



Юргинский технологический институт  
Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность  
Профиль: Защита в чрезвычайных ситуациях  
Кафедра безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы  |
|--|
| <b>Разработка проекта противодымной защиты ООО «Юргинский машзавод» гостиница «Сибирь»</b> |

УДК 614.841.45:728.51(571.17)

Студент

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 17Г30  | Алиева Елизавета Юрьевна |         |      |

Руководитель

| Должность              | ФИО             | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент<br>каф. БЖДЭиФВ | Солодский С. А. | к.т.н.                    |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность            | ФИО           | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент<br>каф. ЭиАСУ | Лизунков В.Г. | к.пед.н.                  |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность                 | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент<br>каф. БЖДЭиФВ | Лугавцова Н.Ю. |                           |         |      |

Нормоконтроль

| Должность                 | ФИО            | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент<br>каф. БЖДЭиФВ | Романенко В.О. |                           |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Зав. кафедрой | ФИО            | Ученая<br>степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| БЖДЭиФВ       | Солодский С.А. | к.т.н.                    |         |      |

Юрга – 2017 г.

Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе  
направления 20.03.01 – Техносферная безопасность

| Код результатов                  | Результат обучения<br>(выпускник должен быть готов)  |
|----------------------------------|--|
| P1                               | Применять базовые и специальные естественнонаучные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.   |
| P2                               | Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.   |
| P3                               | Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.  |
| P4                               | Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования. |
| P5                               | Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.   |
| P6                               | Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.  |
| <b>Универсальные компетенции</b> |  |
| P7                               | Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.  |
| P8                               | Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.   |
| P9                               | Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.   |
| P10                              | Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.  |
| P11                              | Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.   |

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

|             |   |
|-------------|---|
| Институт    | Юргинский технологический институт                                |
| Направление | Техносферная безопасность   |
| Профиль     | Защита в чрезвычайных ситуациях                                   |
| Кафедра     | Безопасности жизнедеятельности, экологии и физического воспитания |

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой БЖДЭиФВ  
 \_\_\_\_\_ С.А. Солодский  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

### ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме

|                    |
|--------------------|
| Дипломного проекта |
|--------------------|

Студенту:

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| Группа | ФИО                      |
| 17Г30  | Алиева Елизавета Юрьевна |

Тема работы:

|  |                      |
|--|----------------------|
| Разработка проекта противодымной защиты ООО «Юргинский машзавод»<br>гостиница «Сибирь» |                      |
| Утверждена приказом директора (дата, номер)  | 30.01.2017 г. № 17/с |

|   |               |
|---|---------------|
| Срок сдачи студентами выполненной работы: | 16.06.2017 г. |
|---|---------------|

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

|   |  |
|---|--|
| <b>Исходные данные к работе</b>   | Технический паспорт на объект исследования.<br>Литература по системам противопожарной защиты.<br>Литература по системам дымоудаления.<br>Нормативные документы.  |
| <b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> | 1. Аналитический обзор по литературным источникам, актуальности мероприятий по обеспечению противодымной защиты в жилых домах.<br>2. Изучение нормативной документации по пожарной безопасности и противодымной защиты.<br>3. Постановка цели и задач работы.<br>4. Сбор необходимых сведений об объекте исследования.<br>5. Разработка проекта системы дымоудаления.<br>6. Расчет режимов работы установки. |

|  |   |
|--|---|
|  | 7. Расчет экономического обоснования проводимых мероприятий по дымоудалению.<br>8. Социальная ответственность.<br>9. Заключение по работе.  |
| <b>Перечень графического материала</b>   | 1. Лист-плакат: Объект исследования<br>2. Лист-плакат: Цели и задачи исследования<br>3-6. Лист-плакаты: Аналитическая часть<br>7. Лист-плакат: Результаты исследования<br>8. Лист-плакат: Социальная ответственность<br>9. Лист-плакат: Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсообеспечение<br>10. Лист-плакат: Заключение |
| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</b> |   |
| <b>Раздел</b>  | <b>Консультант</b>  |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение                          | доцент каф. ЭиАСУ<br>Лизунков Владислав Геннадьевич   |
| Социальная ответственность   | ассистент каф. БЖДЭиФВ<br>Луговцова Наталья Юрьевна   |
| Нормоконтроль  | ассистент каф. БЖДЭиФВ<br>Романенко Василий Олегович  |

|   |               |
|---|---------------|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> | 15.02.2017 г. |
|---|---------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность              | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент<br>каф. БЖДЭиФВ | Солодский С.А. | к.т.н.                 |         |      |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                      | Подпись | Дата |
|--------|--------------------------|---------|------|
| 17Г30  | Алиева Елизавета Юрьевна |         |      |

## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из XXX страниц, XX рисунков, XX таблиц, 50 источников, 8 приложений.

Ключевые слова: ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ПРОТИВОДЫМНАЯ ЗАЩИТА, ДЫМОУДАЛЕНИЕ, ЭВАКУАЦИЯ, ДЫМ, ПРОДУКТЫ ГОРЕНИЯ.

Объектом исследования являются возможные перспективные состояния инженерно-технических составляющих обеспечения пожарной безопасности в организации ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь».

Цель работы: проанализировать возможности и разработать систему мер противоподымной защиты направленную на обеспечение своевременной и безопасной эвакуации.

В процессе исследования проводилось изучение обеспечения пожарной безопасности на объекте, анализ возможных вариантов развития и последствий пожара, а также определения причин и вероятности его возникновения. Оценка наиболее опасной пожарной ситуации и ее последствия.

В результате исследования были выявлены недостатки и недоработки по обеспечению пожарной безопасности. Недостаточное информационное обеспечение эвакуации; отсутствие систем противоподымной защиты

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Здание гостиницы кирпичное, имеет 9 этажей. Несущие стены – капитальные. Наружные и внутренние стены – кирпичные. Междуэтажные перекрытия – железобетонные плиты. Крыша – мягкая кровля. Лестничная клетка – сборная железобетонная. Общая площадь объекта 2159,2 кв.м. Общее количество квартир – 60.

Степень внедрения: начальная и средняя.

Область применения: пожарная безопасность

Экономическая эффективность и значимость высокая.

## Abstract

Graduation paper consists of XXX pages, XX figures, XX tables, 50 references, 8 appendices.

Key words: fire safety, smoke protection, smoke removal, evacuation, smoke, combustion products.

The object of research is possible long-term condition of the engineering and technical components of fire safety in the organization of "Yurga engineering plant" Hotel "Siberia".

The purpose of research is to analyze the opportunities and develop a system of smoke protection measures aimed at ensuring timely and safe evacuation.

The study was carried out to study fire safety at the facility, analyze possible scenarios and consequences of fires and determine causes and probability fires. The most dangerous fire situations and their consequences were estimated.

The study identified weaknesses and shortcomings of fire safety: lack of information support about evacuation; the absence of smoke protection systems.

Basic design, technological, technical and operational characteristics: brick hotel building of 9 floors with capital walls. Exterior and interior walls are made of brick. Interfloor constructions are made of reinforced concrete slabs. Roof is made of soft cover. Staircase are precast concrete. The total area of the facility is 2159.2 sq.m. The total number of apartments is 60.

Degree of implementation is primary and medium.

The scope of implementation is fire safety.

Cost-effectiveness and relevance is high.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004-96 Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ Р 53307 Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость.

ГОСТ Р 12.2.143-2009 Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля.

ГОСТ 12.1.004-91\*. Пожарная безопасность.

СП 7.13130.2009 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.

СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности.

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.

СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**дымоудаление:** Система безопасности, обеспечивающая эвакуацию людей при пожаре.

**система дымоудаления механическая:** Система, где продукты горения удаляются за счет действия вентилятора дымоудаления (радиального, крышного, осевого).

**система дымоудаления с естественным побуждением:** Система дымоудаления, действующая за счет разницы температур вытяжного и приточного воздуха.

**дымоприемное устройство:** Отверстие в воздуховоде (канале, шахте) с установленным на нем или на воздуховоде дымовым клапаном, открывающимся при пожаре.

**дымовая зона:** Часть помещения общей площадью не более 3000 м<sup>2</sup>, из которой в начальной стадии пожара удаляется дымовая смесь расходом, обеспечивающим эвакуацию людей из горящего помещения.

**пожароопасная смесь:** Смесь горючих газов, паров, пыли, волокон с воздухом, если при ее горении развивается давление, не превышающее 5 кПа. Пожароопасность смеси должна быть указана в задании на проектирование.

**противодымная вентиляция:** Аварийная система вентиляции, направленная на скорейшее удаление из помещения или здания продуктов горения, выделяющихся при пожаре.

**огнезадерживающий клапан:** Клапан, устанавливаемый внутри воздухопроводов (автоматически перекрывается во время пожара) и служащий для препятствия распространению пламени по системе вентиляции.

Обозначения и сокращения:

ЧС – чрезвычайная ситуация;

МЧС – министерство по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

ФГКУ – федеральное государственное казенное учреждение;

ФПС – федеральная противопожарная служба;

ПЧ – пожарная часть;

ДУ – дымоудаление;

ДК – дымовой клапан;

ПВ – противодымная вентиляция;

ФЭС – фотолюминесцентная эвакуационная система;

СПИ – самоспасатель изолирующий;

АВОК – ассоциация инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике.

## Оглавление

|   | С.  |
|---|-----|
| Введение  | 11  |
| 1 Обзор литературы  | 14  |
| 1.1 Пожары в жилом секторе  | 14  |
| 1.2 Опасные факторы пожара  | 16  |
| 1.3 Противодымная защита зданий и сооружений  | 17  |
| 1.4 Нормативные документы по противодымной защите   | 20  |
| 1.5 Принцип работы противодымной системы  | 23  |
| 1.6 Методика расчета системы противодымной вентиляции   | 28  |
| 2 Объект и метод исследования   | 42  |
| 3 Расчет и аналитика  | 46  |
| 3.1 Расчет параметров незадымляемой лестничной клетки типа Н2   | 46  |
| 3.2 Расчет параметров незадымляемого лифта  | 59  |
| 3.3 Расчет параметров системы дымоудаления из коридоров и помещений в многоэтажном здании                       | 66  |
| 3.4 Результаты проведенного исследования  | 74  |
| 3.5 Результаты исследования по определению прогноза развития пожара на объекте                                  | 75  |
| 3.6 Изменение прогноза развития пожара после внедрения системы противодымной защиты                             | 78  |
| 3.7 Результаты по расчетам системы противодымной защиты   | 79  |
| 3.8 Подбор вентиляционного оборудования   | 82  |
| 3.9 Защита проемов в противопожарных преградах  | 84  |
| 3.10 Информационно обеспечительные меры по созданию лучших условий для эвакуации пострадавших                   | 86  |
| 3.11 Заключение   | 90  |
| 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение  | 91  |
| 4.1 Расчет прямого ущерба   | 94  |
| 4.2 Расчет косвенного ущерба  | 95  |
| 4.3. Расчет затрат на восстановление объекта  | 97  |
| 4.4 Расчет средств необходимых для ликвидации пожара  | 98  |
| 4.5 Расчет затрат на эвакуацию пострадавших в лечебные учреждения   | 99  |
| 4.6 Выводы по разделу   | 101 |
| 5 Социальная ответственность  | 103 |
| 5.1 Краткое описание исследуемого объекта   | 103 |
| 5.2 Анализ выявленных вредных факторов на объекте   | 105 |
| 5.2.1 Недостаточная освещенность  | 105 |
| 5.2.2 Защита от шума  | 107 |
| 5.2.3 Защита от электрического тока   | 108 |
| 5.3 Психологические особенности поведения человека при его участии в производстве работ на данном рабочем месте | 108 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.4 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени | 109 |
| 5.4.1 Пожарная безопасность  | 109 |
| 5.4.2 Землетрясение и сейсмическая опасность   | 111 |
| 5.5 Заключение по разделу  | 112 |
| Заключение   | 113 |
| Список используемых источников   | 114 |
| Приложение А   | 119 |
| Приложение Б   | 120 |
| Приложение В   | 121 |
| Приложение Г   | 122 |
| Приложение Д   | 123 |
| Приложение Е   | 124 |
| Приложение Ж   | 125 |
| Приложение З   | 126 |
| Диск CD-R  |     |

## Введение

Динамические показатели статистики техносферных чрезвычайных ситуаций, в частности пожаров, за последние годы стремительно растут, что заставляет все больше задумываться о мерах противодействия этому губительному явлению. На территории России количество пожаров из года в год кардинально не уменьшается, а масштабность их разрушительных последствий неуклонно возрастает [1].

Лучшим подтверждением актуальности настоящей работы служат опубликованные статистические данные на сайте Министерства по делам гражданской обороны чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: за 2014 год цифра зарегистрированных пожаров на территории нашей страны составляет 153002 случая. Есть и другие данные, которые постоянно должны заставлять задумываться о цене человеческой жизни – 10253 погибших и 11089 получивших травмы за тот же промежуток времени.

Как социальное явление пожар приносит моральный и материальный ущерб, имеет социальную опасность. Для повышения общего уровня пожарной безопасности следует посредством перспективного анализа разрабатывать рекомендации, обеспечивающие превентивные меры и действия, направленные на опережающее нивелирование текущих и будущих угроз [2].

Объект исследования – ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь».

При возникновении пожара на данном объекте, к моменту прибытия подразделений ГПС он уже примет большие масштабы и будет характеризоваться сильным задымлением основного пути эвакуации и помещений в целом, создавая угрозу находящимся в здании людям. Таковую пожарную нагрузку в гостинице создает большое количество мебели,

оборудования и инвентаря, которые при возгорании являются источниками повышенного дымообразования и выделения токсичных веществ.

