 = 17,2915 \text{ тыс. руб./год};$$

$$C2 = 0,1 \cdot 133,1192 = 13,31192 \text{ тыс. руб./год.}$$

Ущерб:

Так как  $У1 = У2$ , в данном расчете ущерба от пожара равны в расчетах не участвуют.

Экономическая эффективность:

$$П1 = K1 \cdot ЕН + C1 = 172,915 \cdot 0,12 + 17,2915 = 38,0413 \text{ тыс. руб./год};$$

$$П2 = K2 \cdot ЕН + C2 = 133,1192 \cdot 0,12 + 13,31192 = 29,286 \text{ тыс. руб./год.}$$

Наиболее экономически эффективным является устройство незадымляемой лестничной клетки типа Н3.

Количественным показателем экономической эффективности является стоимостная разница приведенных затрат:

$$Э = П1 - П2, \text{ руб. /год}$$

$$Э = 38,0413 - 29,286 = 8,755 \text{ тыс. /год.}$$

Вывод: Сравнительный анализ двух вариантов исполнения незадымляемых лестничных клеток типа Н2 и Н3 подтвердил экономическую целесообразность выполнения незадымляемой лестничной клетки типа Н3.



## 4 Охрана труда

Местом большого скопления людей, как покупателей, так и персонала самых различных профессий, являются торговые центры. В связи с этим соблюдать правила охраны труда для торговых центров становится в разы сложнее, но соблюдение их обязательно, так как это позволит обеспечить безопасные условия работы для сотрудников и безопасный поход посетителей за покупками.

Разработать какие-то ни было единые правила охраны труда для разнообразных направлений деятельности, работающих в одном месте, очень сложно. Разберем пример типовой инструкции по охране труда и общие требования безопасности для торговых центров.

Общие требования безопасности.

К работе в торговом центре, как правило, допускаются лица старше 18 лет. При поступлении на работу сотрудники проходят вводный инструктаж, проведение дальнейших инструктажей и стажировок планируется должностными инструкциями. От повторных инструктажей освобождаются сотрудники, чья работа не связана с эксплуатацией оборудования, использованием инструмента, хранением и применением сырья и материалов.

Согласно типовой инструкции [6] «Работники обязаны соблюдать режим труда и отдыха, правила трудового распорядка, правила личной гигиены, пользоваться предусмотренной их деятельностью спецодеждой, при необходимости — СИЗ» [6]. «Персонал торгового центра обязан знать расположение запасных и эвакуационных выходов, пройти обучение по пожарной безопасности и электробезопасности, уметь пользоваться сигнализацией и первичными средствами пожаротушения, оказывать первую помощь при кровотечениях, отравлениях, ожогах или поражении током» [6]. «Обо всех несчастных случаях и чрезвычайных ситуациях необходимо незамедлительно сообщать руководству компании или администрации торгового центра» [6].

## 5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Ежегодно при пожарах с нарастающим темпом выбрасываются миллионы тонн различных твердых и газообразных веществ в атмосферу. При пожаре происходит выделение летучих паров и горячих дымовых газов. Плотность дымовых газов ниже плотности холодного окружающего воздуха и поэтому дым поднимается вверх и перемешивается, загрязняя атмосферу. Количество дыма, выделяемого во время пожара, различна и при каждом виде пожара она разная. Дым состоит из разных компонентов:

- горячие испарения и газы, выделяющиеся при горении материала;
- несгоревшие продукты разложения и конденсированные материалы (это цвет продуктов горения от светлого до чёрного как сажа);

Дым это дисперсная система из продуктов горения и воздуха, включающих пары, газы и раскаленные твердые частицы. Плотность, объем выделившегося дыма и токсичность, зависят от условий протекания процесса горения процесса и свойств горящего материала.

После поглощения дыма воздействие на организм человека может быть сложным. Разрушение организма происходит, когда токсины накапливаются в организме или поступают в кровь к различным органам. Твердые частицы, превышающие 2-5мкм, поступают в верхние дыхательные пути через носоглотку и разрушают организм человека. Кроме того, попав в глаза, вызывают раздражение зрачка и глаза, а мелкие частицы накапливаются в лимфатических узлах и собираются в легких, попадая через дыхательные пути в виде мелкой пыли. Растворимые вещества мелких и крупных частиц поступают в организм через кровь и отравляют внутренние органы. При этом снижается способность организма сопротивляться к болезням, то есть снижается иммунитет человека. Биохимические процессы в организме из-за поглощенных загрязнений ускоряются или затормаживаются. В таблице 5 представлено действие газов на организм человека.