Все перечисленные обстоятельства чреватy большим количеством безвозвратных потерь в следствии нахождения в непригодной для дыхания среде, а также затруднении процесса эвакуации. Важным обстоятельством является тот факт, что в здании объекта не предусмотрено никаких средств противодымной защиты, что безусловно осложнит обстановку в случае пожара [3].

Анализ пожаров, а также натурные опыты по изучению характера задымления зданий повышенной этажности без включения систем противодымной защиты показывают, что скорость движения дыма в лестничной клетке таково, что при возникновении пожара на одном из нижних этажей уже через 5-6 минут задымление распространяется по всей высоте лестничной клетки, что делает невозможным нахождения там без средств защиты органов дыхания. Одновременно происходит задымление помещений верхних этажей, шахты лифта и поэтажных коридоров, а нагретые продукты горения, поступая в лестничную клетку, повышают температуру воздуха. Установлено, что уже на 5-й минуте от начала пожара температура в лестничной клетке, примыкающей к месту пожара, достигает 120-140 °С [4].

В связи с вышеизложенным, цель выпускной квалификационной работы:

Разработать систему мер противодымной защиты направленную на обеспечение своевременной и безопасной эвакуации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Дать полный анализ возможных решений по противодымной защите многоэтажного здания объекта;
- 2) Предложить перспективные способы защиты проемов в противопожарных преградах объекта;

3) Произвести расчет параметров незадымляемой лестничной клетки типа Н2 и осуществить подбор вентиляционного оборудования;

4) Произвести расчет незадымляемого лифта и осуществить подбор вентиляционного оборудования;

5) Рассчитать параметры дымоудаления из коридоров помещений многоэтажного здания объекта и подобрать соответствующее оборудование дымоудаления.

Для решения поставленных задач использовались различные методы исследования: методы теоретического анализа литературы, нормативных документов, а также приказов МЧС по исследуемой теме.

В работе также были использованы методы: изучение, обобщение и анализ результатов опыта работы Юргинского гарнизона, количественные и качественные методы сбора нужной информации, необходимый расчетный метод по теме работы.

За последние двадцать лет в строительстве нашло применение большое количество полимерных и других материалов увеличивающих пожарную нагрузку. Выбранный объект хоть и отвечает требованиям строительных норм и правил, но это не обеспечивает должную пожарную безопасность. С другой стороны на сегодняшний день имеются все возможные методы и средства для того, чтобы с высокой вероятностью предотвратить или свести к минимуму возможные пожарные угрозы.

Практическая значимость данной дипломной работы состоит в том, что ее выводы и рекомендации позволят обеспечить безопасную эвакуацию из здания гостиницы людей в случае возникновения пожара. Кроме того противоподымная защита объекта позволит более эффективно подразделениям пожарной охраны осуществлять процесс тушения пожара и проведение аварийно-спасательных работ.

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Пожары в жилом секторе

Пожар-это горение веществ, характеризующееся существенными размерами распространения, высокими температурами и продолжительностью, представляющее опасность для общества.

Пожары происходят не только в жилых домах, но и в различных организациях, возникают пожары на транспортных средствах, лесные и торфяные пожары, подземные пожары в шахтах, степные и полевые пожары. Последствия пожара, как и сам пожар можно избежать, соблюдая требования правил пожарной безопасности. Основной характеристикой разрушительного действия пожара является высокая температура, которая развивается при горении. Для жилых домов и общественных зданий температура внутри помещения при горении достигает 800 – 900 °С.

Пожары в жилых зданиях и сооружениях условно делятся на наружные (открытые) при которых присутствуют пламя и дым, и внутренние (закрытые), при закрытом пожаре пути распространения пламя скрыты.

Пожары в жилых домах, возникают, как правило в результате небрежного, халатного обращения с огнем. К причинам возникновения пожаров в жилом секторе можно отнести такие причины как: отсутствие экономических возможностей поддержания противопожарного состояния зданий, изношенность жилого фонда и конструкций зданий, низкая обеспеченность средствами обнаружения и оповещения о пожаре, а также первичными средствами пожаротушения. Наличие в квартирах и жилых домах легковоспламеняющихся веществ, каких-либо синтетических изделий и разной бытовой техники увеличивает риск возникновения пожара, а так же при их возгорании выделяются ядовитые газы, которые опасны для здоровья и жизни людей. Здания из деревянных конструкций наиболее подвержены возгоранию, чем железобетонные и кирпичные здания. Усугубляют пожарную опасность

высоко этажных зданий встроенные в них помещения иного назначения, такие как учреждения торговли, общественного питания и др. При возгорании во встроенном помещении возникает угроза живущих людей на верхних этажах.

Главное место среди пожаров в общественных зданиях занимают пожары, возникающие от неосторожности обращения с огнем - 36,5 % , 32,4 % - это нарушения правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов, 10,2 % приходится на поджоги. Так же к причинам возгорания можно отнести такие причины, как пренебрежение правил пожарной безопасности, неправильно строение зданий и сооружений, электрической проводки т.д.

По данным статистики от общего числа пожаров происходящих в Российской Федерации на жилой сектор приходится – 55% , на общественные здания приходятся – 10 %, в производственных и складских помещениях – 30 % . Материальный ущерб в жилых зданиях составляет – 35%, в общественных зданиях – 20%, в производственных и складских помещениях – 45%. Гибель людей на пожарах в жилом секторе – 80%, в общественных зданиях – 10% и в производственных и складских помещениях – 10%. Основное количество пожаров в жилье происходит по вине самого человека, находящегося в состоянии ограниченной дееспособности, а так же главными причинами гибели людей при пожарах является высокая температура это около 19% от общего числа погибших и 76 % от действия продуктов горения.

Можно подвести итог, что возникновение пожаров в жилых и общественных зданиях, имеют общие причины возникновения: неисправность электросети и электроприборов, утечка газа, шалость детей с огнем, оставленные открытые двери печей и каминов, а так же и другой человеческий фактор, нарушения, допущенные при проектировании и строительстве зданий и сооружений, несоблюдение правил пожарной безопасности и многое другое.

## 1.2 Опасные факторы пожара

Опасные факторы пожара - это явления, возникающие при пожаре, которые оказывают не благоприятное воздействие на людей и имущество. К таким явлениям можно отнести: открытый огонь и искры, повышенная температура окружающей среды и предметов, пониженная концентрация кислорода, но повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, а так же снижение видимости в дыму. Такие опасные факторы как: осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкции, аппаратов, агрегатов, воздействие огнетушащих веществ, опасные явления взрыва, происшедшие вследствие пожара, относятся к сопутствующим проявлениям опасных факторов пожара.

К опасным факторам взрыва, воздействующими на человека, относятся такие явления как ударная волна, пламя; обрушивающиеся конструкции, оборудование, коммуникации, здания и сооружения и их разлетающиеся части. При взрыве из повреждённого оборудования могут выделяться в большом количестве вредные вещества.

Повышенная температура окружающей среды может вызвать ожоги дыхательных путей и кожи человека разной степени. Воздействие пламени или теплового потока, его инфракрасного излучения на кожу человека может привести к термическому ожогу, кроме того накопление в организме тепла приводит к «тепловому удару». Допустимая температура нагрева кожи человека 45 °С, после чего человек начинает ощущать боль. Человек может выдержать температуру окружающей среды от 95-120 °С, но не более 30 минут, температуру от 60-70 °С человек может выдержать в течение часа, а при температуре около 150 °С происходит мгновенный ожог дыхательных путей.

Более 70 % гибели людей на пожарах, происходят по причине отравления токсичные продукты горения (пластмасса, синтетические материалы и т.д.).

Оксид углерода опасен тем, что он реагирует с гемоглобином крови в 200-300 раз лучше, чем кислород, что приводит к кислородному голоданию и гипоксии ткани, в связи с чем отравление оксидом углерода и недостаток кислорода являются одной из причин гибели многих людей.

При объемной доле 0,1 % угарного газа CO в воздухе, у человека в течение 60 минут, может возникнуть сильная головная боль и головокружение, слабость, рвота. Так же при объемной доле 6 % диоксида углерода CO<sub>2</sub> в воздухе у человека возникает головная боль, учащенное дыхание и головокружение. Диоксид углерода CO<sub>2</sub> замещает кислород в крови, ускоряет дыхание, что приводит к ингаляции большого количества других вредных газов в опасных концентрациях, эти и опасен CO<sub>2</sub>. В общем, своим действием кислород не является токсичным газом, но однако его недостаток оказывает существенное влияние на человека при пожаре. Пониженное содержание кислорода во вдыхаемом воздухе при пожаре в зданиях и сооружениях, не смотря на отсутствие токсичных газов, может препятствовать эвакуации и привести к гибели людей.

### 1.3 Противодымная защита зданий и сооружений

Что представляет собой противодымная защита зданий и сооружений, для чего она нужна и из каких компонентов состоит, представлено в ряде нормативных документах. Один из таких документов ГОСТ 12.1.033-81 определяет ее как совокупность мероприятий, а так же характерных технических средств, призванных защищать людей от негативного воздействия некоторых факторов, возникающих при пожаре, а именно: дыма, повышенной температуры, продуктов горения.

Противодымная защита – это комплекс организационных мероприятий и технических средств, объемно-планировочных решений, инженерных систем,

направленных на предотвращение или ограничение опасности задымления зданий, сооружений и строений при пожаре, а так же воздействия опасных факторов пожара на людей и материальные ценности.

Система противодымной защиты зданий и сооружений позволяет создать все необходимые условия для постоянного пребывания персонала, обслуживающего специальное оборудование.

Для нормального функционирования системы противодымной защиты необходимо специальное оборудование (вентиляторы дымоудаления и подпора, клапаны дымоудаления, воздуховоды и т.п.). Данное оборудование относится к инженерным системам и техническим средствам противодымной защиты.

Всю противодымную защиту, как и любую другую систему противопожарной защиты, условно можно разделить на два типа системы: активная и пассивная.

Для активной системы противодымной защиты, преимущественно противодымная вентиляция или по-другому: вентиляционные системы и устройства. Вентиляционные устройства и системы обеспечивают защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах, от воздействия опасных факторов пожара. А так же, все вентиляционные устройства служат для: устранения продуктов горения и дыма из объятых ими помещений и нагнетания взамен дыма свежего воздуха препятствуют повышению температуры. Создается подпор избыточного давления в определенных объемах, где обеспечивается не проникновение в них дыма и его дальнейшее распространение.

Для пассивной системы противодымной защиты зданий характерны прежде всего, объемно-планировочные и конструктивные решения, препятствующие распространению дыма по зданию: дымогазонепроницаемые двери, противопожарные преграды, противопожарные преграды в дымогазонепроницаемом исполнении, стационарные противодымные экраны, шторы, незадымляемые переходы и др. К пассивной системе противодымной

защиты относятся: противодымные двери, противодымные шторы, незадымляемые переходы и прочие разновидности противодымных преград.

Основное назначение дымогазонепроницаемых дверей, не пропускать жар, дым и продукты горения в смежные помещения, таким образом, препятствуя их распространению, они представляют собой внутренние противопожарные огнеупорные перегородки. Благодаря использованию специально уплотняющих материалов, а так же особой конструкции, значительно снижающей теплопередачу, обеспечивается требуемый уровень герметизации.

Противодымные шторы отличаются от противодымных дверей лишь тем, что препятствуют распространению жара и дыма, продуктов горения в околпотолочной зоне. Так же они способствуют направлению дыма и продуктов горения в область действия вытяжной вентиляции. Противодымные шторы состоят из термостойкого дымогазонепроницаемого полотна, которое при отсутствии угрозы пожара свернуто в рулон на валу, смонтированном на стену, потолок или перекрытие. При поступлении сигнала, свидетельствующего об опасной ситуации, специально исполнительные механизмы быстро разворачивают полотно до размеров необходимых для выполнения основной функции.

Противодымная защита, защищает людей от негативного воздействия дыма и продуктов горения. Дым и продукты горения тесно связаны между собой. Дым характеризуется высокой скоростью распространения, в первую очередь, дым снижает уровень освещенности, в связи с чем, люди теряют ориентиры, коридоры и лестничные пролеты. Второе, что влечет за собой дым – это его сложный состав. Большинство сгораемых материалов токсичны и ядовиты. При совместном действии дыма и продуктов горения во время пожара приводит к быстрому снижению концентрации кислорода в воздухе. Для успешного решения задачи предотвращения и сведения к минимуму последствий их воздействия, и предусматривается противодымная защита зданий и сооружений.

Комплекс мероприятий, которые включает в себя противоподымная защита:

- Документированные процедуры (стандарты организаций, инструкции, приказы, распоряжения и т.п.), отражающие меры эксплуатационного свойства.
- Проектные решения, определяющие, какое оборудование, с какими характеристиками и где будут располагаться.

Первый комплекс мероприятий регламентирует правила поведения людей в тех или иных обстоятельствах. Второй комплекс состоит из технических средств и систем: вентиляторы дымоудаления, подпорные вентиляторы, противоподымные двери, шторы и клапаны, воздуховоды, исполнительные механизмы и прочее.

При угрозе возникновения пожара все вышеперечисленные меры в своей совокупности должны обеспечить:

- Изоляцию источника распространения опасных факторов и их локализация;
- Обеспечить приемлемые условия для постоянного нахождения обслуживающих специальное оборудование сотрудников;
- Нейтрализовать негативные факторы в эвакуационных зонах и проходах;
- Создать условия для выполнения пожарными подразделениями профессиональных обязанностей;

#### 1.4 Нормативные документы по противоподымной защите

Для использования или применения, ПДЗ существуют стандарты и регламентирующие документы.

Основные из этих документов:

ГОСТ Р 53299-2009 «Воздуховоды.»

ГОСТ Р 53300-2009 «Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемо-сдаточных и периодических испытаний.»

ГОСТ Р 53301-2009 «Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Методы испытаний на огнестойкость.»

ГОСТ Р 53302-2009 "Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Методы испытаний на огнестойкость.»

ГОСТ Р 53305-2009 "Противодымные экраны. Методы испытаний на огнестойкость".

СП 7.13130.2009. «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.»

СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

ГОСТ Р 53278 2009 Клапаны пожарные запорные.

НПБ 250-97 Лифты.

ГОСТ Р 53295 2009 «Средства огнезащиты для стальных конструкций.»

ГОСТ Р 53297 2009 Лифты пассажирские и грузовые.

СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха (редакция СНиП 41-01-2003).

НПБ 23 – 200 Противодымная защита зданий и сооружений.

Так же существует Федеральный закон № 123-ФЗ от 22 июля 2008 года, был редактирован 3 июля 2016 года, « Технический регламент о требования пожарной безопасности.» Статья 56 этого закона называется, «Противодымная защита». Она состоит из:

-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.

(в ред. Федерального закона от 10.07.2012 N 117-ФЗ)

- система противодымной защиты должна предусматривать один или несколько из следующих способов защиты:

- использование объемно-планировочных решений зданий и сооружений для борьбы с задымлением при пожаре;

(в ред. Федерального закона от 10.07.2012 N 117-ФЗ)

- использование конструктивных решений зданий и сооружений для борьбы с задымлением при пожаре;

(в ред. Федерального закона от 10.07.2012 N 117-ФЗ)

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

- использование устройств и средств механической и естественной вытяжной противодымной вентиляции для удаления продуктов горения и термического разложения.

НБП 239-97. Воздуховоды. Метод испытания на огнестойкость.

Настоящие нормы устанавливают порядок и периодичность проведения приемосдаточных и периодических испытаний вентиляционных систем противодымной защиты зданий и сооружений различного назначения (далее - зданий) с искусственным побуждением тяги и подлежат применению на эксплуатирующихся и вновь вводимых зданиях. Для решения о соответствии системы противодымной защиты здания установленным требованиям служат результаты испытаний.

НПБ 23-2000 "Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемо-сдаточных и периодических испытаний.» Устанавливают порядок и периодичность проведения приемо-сдаточных и периодических испытаний вентиляционных систем противодымной защиты зданий и сооружений с искусственным побуждением (далее – систем противодымной защиты) в эксплуатируемых и вновь вводимых (при завершении строительства, реконструкции и ремонта) зданиях.

Результаты испытаний служат основанием для принятия решения о соответствии системы противодымной защиты здания установленным требованиям.

### 1.5 Принцип работы противодымной системы

Противодымная вентиляция устанавливается в тех местах, где критически важно быстро удалить продукты горения из внутреннего объема помещения во время пожаров или начальных этапов горения.

На рисунке под номером 1 схематически отображается принцип работы противодымной системы в здании, где произошло возгорание на среднем этаже.

Система дымоудаления состоит из:

- Вентилятора подпора воздуха необходим для создание избыточного давления в лифтовых шахтах, лестничных клетках, тамбур-шлюзах и для исключения их задымления;

- Огнезадерживающего клапана КП - устанавливаются в системах вытяжной и общеобменной вентиляции для ограничения распространения по ним опасных факторов пожара (огня, дымовых газов). Имеют электропривод или тепловой замок.;

- Вентилятора дымоудаления ВКВД - применяются в аварийных системах вытяжной вентиляции для принудительного удаления дыма, нагретых газов и одновременного отвода тепла, выделяющегося при пожаре за пределы обслуживаемого помещения, где происходит возгорание. Применяются в производственных, общественных, жилых, административных и других помещениях. Вентиляторы могут перемещать дымовые и воздушные смеси температурой до 600°С.;

- Клапана дымоудаления КПДУ- устанавливаются в защищаемых помещениях, обеспечивают прием дымовых газов и их направление в дымовые шахты. Имеют электромагнитный привод или электропривод. Клапаны

нормируются по пределу огнестойкости, который может составлять до 180 минут при температуре дыма 600°С.;

- Вентиляционные каналы (воздуховоды), шахты - предназначены для транспортировки дымовых газов из защищаемых помещений наружу. Выполняются из негорючих материалов.

При возгорании на втором этаже в вентиляционной системе – огнезадерживающие клапана КП 3 и 4 блокируют II этаж (закрыты), локализуя огонь и дым на этаже возгорания, огнезадерживающие клапана КП 2 и 6 открыты, благодаря чему приточная система обеспечивает избыточное давление на смежных этажах I и III, на вытяжной ветке огнезадерживающие клапана КП 1 и 5 закрыты.

А в системе дымоудаления – удаление дыма обеспечивается вентилятором ВКДВ (ВКДГ) через открытый клапан КПДУ 11, из системы подпора воздуха через открытый клапан 8 подается приточный воздух, клапаны 7, 9, 10, 12 закрыты.

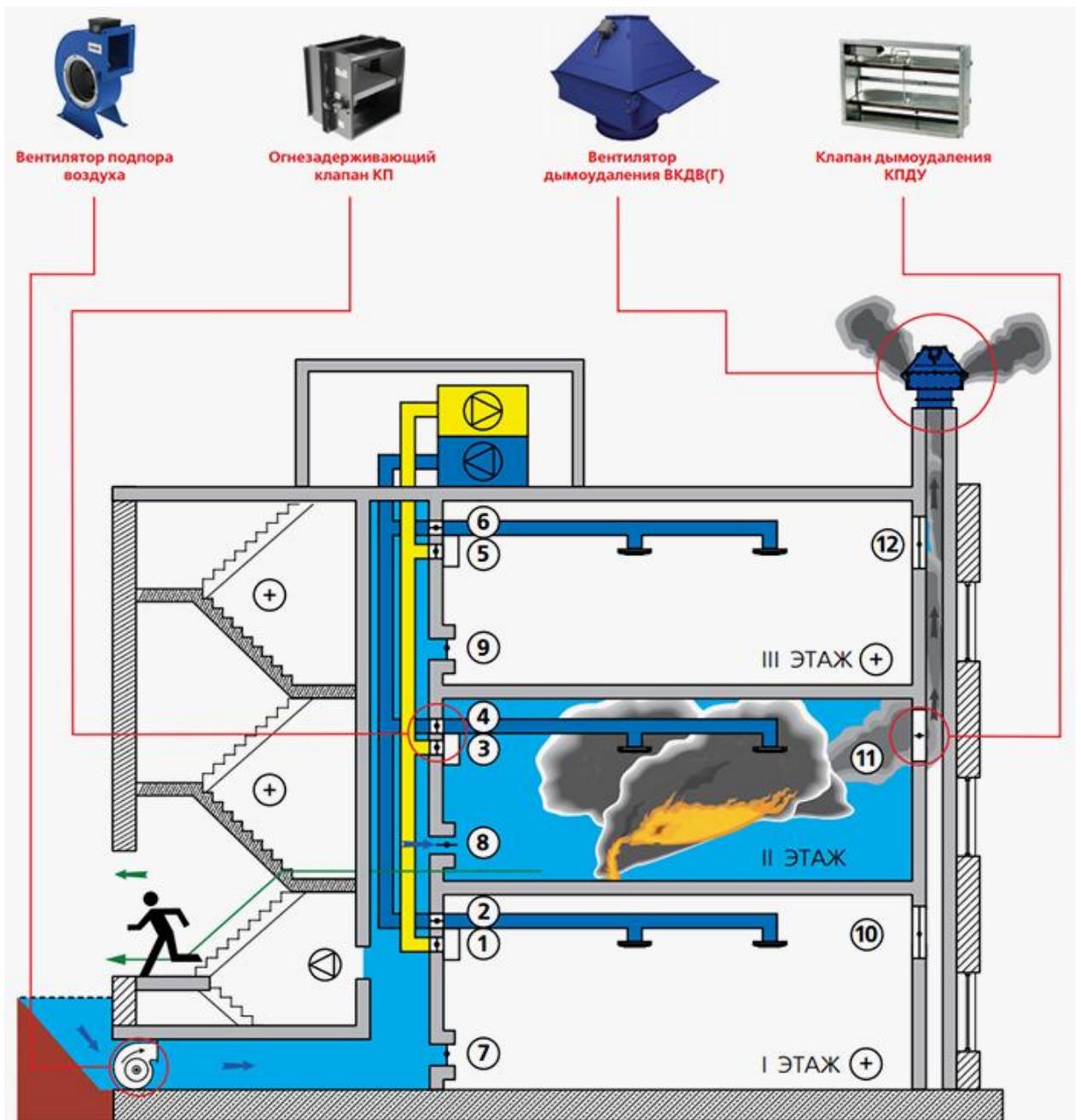


Рисунок1 - «Принцип работы системы дымоудаления»

Дымоудаление из помещений большой площади:

В зданиях, имеющих большие открытые пространства, такие как атриумы офисных центров и гостиниц, торговых центров, банков и т.д. из-за очень высоких потолков и невозможности сегментации воздушной массы вопрос пожарной безопасности систем ОВК чрезвычайно обостряется.

Из-за невозможности сегментации воздушной массы и уязвимости путей эвакуации неизбежное накопление дыма заменяет удаление дыма через специальные проемы в перекрытии как естественной тягой, так и посредством

специальных вытяжных вентиляторов. При пожаре образуется большая масса горячего газа, который распространяется в виде восходящего вертикального прямолинейного столба. Взвешенная пропускная масса такого столба в силу эффекта захвата окружающего воздуха растет по мере восхождения. Поднявшись под потолок, горячий газ образует стратифицированную зону дыма, который, накапливаясь, начинает охлаждаться, слой дыма увеличивается, и по мере роста плотности начинает опускаться, насыщая все нижестоящее пространство.

Кроме удаления основного объема дыма система активной защиты должна обеспечить приток необходимого объема свежего воздуха, достаточного для того, чтобы на незадымленных участках атриума в течение достаточного времени сохранялись условия для безопасной эвакуации людей.

Для таких ситуаций довольно сложно определить необходимую пропускную массу воздуха главным образом потому, что практически невозможно предугадать интенсивность притока дыма. Те же 6 об./ч, рекомендуемые американскими регламентами, зачастую оказываются недостаточными, само собой разумеется, что индекс приточного воздуха не может превышать индекс дымоудаления, поскольку в противном случае нельзя будет обеспечить пониженное давление на участке возгорания.

В целом система, предназначенная для подачи приточного воздуха во время пожара, должна рассчитываться исходя из следующих соображений (характер которых тем более обязательный, чем больше площадь обслуживаемых помещений):

- Приточный воздух, естественно чистый, должен в полном объеме поступать в здание только снаружи. Соответственно, точки воздухозабора должны располагаться на достаточном удалении от точек выброса дымовых газов.
- Приточный воздух должен подаваться на малой скорости (примерно 1 м/с) и равномерно распределяться по всей площади помещений.

- Приточный воздух должен поступать в помещение не сверху, а на уровне ниже вероятной границы слоя.

- В целях обеспечения надежности системы станция обработки приточного воздуха должна проходить процедуру периодического технического осмотра и обслуживания.

- Система должна быть полностью регулируемой (речь идет о пропускных объемах и параметрах подаваемого воздуха), при этом в любом случае объем приточного сменного воздуха (об./ч) должен быть меньше, чем объем отводимого дыма.

- Обязательно учитывать возможные произвольные последствия воздействия на систему внешних факторов, в частности, поступления свежего воздуха на участок, охваченный пожаром.

- В целом система должна оставаться достаточно простой в конструктивном и эксплуатационном отношении, чтобы минимизировать возможность ошибки со стороны обслуживающего персонала, вызванной непониманием каких-либо моментов.

Так же большое воздействие на здание может оказывать ветер, который может привести к ускорению распространения дыма в силу «эффекта дымовой трубы». Например, при скорости ветра 15 м/с давление у здания с наветренной стороны составляет порядка 120 Па.

Ветер не будет оказывать на здание никакого воздействия, если все двери и окна закрыты. Стоит только открыть или разбить хотя бы одно окно, случаются две вещи:

- с подветренной стороны отрицательный градиент давления ведет к удалению дыма из здания;

- с наветренной стороны положительный градиент способствует дальнейшему распространению дыма в здании.

## 1.6 Методика расчета системы противодымной вентиляции

Расчет системы дымоудаления поможет подобрать необходимое вентиляционное оборудование.

Этапы расчета для системы противодымной вентиляции:

- Определение к какой категории относится помещения (жилое, производственное, общественное, складское и т.д.)
- Определение тепловой нагрузки при пожаре в рассматриваемом помещении и расчетной тепловой нагрузки с помощью составленных ранее расчетных формул.
- Определение необходимой кратности воздухообмена.
- Определение температуры газообразных продуктов сгорания.
- Определение подсоса воздуха через неплотности и требуемого общего расхода.
- Определение суммарных потерь давления в системе.
- Выбор вентилятора.

При проектировании противодымной защиты специалистами разрабатывается проект, в котором должен быть описан алгоритм работы данной системы, с учетом принятой на объекте системы автоматического пожаротушения и других особенностей объекта. Данное описание, приведенное, в проекте облегчает составление инструкции по эксплуатации противодымной системы и так же позволяет правильно её обслуживать персоналу, который не имеет специального образования.

Также для проектирования системы противодымной вентиляции необходимо представить общую пояснительную записку, объемно-планировочные решения, технологию, проект приточно-вытяжной вентиляции.