Таблица 5 - Действие газов на организм человека

Вещество	Смертельно при вдыхании в течение 5-10 мин		Опасно (ядовито) при вдыхании в течение 0,5-1ч		Переносим при вдыхании в течение 0,5-1ч	
	Концентрация					
	%	мг/л	%	мг/л	%	мг/л
Бензол	2,0	55	0,75	25	0.3	10
Окислы азота	0,05	1,0	0,01	0,2	0,005	0,1
Оксись углерода	0,5	6,0	0,2	2,4	0,1	1,2
Сернистый газ	0.3	8,0	0,04	1,1	0,01	0,3
Сероводород	0,08	1,1	0,04	0,6	0,02	0,03
Сероуглерод	0,2	6,0	0,1	3.0	0,05	1,5
Углекислый газ	9	162	5,0	90	3.0	54
Хлор	0,025	0,7	0.0025	0,07	0.00025	0,007
Хлористый водород	2,5	125	1,5	75	0,5	25

При пожаре в атмосферу выбрасываются оксиды углерода ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ), серы ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ), азота ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ), а также альдегиды  $\text{HCHO}$ , органические кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и другие, которые взаимодействуя с влагой и кислородом воздуха, образуют вредные соединения, оказывающие негативное влияние на окружающую среду.

Выше перечисленные оксиды имеют свойство долго сохраняться в атмосфере, а так же переноситься на большие расстояния. Атмосферный воздух изменяется и приближается к концентрации токсических веществ, опасных по биологическим действиям на здоровье человека, животных и растений, а также приводит к быстрой коррозии металлов. Время пребывания веществ в атмосфере, зависит от физико-химических свойств продуктов горения и представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Продолжительность пребывания веществ в атмосфере

Элемент или соединение	Среднее время пребывания в атмосфере
Диоксид углерода CO <sub>2</sub>	5-10 лет
Оксид углерода CO	0.2-0,5 лет
Диоксид азота NO <sub>2</sub>	8- 11 суток
Оксид азота NO	9 суток
Нитрат ион NO <sub>3</sub>	5 суток
Диоксид серы SO <sub>2</sub>	2-4 сутки

При пожаре могут образоваться сильно токсичные вещества. Например, при термических разрушениях люминесцентных ламп дневного света, выделяются пары ртути.

Техногенное влияние на природу превышает ее восстановительный заряд, что притягивает за собой необратимые изменения природной среды не только локально, но и регионального масштаба.

На основе выше изложенного пожары наносят значительный ущерб окружающей среде в виде загрязнения атмосферного воздуха продуктами горения. Однако, [7] «в настоящее время отсутствует методика оценки экологической опасности пожара. Данная проблема актуальна сейчас, большинство предприятий и организаций являются частными, и за причиненный ущерб экологии региона при пожаре не несут ответственность» [7].

## 6 Предлагаемое рекомендуемое изменение

Применение изменений в инженерных решений позволит повысить пожарную безопасность объекта и обеспечит безопасную эвакуацию людей в случае пожара.

Из торговых бутиков с торговой площадью более 150 м<sup>2</sup> предлагаю предусмотреть не менее 2-х эвакуационных выходов (п.4.2.1, п.7.2.5, 7.2.6 СП 1.13130.2009);

Предусмотреть расчетную ширину эвакуационных выходов из гипермаркета «Магнит» не менее 6,2 м и не менее 3 м - гипермаркета М. Видео» (п. 7.2.3 т. 20 СП 1.13130.2009);

Расстояние по коридору от дверей наиболее удалённого помещения (ось К/17) первого этажа до центрального выхода непосредственно наружу, расстояние по коридору от выхода из суши бара позиции 1.2.6. на отметке 10,600 наиболее удалённого помещения (ось Е/16) второго этажа до выхода на лестничную клетку типа Н-2 блока IVa предусмотреть не более 60 м, а расстояние по тупиковому коридору от дверей наиболее удалённого помещения (ось И/16/) первого этажа до запасного выхода непосредственно наружу (ось М/1-10/7) предусмотреть не менее 30 м (п.4.3.3, п.7.1.22, табл.17 СП 1.13130.2009);

Направление открывания дверей эвакуационных выходов из торгового бутика первого этажа (поз.1.1.13) и помещений фельдшерского пункта второго этажа (поз. 2.2.45) предусмотреть по ходу эвакуации (п.4.2.6 СП 1.13130.2009);

Лестничные клетки без естественного освещения выполнить незадымляемыми типа Н2 или Н3 согласно проведенных расчетов;

Предел огнестойкости несущих конструкций лестниц третьего типа предусмотреть не менее EI30 (п.7.1.18, п.4.4.2, СП1.13130.2009);

Предусмотреть деление эвакуационных коридоров протяженностью свыше 60 метров противопожарными перегородками второго типа - EI30 (п. 4.3.3, п.7.1.28 СП 1.13130.2009).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря устройству незадымляемых лестничных клеток на путях эвакуации из объектов с массовым пребыванием людей обеспечивается реальная возможность быстрой эвакуации в безопасную зону, чему была посвящена данная работа.