Рассчитываются давление и расход вентиляторов систем противодымной защиты многоэтажных зданий, а также необходимая площадь сечения дымовых вытяжных шахт бесфонарных зданий.

Температура воздуха, поступающего из защищаемого объема в коридор (отсек коридора) этаже пожара, вычисляется по формуле

$$T_{\Pi} = \frac{T_{\text{н}} + T_{\text{в}}}{2} \quad (1)$$

Где  $T_{\text{н}}$ - температура наружного воздуха,

$T_{\text{в}}$ - температура воздуха, поступающего через проемы в помещения бесфонарных зданий.

Расчет начинается с определения максимальной среднеобъемной температуры в помещении, где возник пожар. Для производственных помещений бесфонарных зданий температуру следует принимать не менее 700 °С (973 К). В помещениях общественных зданий максимальная среднеобъемная температура, находится по формуле (2):

$$t_{\text{ом}} = t_{\text{м10}} \left[ \left( \frac{t_{\text{ом}}}{t_{\text{м10}}} \right)^{V-10^4} + \Delta t \right] \quad (2)$$

Где  $t_{\text{м10}}$  - максимальная температура в помещении высотой  $H = 10$  м и объемом  $V$ , определяется по рис. 4;

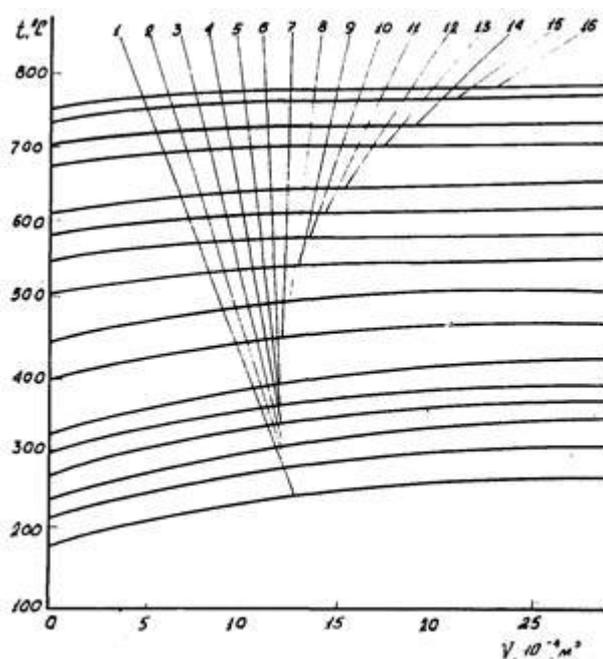


Рисунок. 2 Номограмма для определения максимальной среднеобъемной температуры при пожаре в помещении высотой 10 м для различной проемности

$\left(\frac{t_{0M}}{t_{M10}}\right)_{V=10^4}$  - отношение максимальной температуры в помещении с параметрами  $V$ ,  $\Pi$  и  $H$  к максимальной температуре в помещении с параметрами  $V = 10 \text{ м}^3$  и  $H = 10 \text{ м}$  определяется по рисунку 5.

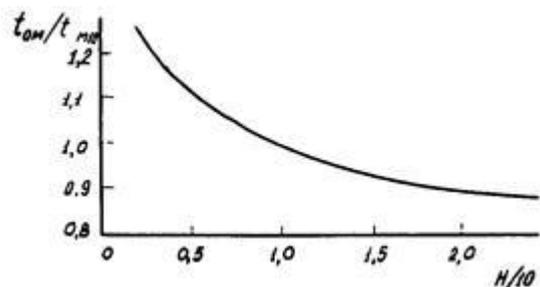


Рисунок 3. Зависимость для определения максимальной среднеобъемной температуры при пожаре, в помещении высотой  $H$  и объемом  $10^4 \text{ м}^3$

$\Delta t$  - поправка к температуре на величину  $V$  и  $H/10$ , определяемая по рисунку 4.

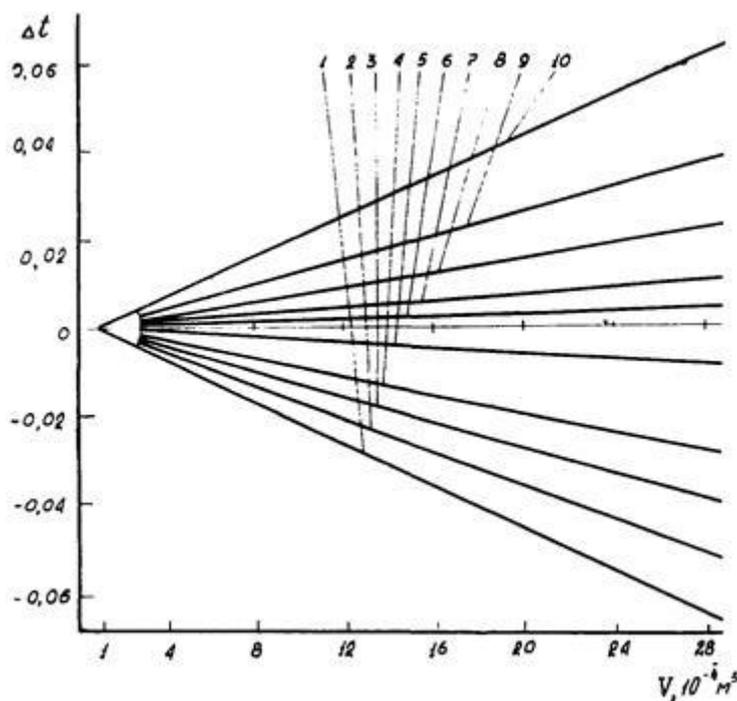


Рисунок 4. Номограмма для определения поправки для различной высоты помещения.

Фактор проемности  $\Pi$  вычисляется по формуле:

$$\Pi = 100 - A_w/F, \quad (3)$$

Где  $A_w$  - общая площадь оконных и дверных проемов в помещении,  $\text{м}^2$ ;

$F$  - площадь пола помещения, м<sup>2</sup>.

Площадь дымовых вытяжных шахт  $F_{л}$  для бесфонарных зданий рассчитывается по формуле

$$F_{л} = 1,1 \frac{\mu_{л}}{\mu_{п}} F_{п} \sqrt{\frac{T_{ом}}{T_{н}}} * \frac{K_{б} h_{п} g (1 - T_{н} / T_{ом})}{[(K_{з} - K_{л}) u_{в}^2 + 2g(H - K_{б} h_{п})(1 - T_{н} / T_{ом})]}, \quad (4)$$

Где  $\mu_{л}$ ,  $\mu_{п}$  - коэффициенты расхода открытых дверных проемов и клапанов вытяжных шахт (принимаются в зависимости от конструктивного исполнения по справочным данным ;

$F_{п}$  - площадь открытых дверных проемов, м<sup>2</sup>;

$T_{ом}$  - максимальная среднеобъемная температура в помещении, К;

$T_{н}$  - температура наружного воздуха, К;

$K_{б}$  - коэффициент безопасности;

$h_{п}$  - высота дверных проемов (в качестве  $h_{п}$  следует принимать наибольшую высоту верхнего края проемов смежных помещений и проемов на заветренный фасад здания), м;

$g$  - ускорение свободного падения, м×с<sup>-2</sup>;

$K_{з}$  - аэродинамический коэффициент заветренного фасада здания, принимается равным минус 0,6;

$K_{л}$  - аэродинамический коэффициент на оголовке вытяжных шахт, принимается по паспортным данным;

$u_{в}$  - скорость ветра, м×с<sup>-1</sup>;

$H$  - высота от уровня пола помещения до оголовка вытяжной шахты, м.

Расчет вентиляционных систем противодымной защиты жилых и общественных зданий повышенной этажности выполняется при условии открытого дверного проема из коридора этажа, где возник пожар, в защищаемый объем. Для предотвращения выхода дыма в защищаемый объем по всей площади открытого дверного проема в поэтажный коридор подается

воздух. Скорость воздуха  $u_{\text{п}}$  в этом проеме должна удовлетворять следующему условию (5):

$$U_{\text{п}} \geq \left(0,46 - 0,09 \frac{L_{\text{п}}}{L}\right) \sqrt{gH_{\text{п}}}, \quad (5)$$

Где  $l_{\text{п}}$  - расстояние от двери из поэтажного коридора в защищаемый объем до двери ближайшей квартиры, м;

$L$  - длина коридора (отсека коридора), м;

$H_{\text{п}}$  - высота дверного проема из коридора в защищаемый объем, м.

С целью упрощения расчетов для типового проекта жилых домов можно принять  $u_{\text{п}} = 2,1 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ .

Расход воздуха  $G_{\text{п}}$ , подаваемого из защищаемого объема в поэтажный коридор этажа, где возник пожар, вычисляется по формуле

$$G_{\text{п}} = \rho_{\text{п}} u_{\text{п}} B_{\text{п}} H_{\text{п}}, \quad (6)$$

Где  $\rho_{\text{п}}$  - плотность приточного воздуха,  $\text{кг} \times \text{м}^{-3}$ ;

$B_{\text{п}}$  - ширина дверного проема, м.

Расход дыма  $G_{\text{д}}$ , удаляемого с этажа пожара, вычисляется по формуле

$$G_{\text{д}} = 1,1 G_{\text{п}} + G_{\text{ов}}, \quad (7)$$

Расход воздуха  $G_{\text{ов}}$  посредством общеобменной вентиляции для жилых зданий принимается равным нулю, а для общественных зданий рассчитывается по формуле

$$G_{\text{ов}} = \frac{nV\rho_{\text{п}}}{3600}, \quad (8)$$

Где  $V$  - объем - наибольшего помещения на этаже пожара,  $\text{м}^3$ ;

$n$  - кратность воздухообмена (принимается по проектным данным).

Величина  $G_2$  расхода продуктов горения из помещения очага пожара в поэтажный коридор вычисляется по формуле (9):

$$G_2 = 0,6 B_o H_o^{3/2}, \quad (9)$$

Где  $B_o, H_o$  - ширина и высота дверного проема квартиры (помещения), м.

В жилых зданиях температуру продуктов горения в поэтажном коридоре у клапана дымоудаления следует принимать равной 300 °С.

Температура дыма, удаляемого из поэтажного коридора общественных зданий, у клапана дымоудаления рассчитывается по формуле:

$$T_d = \frac{G_2 T_{ок} + T_{п}(G_{п} - 0,9G_2)}{G_d}, \quad (10)$$

Температура продуктов горения  $T_{ок}$ , выходящих из очага пожара в коридор, вычисляется по формуле (11):

$$T_{ок} = 0,65 - T_{ом} \quad (11)$$

Плотность дыма и воздуха определяется по температуре по формуле (12):

$$\rho = 353/T. \quad (12)$$

Потеря давления в клапане дымоудаления вычисляется по формуле

$$\Delta P_{кд} = \varepsilon_{кд} \frac{\rho_d u_d^2}{2}, \quad (13)$$

Где  $\varepsilon_{кд}$  - коэффициент сопротивления клапана дымоудаления.

Площадь клапана дымоудаления  $f_{кд}$  выбирается такой, чтобы скорость воздуха в нем не превышала 20 м×с<sup>-1</sup> (при условии ограничения гидравлических сопротивлений). Скорость дыма в клапане дымоудаления рассчитывается по формуле:

$$u_d = \frac{G_d}{\rho_d f_{кд}}, \quad (14)$$

Средняя по высоте шахты дымоудаления температура дыма определяется по формуле (15):

$$t_c = t_3 + (t_d - t_3) \frac{1 - l^{-0,0725 N h_{эт}}}{N h_{эт}}, \quad (15)$$

Где  $t_3$  - температура в здании, °С;

$N$  - число этажей;

$h_{\text{эт}}$  - высота этажа, м, или по формуле упрощенного вида с максимальной погрешностью  $\pm 10$  °С:

$$t_c = t_3 + (t_0 - t_3)(0,526 - 0,0049Nh_{\text{эм}}) \quad (16)$$

Для жилых 10-16-этажных зданий с высотой этажа 2,7-3,0 м средняя температура дыма вычисляется по формуле (17):

$$t_c = 13 + 0,34t_{\text{д.7}} \quad (17)$$

Расход воздуха  $G_{\text{ф}}$  в шахту дымоудаления за счет инфильтрации зависит от воздухопроницаемости стен шахты и закрытых клапанов дымоудаления. При отсутствии экспериментальных данных о величине  $G_{\text{ф}}$  ее следует принимать не менее  $0,11 \text{ кг} \times \text{с}^{-1}$  на один погонный метр длины шахты.

Потеря давления в шахте дымоудаления определяется по формуле:

$$\Delta P_{\text{шд}} = \left[ G_{\text{д}}^2 (N - 1) + G_{\text{д}} G_{\text{ф}} h_{\text{эт}} (N - 1)^2 + \frac{G_{\text{ф}}^2 h_{\text{эт}}}{3} (N - 1)^3 \right], \quad (18)$$

Где  $\varepsilon_{\text{шд}}$  - коэффициент сопротивления трению на поверхности стен шахты дымоудаления;

$\rho_c$  - плотность дыма при  $t_c$ ,  $\text{кг} \times \text{м}^{-3}$ ;

$f_{\text{шд}}$  - площадь внутреннего поперечного сечения шахты дымоудаления;  $\text{м}^2$ ;

$d_3$  - эквивалентный диаметр шахты дымоудаления, м;

$N$  - количество этажей, здания.

Если  $h_{\text{эт}}^3 > 3,3$  м, в формулу (19) следует подставить приведенное число этажей, составляющее  $N_{\text{пр}} = h_{\text{эт}} N / 3$ .

Давление, которое должен развивать вентилятор дымоудаления, вычисляется по формуле:

$$P_{\text{вд}} = \Delta P_{\text{кд}} + \Delta P_{\text{шд}} + \Delta P_{\text{сети}} + \Delta P_{\text{п}}. \quad (20)$$

Потеря давления в обвязке вентилятора дымоудаления  $\Delta P_{\text{сети}}$  определяется в зависимости от ее конструктивного

исполнения. Потеря давления  $\Delta P_{\text{п}}$  от коридора до входа в здание, при наличии подпора в защищаемых объемах и коридора, не разделенного на отсеки, принимаются равными нулю. В противном случае  $\Delta P_{\text{п}}$  рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_{\text{п}} = \frac{G_{\text{п}}^2}{(\mu f)_3^2} + 1,4 \frac{\rho_{\text{н}} u_{\text{в}}^2}{2}, \quad (21)$$

Где  $(\mu f)_3$  - эквивалентная площадь проемов от коридора до входа в здание (этаж здания),  $\text{м}^2$ ;

$\rho_{\text{н}}$  - плотность наружного воздуха,  $\text{кг} \times \text{м}^{-3}$ ;

$u_{\text{в}}$  - скорость ветра,  $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ .

Если воздух проходит через несколько последовательно соединенных проемов, то их эквивалентная площадь определяется по формуле;

$$(\mu f)_3 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{(\mu f)_1^2} + \frac{1}{(\mu f)_2^2} + \dots + \frac{1}{(\mu f)_n^2}}}, \quad (22)$$

Если воздух проходит через несколько параллельных проемов, то их эквивалентная площадь вычисляется по формуле

$$(\mu f)_3 = (\mu f)_1 + (\mu f)_2 + \dots + (\mu f)_n. \quad (23)$$

Вентилятор дымоудаления выбирается по каталогам в соответствии с вычисленными величинами подачи и давления. Подача вентилятора дымоудаления определяется по формуле:

$$Q_{\text{вд}} = G_{\text{ошд}} / r_{\text{с}}. \quad (24)$$

В системе дымоудаления следует устанавливать вентиляторы только центробежного (радиального) типа. Выброс дыма должен быть факельным (через конфузор, выходное сечение которого должно обеспечить скорость истечения не менее  $20 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ ).

Расчет вентиляторов подпора в лестничные клетки и шахты лифтов начинается с определения расчетных наружных давлений по формуле:

$$P_{iH(3)} = -gh_i(r_H - r_B) + K_{H(3)} \frac{\rho_H u_B^2}{2}, \quad (25)$$

Где  $h_i$  - высота от уровня земли до середины  $i$ -го проема, м;

$K_{H(3)}$  - аэродинамический коэффициент наветренного (заветренного) фасадов здания ( $K_H = 0,8$ ;  $K_3 = -0,6$ ).

Давление на первом этаже лестничной клетки (зоны лестничной клетки при наличии рассечек с переходом через наружную зону) определяется по формуле (26):

$$P_{лк,1} = P_{1,н} + \chi_{п} \frac{\rho_{п} u_{п}^2}{2}, \quad (26)$$

Где  $\chi_{п}$  - коэффициент гидравлического сопротивления дверного проема из поэтажного коридора в защищаемый объем.

Расход воздуха через открытую входную дверь здания рассчитывается по формуле:

$$G_{вх} = (mf)_{э} \sqrt{2\rho_{п}(P_{лк,1} - P_{вх})} \quad (27)$$

Где  $(mf)_{э}$  - эквивалентная площадь всех проемов на пути от защищаемого объема до входа в здание, м<sup>2</sup>;

$P_{вх}$  - давление на заветренном фасаде здания на уровне середины входной двери, Па.

Давление на втором и последующих  $i$ -х этажах лестничной клетки вычисляется через сумму расходов с первого,  $(i - 1)$ -го этажа. Давление на первом,  $(i - 1)$ -м этаже и перепад давления между первым,  $(i - 1)$ -м и вторым,  $i$ -м этажом определяются по формулам:

$$P_{лк,2} = P_{лк,1} + \chi_{лк} \frac{\rho_{п} u_{лк,2}^2}{2}, \quad (28)$$

$$P_{лк,i} = P_{лк,i-1} + \chi_{лк} \frac{\rho_{п} u_{лк,i}^2}{2}, \quad (29)$$

Где  $x_{\text{лк}}$  - коэффициент гидравлического сопротивления одного этажа лестничной клетки (для двухмаршевой лестничной клетки следует принимать  $x_{\text{лк}} = 60$ )

$u_{\text{лк},i}$  - скорость воздуха между  $i$ -м и  $(i - 1)$ -м этажом лестничной клетки,  $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ .

Скорость воздуха в лестничной клетке определяется по формуле (30):

$$u_{\text{лк},i} = G_{\text{лк},i} / (x_{\text{лк}} f_{\text{лк}}), \quad (30)$$

Где  $G_{\text{лк},i}$  - расход воздуха, поступающего с  $i$ -го на  $(i - 1)$ -й этаж,  $\text{кг} \times \text{с}^{-1}$ ;

$f_{\text{лк}}$  - площадь внутреннего поперечного сечения шахты лестничной клетки,  $\text{м}^2$ .

Расход воздуха со второго этажа на первый равен сумме расходов  $G_{\text{п}}$  и  $G_{\text{вх}}$ . Расход воздуха с  $i$ -го на  $(i - 1)$ -й этаж равен сумме расходов воздуха, уходящего с  $(i - 1)$ -го этажа на  $(i - 2)$ -й этаж и фильтрующегося через ограждающие конструкции  $(i - 1)$ -го этажа. Для упрощения расчетов достаточно учитывать фильтрацию воздуха только через щели притворов окон и дверей лестничной клетки:

$$G_{\text{лк},1} = G_{\text{п}} + G_{\text{вх}} + G_{0,1}, \quad (31)$$

$$G_{\text{лк},i} = G_{\text{лк},i-1} + G_{\text{щ},i-1} + G_{0,i-1}, \quad (32)$$

Расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей, вычисляется по формуле:

$$G_{\text{щ},i} = (mf)_{\text{э}} \sqrt{2\rho_{\text{п}}(P_{\text{лк},i} - P_{i,\text{э}})}, \quad (33)$$

Расход воздуха через щели окон - по формуле:

$$G_{0,i} = J_{\text{о}} \sqrt{P_{\text{лк},i} - P_{i,\text{э}}}, \quad (34)$$

Расчет воздушного режима в шахте лифтов аналогичен расчету режима в лестничных клетках, за исключением того, что давление на первом этаже шахты лифтов определяется по формуле:

$$P_{\text{шл},1} = P_{\text{шл},i} = P_{\text{шл},N} = P_{1,\text{н}} + 20, \quad (35)$$

Если двери шахты закрыты. Если при пожаре лифты опускаются на 1-й этаж и двери шахты лифтов на нем остаются открытыми, то давление в шахте лифтов рассчитывается по формуле:

$$P_{\text{шл},1} = P_{\text{шл},i} = P_{\text{шл},N} = P_{1,\text{н}} + \chi_{\text{п}} \frac{\rho_{\text{п}} u_{\text{щ}}^2}{2}, \quad (36)$$

Где  $u_{\text{щ}}$  - скорость воздуха в щели между шахтой и кабиной лифта,  $\text{м} \times \text{с}^{-1}$  (принимать равной  $2,1 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$ ).

Последние формулы учитывают тот факт, что падение давления по высоте шахты лифтов невелико, поэтому с достаточной для расчета точностью потерями давления в шахте можно пренебречь.

Давление, которое должен развивать вентилятор подпора в зоне лестничной клетки (шахте лифтов), вычисляется по формуле:

$$P_{\text{влк}} = P_{\text{лк},N} - P_{\text{вз}} + \Delta P_{\text{кпп}} + \Delta P_{\text{кан}} + \Delta P_{\text{сети}}, \quad (37)$$

Где  $P_{\text{лк},N}$  - давление на верхнем этаже зоны лестничной клетки, Па;

$P_{\text{вз}}$  - давление снаружи здания на уровне воздухозабора вентилятора, создающего подпор в лестничной клетке, Па;

$\Delta P_{\text{кпп}}$  - па-донне давления на клапане подачи воздуха в верхнюю часть зоны лестничной клетки, Па;

$\Delta P_{\text{кан}}$  - падение давления в канале подачи воздуха в зону лестничной клетки, Па;

$\Delta P_{\text{сети}}$  - потери давления в обвязке вентилятора подпора, Па.

Подача вентилятора подпора в лестничную клетку или шахту лифтов рассчитывается по формулам:

$$Q_{\text{влк}} = \frac{G_{\text{лк},N}}{\rho_{\text{н}}} \quad (38)$$

$$Q_{\text{вл}} = \frac{\sum_1^N G_{\text{ш},i} + \sum_1^N G_{\text{ул},i}}{\rho_{\text{н}}} \quad (39)$$

Где  $G_{ут,i}$  - утечки воздуха через неплотности лифтовых шахт,  $\text{кг}\times\text{с}^{-1}$ .  
Последняя величина в эквивалентном выражении может быть приравнена к утечкам воздуха  $G_{мл}$  через машинное отделение шахты лифтов.

$$\sum_{i=1}^N G_{ут,i} = G_{мл}.$$

Величина  $G_{мл}$  вычисляется по формуле (40):

$$G_{мл} = \mu f_{мл} \sqrt{2\rho_{п}(P_{шл,N} - P_{N,з})}, \quad (40)$$

Где  $f_{мл}$  - площадь отверстий для тросов лифтов, м (для шахты на два лифта при отсутствии сведений принимать  $f_{мл} = 0,25 \text{ м}^2$ ).

При расчете вентиляционных систем подпора воздуха зонированных лестничных клеток следует учитывать особенности исполнения рассечек. При наличии переходов из одной зоны лестничной клетки в другую через объем этажа в расчете необходимо принимать открытой нижнюю дверь из зоны в объем этажа. Если переход из одной зоны в другую осуществляется по лоджиям или балконам, в дополнение к указанному условию дверь следует принимать открытой на наружный переход внизу зоны. В обоих случаях давление в лестничной клетке на нижнем этаже зоны рассчитывается по формуле (26). Переход из одной зоны в другую следует предусматривать через тамбур-шлюз.

Для создания подпора в зонах лестничной клетки воздух необходимо подавать сверху в каждую из зон. Расход воздуха на оголовке канала для подачи воздуха в зону вычисляется по формуле:

$$G_{лк} = G_{лкз} + h_{эт}N_k - G_{ф}, \quad (41)$$

Где  $G_{лкз}$  - расход воздуха, подаваемого в зону лестничной клетки для создания в ней заданного давления,  $\text{кг}\times\text{с}^{-1}$ ;

$N_k$  - число этажей, через которые проходит канал;

$G_{ф}$  - расход воздуха, уходящего через стены канала,  $\text{кг}\times\text{с}^{-1}\times\text{м}^{-1}$ ; (при отсутствии данных принимать  $G_{ф} = 0,05 \text{ кг}\times\text{с}^{-1}\times\text{м}^{-1}$ ).

Потери давления в канале, подающем воздух в зону, следует рассчитывать по формуле:

$$\Delta P_{\text{ка}} = \varepsilon_{\text{кан}} \frac{\rho_{\text{п}} u_{\text{кан}}^2}{2} * \frac{l_{\text{кан}} \Pi_{\text{кан}}}{4 f_{\text{кан}}} \quad (42)$$

где  $\varepsilon_{\text{кан}}$  - коэффициент сопротивления трения на поверхности стен канала для подачи воздуха;

$u_{\text{кан}}$  - средняя скорость воздуха в канале,  $\text{м} \times \text{с}^{-1}$ ;

$l_{\text{кан}}$  - длина канала, м;

$\Pi_{\text{кан}}$  - периметр внутреннего поперечного сечения канала, м.

Внутреннее поперечное сечение шахты дымоудаления и каналов для подачи воздуха следует выбирать таким, чтобы средняя скорость движения газов не превышала  $15 \text{ м} \times \text{с}^{-1}$  (исходя из условия незначительного возрастания гидравлического сопротивления шахты):

$$u_{\text{ш}} = \frac{G_{\text{ш,н}} + G_{\text{ш,к}}}{2 \rho_{\text{с}} f_{\text{ш}}} \quad (43)$$

Где  $G_{\text{ш,н}}$ ,  $G_{\text{ш,к}}$  - массовый расход воздуха соответственно в начале и в конце шахты (канала),  $\text{кг} \times \text{с}^{-1}$ ;

$\rho_{\text{с}}$  - средняя плотность газов в шахте (канале),  $\text{кг} \times \text{м}^{-3}$ ;

$f_{\text{ш}}$  - площадь внутреннего поперечного сечения шахты (канала),  $\text{м}^2$ .

Вентиляторы систем противодымной защиты зданий выбираются по каталогам с учетом вычисленных значений давления и подачи воздуха.

Вывод: Большое количество пожаров, так же как и большая часть гибели людей, приходится на жилой сектор. Чаще всего пожары возникающие в общественных здания случаются по вине самого человека. Распространенная причина это неправильное обращение с огнем. Существует множество пожарных сигнализаций и систем автоматического пожаротушения. Системы необходимы для обнаружения пожара на самых ранних стадиях его зарождения. Так же существуют системы дымоудаления, которые не только удаляют дым из здания при возникновении пожара, но и с помощью этой

системы так же создаются условия для безопасной эвакуации людей, освобождение здания от дыма и токсичных продуктов горения, подача приточного воздуха во время пожара.