В процессе выполнения бакалаврской работы:

- изучено расположение объекта;
- проанализирована пожарная безопасность на объекте, предполагаемые пути распространения огня, возможные места обрушений, системы противопожарной защиты здания;
- приведена статистика пожаров в ТРЦ;
- изучено соответствие объемно-планировочных решений, противопожарных преград, путей эвакуаций, систем противодымной защиты требованиям пожарной безопасности;
- выявлены нарушения;
- произведен расчет эвакуации людей;
- дана характеристика незадымляемым лестничным клеткам;
- дана оценка экономической эффективности мероприятий;
- представлены общие требования по охране труда;
- приведены примеры воздействия пожара на экологию;
- предложены рекомендуемые изменения.

В результате выполненной работы мной предлагаются следующие изменения:

- из торговых бутиков с торговой площадью более  $150\text{м}^2$  предусмотреть не менее 2-х эвакуационных выходов;
- предусмотреть расчетную ширину эвакуационных выходов из гипермаркета «Магнит» не менее 6,2м и не менее 3м - гипермаркета «М. Видео»;

- расстояние по коридору от дверей наиболее удалённого помещения предусмотреть не более 60м, а расстояние по тупиковому коридору от дверей наиболее удалённого помещения предусмотреть не менее 30 м;
- направление открывания дверей эвакуационных выходов предусмотреть по ходу эвакуации;
- лестничные клетки без естественного освещения выполнить незадымляемыми типа Н2 или типа Н3;
- предел огнестойкости несущих конструкций лестниц третьего типа, предусмотреть согласно требований;
- предусмотреть деление эвакуационных коридоров протяженностью свыше 60 метров противопожарными перегородками второго типа согласно требований.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности  
[Электронный ресурс]: Федеральный закон № 123-ФЗ от 22 июля 2008 г. URL:  
<http://legalacts.ru/doc/FZ-Teh-reglament-o-trebovanijah-pozharnoj-bezopasnosti/>  
(дата обращения: 30.01.2018)
- 2 Академия Государственной противопожарной службы МЧС России  
[Электронный ресурс] StudFiles. URL: <https://studfiles.net/preview/4199209/>  
(дата обращения: 30.01.2018)
- 3 Расчет параметров систем противодымной защиты жилых  
общественных зданий. [Электронный ресурс] Рекомендации АВОК URL  
<http://meganorm.ru/Data1/59/59850/index.htm> (дата обращения: 30.01.2018)
- 4 Случаи крупных пожаров в торговых центрах в России в 2017-2018  
годах [Электронный ресурс]: URL:  
<https://ria.ru/spravka/20180325/1517221038.html> (дата обращения: 02.05.2018)
- 5 ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» (дата  
обращения: 04.04.2018)
- 6 Типовая инструкция по охране труда для ТЦ [Электронный ресурс]:  
Онлайн-журнал. URL: <https://www.centrattek.ru/info/tipovaya-instrukciya-po-ohrane-truda-dlya-torgovyh-centrov/> (дата обращения: 11.04.2018)
- 7 Экология [Электронный ресурс] : VIII Международная студенческая  
электронная научная конференция. URL:  
<https://www.scienceforum.ru/2016/1531/24400> (дата обращения: 15.05.2018)  
Федеральный закон от 21.12.1994 г. № 69 – ФЗ «О пожарной безопасности».
- 8 Боевой устав подразделений пожарной охраны, определяющего  
порядок организации тушения пожаров [Электронный ресурс : Приказ МЧС  
России от 16 октября 2017 г. № 444.  
URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71746130/> (дата обращения:  
10.02.2018)
- 9 СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты.  
Эвакуационные пути и выходы». (дата обращения: 09.04.2018)



- 10 СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» (дата обращения: 09.04.2018)
- 11 СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты». (дата обращения: 10.04.2018)
- 12 СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». (дата обращения: 10.04.2018)
- 13 СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности». (дата обращения: 12.04.2018)
- 14 СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности». (дата обращения: 12.04.2018)
- 15 СП 2.13130.2012. «Свод правил. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты». (дата обращения: 16.04.2018)
- 16 СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» СНиП 35-01-2001». (дата: 07.04.2018)
- 17 С.В. Томин, В.Н. Токарев. Задачник по пожарной профилактике в строительстве. М.: ВИПТШ МВД России, 1995. – 218 с. (дата обращения: 07.04.2018)
- 18 Методические рекомендации. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции. – М.: ВНИИПО МЧС России, 2008 – 87 с. (дата обращения: 10.04.2018)
- 19 Fire: Near miss. URL: <http://www.firefighternearmiss.com> (дата обращения: 20.04.2018)
- 20 Порядок привлечения сил и средств [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России № 240 от 05.05.2008 г. URL: <http://rulaws.ru/acts/Prikaz-MCHS-Rossii-ot-05.05.2008-N-240/> (дата обращения: 15.02.2018)