## 2 Объект и методы исследования

Предметом исследования являются существующие и возможные перспективные состояния инженерно-технических составляющих обеспечения пожарной безопасности в организации ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь». В частности, основная направленность исследования сосредоточена на создание условий быстрой, своевременной и безопасной эвакуации людей из здания гостиницы в случае возникновения там пожара, путем создания комплексной системы противодымной защиты объекта.

Гостиница расположена в городе Юрга, Кемеровской области по адресу ул. Проспект Победы № 15, в зоне выезда пожарной части № 1 ФГКУ «17 отряд ФПС по Кемеровской области». ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь» 1984 года постройки, кирпичное здание, имеет девять этажей, прилегает к пяти этажному жилому дому. Технические решения при строительстве соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм.

Назначение здания: жилой дом. Объект с постоянным пребыванием людей. Относится ко II степени огнестойкости; определение на основании данных 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

Основные характеристики здания:

- наружные стены здания выполнены из кирпича с гипсовой облицовкой: предел огнестойкости – 120 минут, потеря несущей способности. Мало пожароопасный.

- перегородки кирпичные: предел огнестойкости – 120 минут, потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности. Мало пожароопасный.

- перекрытия железобетонные: предел огнестойкости – 60 минут, потеря несущей способности, потеря целостности, потеря теплоизолирующей способности. Мало пожароопасный.

- кровля на бетонной стяжке: предел огнестойкости – 30 минут, потеря несущей способности, потеря целостности. Мало пожароопасный.

- лестничные клетки: предел огнестойкости – 60 минут, потеря несущей способности, потеря целостности. Мало пожароопасный.

- перегородки и перекрытия железобетонные: по горючести относятся к группе негорючих (НГ).

- кровля с мягкой битумной основой на бетонной стяжке: по горючести относится к сильно горючей, по воспламеняемости - сильно воспламеняемой, распространение пламени по поверхности - сильно распространяющиеся, дымообразующая способность - высокая, токсичность – высокоопасная.

- лестничные клетки железобетонные по горючести относятся к группе НГ.

Предел огнестойкости и вид противопожарных преград:

Стены:

- тип противопожарных преград – 2;
- предел огнестойкости – 45 мин.;
- тип заполнения проемов - окна, двери.

Перегородки:

- тип противопожарных преград – 1;
- предел огнестойкости – 45 мин.;
- тип заполнения проемов - двери.

Перекрытия:

- тип противопожарных преград – 1;
- предел огнестойкости – 60 мин.

В здании предусматривается приточно-вытяжная вентиляция с естественным побуждением. Система дымоудаления отсутствует. Воздухообмены в помещениях приняты по кратностям и расчетам, согласно

строительных норм и правил. Естественная вытяжка воздуха производится через вертикальные воздуховоды. Предусмотрена автоматизация приточных установок.

Отопление центральное от ТЭЦ на твердом топливе. Водопровод от центральной сети. Канализация – центральная. Электроснабжение – от центральной сети 220 В. Телефон – связь местная и городская.

Основные элементы, опасные для жизни для людей:

- отравление продуктами горения, разложения;
- воздействия высокой температуры;
- поражение электрическим током;

Класс конструктивной пожарной опасности строительных конструкций исследуемого здания – С0 соответствуют требованиям.

На объекте предусмотрены конструктивные, объемно-планировочные и инженерно-технические решения, обеспечивающие в случае пожара:

- возможность эвакуации людей наружу на прилегающую к зданию территорию до наступления угрозы их жизни и здоровью вследствие воздействия опасных факторов пожара; возможность спасения людей;

- возможность доступа личного состава подразделений пожарной охраны и подачи средств пожаротушения к очагу пожара, а также проведения мероприятий по спасению людей и материальных ценностей;

- нераспространение пожара на рядом расположенные здания, в том числе при обрушении горящего здания.

Гостиница на первом этаже имеет 1 основной и 1 запасной выход. Эвакуация с этажей здания предусматривается по лестничной клетке типа Л1. На 3 этаже здания имеется 1 эвакуационный выход который находится в отдельной шахте, которой выходит непосредственно на улицу. Выход с верхнего 9 этажа предусмотрен по лестнице, которая проходит по этажам через лоджии до 5 этажа, на лоджиях имеются люки для перехода по данной лестнице с одного этажа на другой. С 5 этажа эвакуация может проходить по навесной лестнице.

Основными путями эвакуации из здания в основном являются:

- основной выход;
- запасной выход;
- лестничные клетки;
- оконные проемы;
- навесная лестница;
- переходная лестница через лоджы;
- эвакуационный выход отдельной шахты.

Методы исследования:

- Анализ текущего состояния пожарной безопасности путем изучения её составляющих в процессе функционирования предприятия;

- Изучение и анализ документов из внутреннего документооборота и входящих документов от надзорных органов;

- Сравнительный анализ текущего состояния дел по обеспечению пожарной безопасности с соответствующими нормативно-правовыми актами;

- Изучение состояния эвакуационных путей и выходов из здания.

Определение степени безопасности эвакуации;

- Прогноз развития пожара на объекте и оценка действия поражающих факторов;

- Поиск и разработка на основе имеющихся возможностей, способов и методов повышения качества проведения эвакуации и в целом улучшения пожарной безопасности.

### 3 Расчеты и аналитика

#### 3.1 Расчет параметров незадымляемой лестничной клетки типа Н2

При работе вентиляционной системы противодымной защиты многоэтажного здания в незадымляемой лестничной клетке типа Н2 и шахтах лифтов создается избыточное по отношению к смежным помещениям и к улице давление. За счет этого часть воздуха, подаваемого в верхнюю часть лестничной клетки и шахты лифта, через щели и неплотности дверей и окон уходит внутрь здания и наружу (рисунок 3.1). Для обеспечения требуемых нормами параметров в лестничную клетку на 1-м этаже здания и в шахту лифта на этом этаже должно поступать определенное количество воздуха.

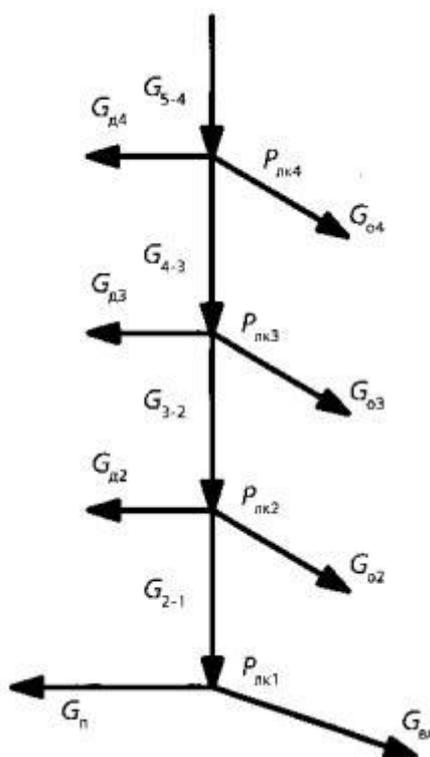


Рисунок 3.1 – Схема расчета параметров вентилятора подпора в незадымляемую лестничную клетку типа Н2

Таблица 3.1 – Исходные данные к расчетам лестничной клетки типа Н2

|   |   |
|---|---|
| Тип здания  | Общественное здание   |
| Этажность здания  | Многоэтажное здание   |
| Решаемая задача   | Расчет параметров вентилятора подпора воздуха в лестничную клетку типа Н2 |
| Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки (°С)   | -40   |
| Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь (м/с)   | 3.8   |
| Температура внутреннего воздуха до начала пожара (°С)   | 23  |
| Количество этажей   | 9   |
| Высота этажа (м)  | 2.5   |
| Высота пола первого этажа над уровнем планировочной отметки земли (м)                                       | 2   |
| Ширина двери из коридора в лестничную клетку (м)  | 1.2   |
| Высота двери из коридора в лестничную клетку (м)  | 2.1   |
| Ширина двери на выходе из здания через одинарный тамбур-шлюз (м)  | 1.3   |
| Высота двери на выходе из здания через одинарный тамбур-шлюз (м)  | 2.2   |
| Площадь пола лестничной клетки (м <sup>2</sup> )  | 12.9  |
| Тип остекления  | Двойное раздельное  |
| Площадь остекления в лестничной клетке (м <sup>2</sup> )  | 8   |
| Высота до воздухозаборного отверстия системы подпора воздуха в лестничную клетку (м)                        | 30  |
| Удельная характеристика сопротивления газопроницанию закрытых дверей лестничной клетки (м <sup>3</sup> /кг) | 7000  |

В соответствии со СП 7.13130.2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования» расчеты следует

проводить при открытых дверях на путях эвакуации из коридоров, холлов или непосредственно из помещений на этаже пожара в лестничную клетку и закрытых остальных дверях здания или при открытых дверях из здания наружу и закрытых дверях из коридоров и холлов на всех этажах.

Таким образом в качестве варианта расчета выбираем: открыта дверь из коридора в лестничную клетку, входная дверь здания и двери лестничной клетки на остальных этажах закрыты. Прочие исходные данные к расчета отражены в таблице 3.1.

Производим расчеты в соответствии с методикой рекомендаций АВОК. Для начала необходимо определить плотность наружного воздуха  $\rho_n$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляются в соответствии с их температурой в наиболее холодный период по формуле:

$$\rho_n = \frac{353}{T_n} = \frac{353}{t_n + 273}, \quad (3.1)$$

Где  $T_n$ ,  $t_n$  – температура наружного воздуха соответственно в К и °С;

$$\rho_n = \frac{353}{-40 + 273} = 1,52 \text{ кг/м}^3.$$

Находим температуру продуктов горения в лестничной клетки, по формуле:

$$T_{\text{п}} = \frac{T_{\text{н}} + T_{\text{в}}}{2}, \quad (3.2)$$

Где  $T_n$  – Температура наружного воздуха наиболее холодные пятидневки;

$T_в$  – Температура внутреннего воздуха до начала пожара.

$$T_{\text{п}} = \frac{-233 + 296}{2} = 264,5 \text{ К}.$$

Определяем плотность приточного воздуха  $\rho_n$ , кг/м<sup>3</sup> по формуле:

$$\rho_n = \frac{353}{T_{\text{п}}}, \quad ($$

3.3)

$$\rho_n = \frac{353}{264,5} = 1,33 \text{ кг/м}^3.$$

Далее необходимо рассчитать наружное давление на заветренном фасаде на уровне воздухоприемного отверстия вентилятора  $P_{нз.в}$ , Па; определяют по формуле:

$$P_{нз.в} = -0,6 \frac{\rho_n + V^e_v}{2} - gh_{вз}(\rho_n - \rho_в), \quad (3.4)$$

Где  $V_в$  – скорость ветра, м/с;

$h_{вз}$  – уровень расположения воздухозаборного отверстия системы подпора в лестничную клетку, м;

$\rho_в$  – плотность воздуха в здании, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

$$P_{нз.в} = -0,6 \frac{1,52 + 3,8}{2} - 9,830(1,52 - 1,44) = -101,46 \text{ Па}.$$

Определяем характеристику сопротивления газопроницанию дверей, 1/(кг·м) по формуле:

$$S_{дв} = \frac{S_{уд}}{(H_n B_n)^2}, \quad (3.5)$$

Где  $S_{уд}$  – удельная характеристика сопротивления газопроницанию закрытых дверей,  $S_{уд} = 7000$  м/кг;

$B_n$  – ширина дверного проема из коридора в лестничную клетку,  $B_n = 1,2$  м;

$H_n$  – высота дверного проема из коридора в лестничную клетку,  $H_n = 2,1$  м.

$$S_{дв} = \frac{7000}{(2,1 \times 1,2)^2} = 1\,102,291 / (\text{кг} \cdot \text{м}).$$

Массовый расход воздуха, который необходимо подавать из лестничной клетки в коридор этажа пожара для предотвращения выхода продуктов горения через открытый дверной проем,  $G_n$ , кг/с, определяют по формуле:

$$G_n = V_n \rho_n B_n H_n, \quad (3.6)$$

Где  $V_n$  – скорость воздуха в открытом дверном проеме, достаточная для предотвращения выхода продуктов горения в лестничную клетку, м/с;  $V_n = 1,3$  м/с – для жилых зданий;  $V_n = 1,5$  м/с – для общественных зданий;

$$G_n = 1,5 \cdot 1,33 \cdot 1,2 \cdot 2,1 = 5,04 \text{ кг/с.}$$

Расчет вентилятора подпора в незадымляемую лестничную клетку типа Н2 начинается с определения давления на 1-м этаже лестничной клетки. В соответствии с требованиями нормативных документов избыточное по отношению к наветренному фасаду давление на 1-м этаже лестничной клетки  $P_{лк1}$  Па, должно быть не менее 20 Па. Далее выполняются расчеты требуемых параметров для каждого отдельного этажа.

Этаж №1.

Распределения давлений снаружи здания со стороны наветренного  $P_{ннi}$ , заветренного  $P_{нзи}$  фасадов на уровне  $i$ -го, Па, определяют соответственно по формулам:

$$P_{ннi} = 0,4 \rho_n V_n^2 - g h_i (\rho_n - \rho_n), \quad (3.7)$$

$$P_{нзи} = -0,3 \rho_n V_n^2 - g h_i (\rho_n - \rho_n), \quad (3.8)$$

Где  $h_i$  – высота пола  $i$ -го этажа над уровнем планировочной отметки земли, м;

$$P_{нн1} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 2 (1,52 - 1,33) = 5,21 \text{ Па,}$$

$$P_{нз1} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 2 (1,52 - 1,33) = -10,10 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне  $i$ -го этажа  $P_{ej}$ , Па, определяют по формуле:

$$P_{vi} = \frac{P_{ниi} + P_{нзи}}{2}, \quad (3.9)$$

$$P_{в1} = \frac{5.21 + (-10.10)}{2} = -2.45 \text{ Па}$$

Таким образом, давление на первом этаже лестничной клетки рассчитываем по формуле:

$$P_{лк} = P_{ни} + 20, \quad (3.10)$$

$$P_{лк1} = 5.21 + 20 = 25.21 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, поступающего на 1-й этаж лестничной клетки со 2-го,  $G_{2-1}$ , кг/с, определяют по формуле:

$$G_{2-1} = G_n + G_{ex}, \quad (3.11)$$

Где  $G_{ex}$  – массовый расход воздуха из лестничной клетки наружу через открытую входную дверь здания. В нашем случае  $G_{ex} = 0$  кг/с;

$$G_{2-1} = 5.04 + 0 = 5.04 \text{ кг/с} \quad (3.12)$$

Этаж №2.

Распределения давлений на 2 этаже выполняется аналогично расчету для 1 этажа по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ни2} = 0.4 \cdot 1.55 \cdot 3.8^2 - 9.8 \cdot 4.5(1.52 - 1.33) = 0.79 \text{ Па,}$$

$$P_{нз2} = -0.3 \cdot 1.52 \cdot 3.8^2 - 9.8 \cdot 4.5(1.52 - 1.33) = -14.53 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 2-го этажа по формуле (3.9):

$$P_{в2} = \frac{0.79 + (-14.53)}{2} = -6.87 \text{ Па}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 2-го этажа  $P_{лк2}$ , Па, определяют по формуле:

$$P_{лк2} = P_{лк1} + \frac{30G_{2-1}^2}{\rho_n f_{лк}^2}, \quad (3.13)$$

Где  $G_{2-1}$  – массовый расход воздуха, поступающего на 1-й этаж лестничной клетки со 2-го, кг/с;

$f_{лк}$  – площадь пола лестничной клетки, м<sup>2</sup>.

$$P_{лк2} = 25,21 + \frac{30 \cdot 5,04^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 28,65 \text{ Па}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{\partial 2}$  кг/с, определяют по формуле:

$$G_{\partial 2} = \left( \frac{P_{лк2} - P_{\partial 2}}{S_{\partial 2}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3.14)$$

$$G_{\partial 2} = \left( \frac{28,65 - (-6,87)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,18 \text{ кг/с}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 2-м и вышележащих этажах,  $G_{oi}$ , кг/с, определяют по формуле:

$$G_{oi} = J_o f_o (P_{лki} - P_{нzi})^{\frac{1}{2}}, \quad (3.15)$$

Где  $J_o$  – удельная характеристика воздухопроницаемости окон, кг/(с·м·Па<sup>1/2</sup>);  $J_o = 5 \cdot 10^{-3}$  кг/(с·м·Па<sup>1/2</sup>) - для двойного раздельного остекления;

$f_o$  – площадь остекления в лестничной клетке, м<sup>2</sup>.

$$G_{o2} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8 (28,65 - (-14,53))^{1/2} = 0,26 \text{ кг/с}$$

Этаж №3.

Распределения давлений на 3 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{нз3} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 7 (1,52 - 1,33) = -3,64 \text{ Па},$$

$$P_{нз} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 7 (1,52 - 1,33 - 1,33) = -3,64 \text{ Па}$$

Давление внутри здания на уровне 3-го этажа рассчитываем аналогично, по формуле (3.9):

$$P_{в3} = \frac{-3,64 + (-18,95)}{2} = -11,30 \text{ Па}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 3-го этажа  $P_{лк3}$ , Па, определяем по формуле по формуле (3.13), с учетом давления на втором этаже лестничной клетки. При этом учитываем, что массовый расход воздуха в лестничной клетке с 3-го этажа на 2-й  $G_{3,2}$  равен сумме расходов воздуха со 2-го этажа на 1-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 2-м этаже:

$$P_{лк3} = 28,65 + \frac{30 \cdot 5,48^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 32,72 \text{ Па}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{\partial 3}$  кг/с, находим по формуле (3.14):

$$G_{\partial} = \left( \frac{32,72 - (-11,30)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,20 \text{ кг/с}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 3-м,  $G_{o3}$ , кг/с находим аналогично, как и для 2 этажа, по формуле (3.15):

$$G_{o3} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8(32,72 - (-18,95))^{1/2} = 0,29 \text{ кг/с}$$

Этаж №4.

Распределения давлений на 4 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин4} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 9,5(1,52 - 1,33) = -8,06 \text{ Па},$$

$$P_{нз4} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 9,5(1,52 - 1,33) = -23,38 \text{ Па}$$

Давление внутри здания на уровне 4-го этажа рассчитываем аналогично, по формуле (3.9):

$$P_{в4} = \frac{-8,06 + (-23,38)}{2} = -15,72 \text{ Па}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 4-го этажа  $P_{лк4}$ , Па, определяем по формуле по формуле (3.13), с учетом давления на третьем этаже лестничной клетки. При этом учитываем, что массовый расход воздуха в лестничной клетке с 3-го этажа на 4-й  $G_{4,3}$  равен сумме расходов воздуха со 3-го этажа на 2-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 3-м этаже:

$$P_{лк4} = 32,72 + \frac{30 \cdot 5,97^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 37,54 \text{ Па}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{\partial 4}$  кг/с, находим по формуле (3.14):

$$G_{\partial 4} = \left( \frac{37,54 - (-15,72)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,22 \text{ кг/с}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 4-м,  $G_{o4}$ , кг/с находим по формуле (3.13):

$$G_{o4} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8(37,54 - (-23,38))^{1/2} = 0,31 \text{ кг/с}$$

Этаж 5.

Распределения давлений на 5 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин5} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 12(1,52 - 1,33) = -12,49 \text{ Па,}$$

$$P_{нз5} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 12(1,52 - 1,33) = -27,82 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 5-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{в5} = \frac{-12,49 + (-27,82)}{2} = -20,15 \text{ Па}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 5-го этажа  $P_{лк5}$ , Па, определяем по формуле по формуле (3.13), с учетом давления на четвертом этаже лестничной клетки. При этом учитываем, что массовый расход воздуха в лестничной клетке с 5-го этажа на 4-й  $G_{5,4}$  равен сумме расходов воздуха со 4-го этажа на 3-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 4-м этаже:

$$P_{лк5} = 37,54 + \frac{30 \cdot 6,50^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 43,26 \text{ Па}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{\partial 5}$  кг/с, находим по формуле (3.14):

$$G_{\partial 5} = \left( \frac{43,26 - (-20,15)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,24 \text{ кг/с}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 5-м этаже,  $G_{o5}$ , кг/с, по формуле (3.13):

$$G_{o5} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8(43,26 - (-27,80))^{1/2} = 0,34 \text{ кг/с}$$

Этаж 6.

Распределения давлений на 6 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{н6} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 14,5(1,52 - 1,33) = -16,91 \text{ Па},$$

$$P_{нз6} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 14,5(1,52 - 1,33) = -32,23 \text{ Па}$$

Давление внутри здания на уровне 6-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{в6} = \frac{-16,91 + (-32,23)}{2} = -24,57 \text{ Па}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 6-го этажа  $P_{лк6}$ , Па, определяем по формуле по формуле (3.13), с учетом давления на пятом этаже лестничной клетки. При этом учитываем, что массовый расход воздуха в лестничной клетке с 6-го этажа на 5-й  $G_{6,5}$  равен сумме расходов воздуха со 5-го этажа на 4-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 5-м этаже:

$$P_{лк6} = 43,26 + \frac{30 \cdot 7,08^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 50,03 \text{ Па}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{d6}$  кг/с, находим по формуле (3.14):

$$G_{d6} = \left( \frac{50,03 - (-24,57)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,26 \text{ кг/с}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 6-м этаже,  $G_{o6}$ , кг/с находим по формуле (3.15):

$$G_{o6} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8(50,03 - (-32,23))^{1/2} = 0,36 \text{ кг/с}$$

Этаж 7.

Распределения давлений на 7 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{\text{нн}7} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 17(1,52 - 1,33) = -21,34 \text{ Па}$$

$$P_{\text{нз}7} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 17(1,52 - 1,33) = -36,65 \text{ Па}$$

Давление внутри здания на уровне 7-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{\text{в}7} = \frac{-21,34 + (-36,65)}{2} = -29,00 \text{ Па}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 7-го этажа  $P_{\text{лк}7}$ , Па, определяем по формуле по формуле (3.13), с учетом давления на шестом этаже лестничной клетки. При этом учитываем, что массовый расход воздуха в лестничной клетке с 7-го этажа на 6-й  $G_{7,6}$  равен сумме расходов воздуха со 6-го этажа на 5-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 6-м этаже:

$$P_{\text{лк}7} = 50,03 + \frac{30 \cdot 7,70^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 58,06 \text{ Па}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{\text{д}7}$  кг/с, находим по формуле (3.14):

$$G_{\text{д}7} = \left( \frac{58,06 - (-29,00)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,28 \text{ кг/с}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 7-м этаже,  $G_{\text{о}7}$ , кг/с находим по формуле (3.15):

$$G_{\text{о}7} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8(58,06 - (-36,65))^{1/2} = 0,39 \text{ кг/с}$$

Этаж 8.

Распределения давлений на 8 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{\text{нн}8} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 19,5(1,52 - 1,33) = -25,76 \text{ Па}$$

$$P_{\text{нз}8} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 19,5(1,52 - 1,33) = -41,08 \text{ Па}$$

Давление внутри здания на уровне 7-го этажа рассчитываем по формуле (3.8):

$$P_{в8} = \frac{-25,76 + (-41,08)}{2} = -33,42 \text{ Па}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 8-го этажа  $P_{лк8}$ , Па, определяем по формуле по формуле (3.13), с учетом давления на седьмом этаже лестничной клетки. При этом учитываем, что массовый расход воздуха в лестничной клетке с 8-го этажа на 7-й  $G_{8,7}$  равен сумме расходов воздуха со 7-го этажа на 6-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей на 7-м этаже:

$$P_{лк8} = 58,06 + \frac{30 \cdot 8,37^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 67,53 \text{ Па}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{\partial8}$  кг/с, находим по формуле (3.14):

$$G_{\partial8} = \left( \frac{67,53 - (-33,42)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,30 \text{ кг/с}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 8-м этаже,  $G_{o8}$ , кг/с находим по формуле (3.15):

$$G_{o8} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8(67,53 - (-41,08))^{1/2} = 0,42 \text{ кг/с.}$$

Этаж 9.

Распределения давлений на 9 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин9} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 22(1,52 - 1,33) = -30,19 \text{ Па,}$$

$$P_{нз9} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 22(1,52 - 1,33) = -45,50 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 9-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{в9} = \frac{-30,19 + (-45,50)}{2} = -37,85 \text{ Па.}$$

Давление в лестничной клетке на уровне 9-го этажа  $P_{лк9}$ , Па, определяем по формуле по формуле (3.13), с учетом давления на восьмом этаже лестничной клетки. При этом учитываем, что массовый расход воздуха в лестничной клетке

с 9-го этажа на 8-й  $G_{9,8}$  равен сумме расходов воздуха со 8-го этажа на 7-й и расхода воздуха, фильтрующегося через щели дверей и окон на 8-м этаже:

$$P_{лк9} = 67,53 + \frac{30 \cdot 9,09^2}{1,33 \cdot 12,9^2} = 78,71 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели дверей внутрь здания,  $G_{д9}$  кг/с, находим по формуле (3.14):

$$G_{д9} = \left( \frac{78,71 - (-37,85)}{1102,29} \right)^{1/2} = 0,33 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из лестничной клетки наружу на 9-м этаже,  $G_{о9}$ , кг/с находим по формуле (3.15):

$$G_{о9} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 8 (78,71 - (-45,50))^{\frac{1}{2}} = 0,45 \text{ кг/с.}$$

Расчет по этажам закончен.

Последний этап расчетов заключается в определении расхода воздуха, который необходимо подавать в верхнюю часть лестничной клетки для создания подпора при пожаре,  $L_{лк}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяют по формуле:

$$L_{лк} = \frac{3600 G_{лк}}{\rho_n}, \quad (3.1) \quad 6)$$

Где  $G_{лк}$  – массовый расход воздуха, подаваемый в лестничную клетку, кг/с, равен сумме расходов воздуха с 9-го этажа на 8-й и расхода воздуха фильтрующегося через щели дверей и окон на 9-м этаже.

$$G_{лк} = 9,09 + 0,33 + 0,45 = 9,87 \text{ кг/с,}$$

$$L_{лк} = \frac{3600 \cdot 9,87}{1,52} = 23446,47 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

И соответственно давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в лестничную клетку,  $P_{вент}$ , Па, определяют по формуле:

$$P_{вент} = P_{лк3} - P_{из.в} + \Delta P_{сети}, \quad (3.1) \quad 7)$$

Где  $P_{лкN}$  – давление на верхнем этаже лестничной клетки, Па;

$\Delta P_{сети}$  – потери давления в сети обвязки вентилятора от воздухозаборного отверстия до объема лестничной клетки, Па.

$$P_{вент} = 78,71 - (-101,46 + \Delta P_{сети}) = 280,17 + \Delta P_{сети}.$$

Определив давление, необходимое для создания избыточного давления в лестничной клетке и соответственно которое должен обеспечивать вентилятор подпора воздуха, получаем возможность подбора необходимого вентиляционного оборудования. На этом расчет параметров незадымляемой лестничной клетки Н2 закончен.

### 3.2 Расчет параметров незадымляемого лифта

Схема расчета параметров вентилятора подпора в шахту лифта приведена на рисунке 3.2

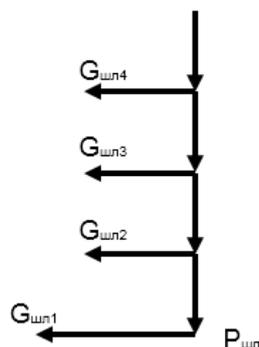


Рисунок 3.2 – Схема расчета параметров вентилятора подпора в шахту лифта

При расчете незадымляемого лифта учитываем, что параметры здания, и климатические условия остаются неизменными и отражены в таблице 3.1.

Параметры лифта отражены в таблице 3.2.

Таблица – 3.2 Исходные данные к расчетам вентиляционного подпора в шахту лифта.

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Ширина дверей шахты лифта (м) | 0.65 |
| Высота дверей шахты лифта (м) | 2.18 |

|  |                   |
|--|-------------------|
| Тип лифта  | Пассажирский лифт |
| Система подпора воздуха  |                   |
| Высота до воздухозаборного отверстия системы подпора воздуха в шахту лифта (м)                         | 30                |
| Удельная характеристика сопротивления газопрооницанию закрытых дверей шахты лифта (м <sup>3</sup> /кг) | 7000              |

$$\rho_n = \frac{353}{-40} + 273 = 1,52 \text{ кг/м}^3,$$

$$T_n = \frac{-233 + 296}{2} = 264,5 \text{ К},$$

$$\rho_n = \frac{353}{264,5} = 1,33 \text{ кг/м}^3,$$

$$P_{нз.в} = -0,6 - 9,830(1,52 - 1,44) = -101,46 \text{ Па},$$

Определяем характеристику сопротивления газопрооницанию дверей, 1/(кг·м) по формуле (3.5):

$$S_{дв} = \frac{7000}{(2,18 \cdot 0,65)^2} = 3 \text{ 486,251 / (кг} \cdot \text{м)}.$$

Этаж 1.

Распределения давлений снаружи здания со стороны наветренного  $P_{ниi}$ , заветренного  $P_{нзи}$  фасадов на уровне  $i$ -го, Па, определяют по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ни1} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 2 (1,52 - 1,33) = 5,21 \text{ Па},$$

$$P_{нз1} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 2 (1,52 - 1,33) = -10,10 \text{ Па}.$$

Давление внутри здания на уровне  $i$ -го этажа  $P_{вi}$ , Па, определяют по формуле (3.9):

$$P_{в1} = \frac{5,21 + (-10,10)}{2} = -2,45 \text{ Па}.$$

Массовый расход воздуха, уходящего через щель между кабиной и шахтой лифта на 1-м этаже,  $G_{шл1}$ , кг/с, определяют по формуле:

$$G_{шл1} = (\mu\delta\Pi)_{шл1} (2\rho_n \Delta P_{шл1})^{\frac{1}{2}}, \quad (3.1)$$

8)

Где  $\mu$  – коэффициент расхода щели между кабиной и шахтой лифта, принимают равным 0,64;

$\delta$  – ширина щели между кабиной и шахтой лифта. Для пассажирских лифтов принимают равным  $\delta = 0,03$  м;

$\Pi$  – периметр дверей шахты лифта, м;

$\Delta P_{шл1}$  – избыточное давление в шахте лифта на уровне 1-го этажа, принимают равным 20 Па;

$\rho_n$  – то же, что в формуле (3.3).

$$G_{шл1} = (0,64 \cdot 0,03 \cdot 5,66) \cdot (2 \cdot 1,33 \cdot 20)^{\frac{1}{2}} = 0,79 \text{ кг/с.}$$

Давление на первом этаже шахты лифта по формуле (4.10):

$$P_{шл1} = 5,21 + 20 = 25,21 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, удаляемого из шахты лифта наружу через открытую входную дверь здания,  $G_{ex}$ , и массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели и неплотности окон из шахты наружу на этажах,  $G_{oi}$ , кг/с принимаем равными 0.

Этаж №2.

Распределения давлений на 2 этаже выполняется аналогично расчету для 1 этажа по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин2} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 4,5(1,52 - 1,33) = 0,79 \text{ Па,}$$

$$P_{из2} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 4,5(1,52 - 1,33) = -14,53 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 2-го этажа по формуле (3.9):

$$P_{e2} = \frac{0,79 + (-14,53)}{2} = -6,87 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шлi}$ , кг/с, определяют по формуле:

$$G_{шлi} = \left( \frac{P_{шл} - P_{вi}}{S_{дв}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3.1)$$

9)

Где  $P_{шл}$  – давление в шахте лифта, Па. Давление в шахте лифта на уровне 1-го этажа согласно СП 7.13130.2009 должно быть на 20Па выше давления на наветренном фасаде на уровне 1-го этажа  $P_{нн1}$ , Па:

$$P_{шл} = P_{нн1} + 20, \quad (3.2)$$

0)

$$P_{шл} = 5,21 + 20 = 25,21 \text{ Па.}$$

$$G_{шл2} = \left( \frac{25,21 - (-6,87)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,10 \text{ кг/с.}$$

Этаж №3.

Распределения давлений на 3 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{нн3} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 7(1,52 - 1,33) = -3,64 \text{ Па,}$$

$$P_{нз3} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 7(1,52 - 1,33) = -18,95 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шл3}$ , кг/с, определяют по формуле (3.19):

$$G_{шл3} = \left( \frac{25,21 - (-11,30)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,10 \text{ кг/с.}$$

Этаж №4.

Распределения давлений на 4 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{нн4} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 9,5(1,52 - 1,33) = -8,06 \text{ Па,}$$

$$P_{нз4} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 9,5(1,52 - 1,33) = -23,38 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 4-го этажа рассчитываем аналогично, по формуле (3.9):

$$P_{в4} = \frac{-8,06 + (-23,38)}{2} = -15,72 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шл4}$ , кг/с, определяют по формуле (3.19):

$$G_{шл4} = \left( \frac{25,21 - (-15,72)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,11 \text{ кг/с.}$$

Этаж 5.

Распределения давлений на 5 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин5} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 12(1,52 - 1,33) = -12,49 \text{ Па,}$$

$$P_{нз5} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 12(1,52 - 1,33) = -27,82 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 5-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{в5} = \frac{-12,49 + (-27,82)}{2} = -20,15 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шл5}$ , кг/с, определяют по формуле (3.19):

$$G_{шл5} = \left( \frac{25,21 - (-20,15)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,11 \text{ кг/с.}$$

Этаж 6.

Распределения давлений на 6 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин6} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 14,5(1,52 - 1,33) = -16,91 \text{ Па,}$$

$$P_{нз6} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 14,5(1,52 - 1,33) = -32,23 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 6-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{e6} = \frac{-16,91 + (-32,23)}{2} = -24,57 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шл6}$ , кг/с, определяют по формуле (3.19):

$$G_{шл6} = \left( \frac{25,21 - (-24,57)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,12 \text{ кг/с;}$$

Этаж 7.

Распределения давлений на 7 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин7} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 17(1,52 - 1,33) = -21,34 \text{ Па,}$$

$$P_{из7} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 17(1,52 - 1,33) = -36,65 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 7-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{e7} = \frac{-21,34 + (-36,65)}{2} = -29,00 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шл7}$ , кг/с, определяют по формуле (3.19):

$$G_{шл7} = \left( \frac{25,21 - (-29,00)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,12 \text{ кг/с.}$$

Этаж 8.

Распределения давлений на 8 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин8} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 19,5(1,52 - 1,33) = -25,76 \text{ Па,}$$

$$P_{из8} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 19,5(1,52 - 1,33) = -41,08 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 7-го этажа рассчитываем по формуле 3,9:

$$P_{e8} = \frac{-25,76 + (-41,08)}{2} = -33,42 \text{ Па.}$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шл8}$ , кг/с, определяют по формуле (3.19):

$$G_{шл8} = \left( \frac{25,21 - (-33,42)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,13 \text{ кг/с};$$

Этаж 9.

Распределения давлений на 9 этаже выполняется по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{ин9} = 0,4 \cdot 1,55 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 22(1,52 - 1,33) = -30,19 \text{ Па},$$

$$P_{нз9} = -0,3 \cdot 1,52 \cdot 3,8^2 - 9,8 \cdot 22(1,52 - 1,33) = -45,50 \text{ Па}.$$

Давление внутри здания на уровне 9-го этажа рассчитываем по формуле (3.9):

$$P_{e9} = \frac{-30,19 + (-45,50)}{2} = -37,85 \text{ Па}.$$

Массовый расход воздуха, фильтрующегося через щели закрытых дверей шахты лифта,  $G_{шл9}$ , кг/с, определяют по формуле (3.19):

$$G_{шл9} = \left( \frac{25,21 - (-37,85)}{3486,25} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,13 \text{ кг/с}.$$

Расчет по этажам закончен.

Последний этап расчетов заключается в определении расхода воздуха, который необходимо подавать в верхнюю часть шахты лифта для создания подпора при пожаре,  $L_{шл}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяют по формуле (3.16):

$$L_{шл} = \frac{3600 \times 1,76}{1,52} = 4094,31 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

И соответственно давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в лестничную клетку,  $P_{вент}$ , Па, определяют по формуле (3.17).

$$P_{вент} = 25,21 - (-101,46 + \Delta P_{сети}) = 126,67 \text{ Па} + \Delta P_{сети}.$$

Определив давление, необходимое для создание избыточного давления в шахте лифта и соответственно которое должен обеспечивать вентилятор подпора воздуха, получаем возможность подбора необходимого вентиляционного оборудование. На этом расчет параметров незадымляемого лифта закончен.

### 3.3 Расчет параметров системы дымоудаления из коридоров и помещений в многоэтажном здании.

Методика расчета системы дымоудаления из коридоров зданий повышенной этажности, коридоров и помещений многоэтажных зданий иллюстрируется схемой рисунка 3.3 [11].

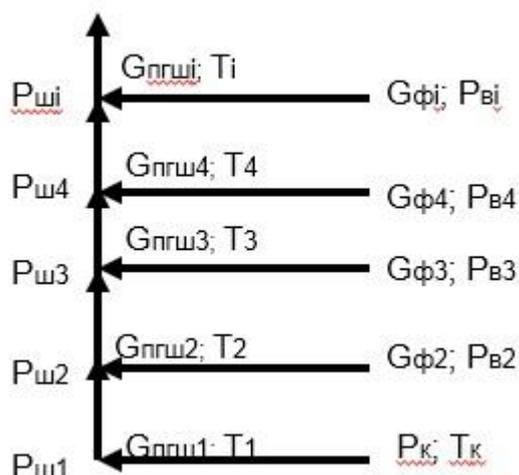


Рисунок 3.3 – Схема расчета параметров вентилятора дымоудаления из многоэтажного здания

Задачей расчета вентиляторов дымоудаления из коридоров и помещений является определение параметров, обеспечивающих требуемые условия на этаже пожара. Исходные данные к расчетам отражены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Исходные данные к расчету систем дымоудаления из коридоров

|   |    |   |
|---|----|---|
| Температура наружного воздуха наиболее тёплой пятидневки (°C) | 7  | 3 |
| Средняя скорость ветра по румбам за июль (м/с)                | .1 | 2 |
| Температура внутреннего воздуха до начала пожара (°C)         | 3  | 2 |

|   |            |   |
|---|------------|---|
| Тип коридора  | гло<br>вой | У |
| Длина коридора (м)  | 2          | 2 |
| Температура продуктов горения (°С)                                      | 60         | 2 |
| Больший из установочных размеров клапана (м)                            | .8         | 0 |
| Меньший из установочных размеров клапана (м)                            | .6         | 0 |
| Ширина проходного сечения шахты дымоудаления (м)                        | .7         | 0 |
| Высота проходного сечения шахты дымоудаления (м)                        | .5         | 0 |
| Высота до выбросного отверстия системы дымоудаления (м)                 | 0          | 3 |
| Расстояние по вертикали от верхнего клапана до выбросного отверстия (м) |            | 2 |
| Материал шахты дымоудаления   | тал<br>ь   | С |
| Коэффициент дисбаланса.   | 0.3        | - |

Исходные данные отражающие параметры здания, а также размеры дверного проема выхода в коридор отражены в таблице 3.1.

Определяем плотность наружного воздуха  $\rho_n$ , кг/м<sup>3</sup>, в соответствии с температурой в наиболее теплый период по формуле (3.1):

$$\rho_n = \frac{353}{37} + 273 = 1,14 \text{ кг/м}^3.$$

Плотности продуктов горения  $\rho_{n2}$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют в соответствии с их температурой по формуле:

$$\rho_{n2} = \frac{353}{t_{n2} + 273}, \quad (3.2) \quad 1)$$

Где  $t_{n2}$  – температура продуктов горения, °С.

$$\rho_{n2} = \frac{353}{260+273} = 0,66 \text{ кг/м}^3.$$

Температуру воздуха в здании при работе системы противодымной защиты  $T_n$ , К, определяют по формуле (3.2):

$$T_n = \frac{310 + 296}{2} = 303,00 \text{ К}.$$

Определяем плотность приточного воздуха  $\rho_n$ , кг/м<sup>3</sup> по формуле (3.3):

$$\rho_n = \frac{353}{303,00} = 1,17 \text{ кг/м}^3.$$

Определяем массовый расход продуктов горения, удаляемых из коридора,  $G_{n2}$ , кг/с, по формуле:

$$G_{n2} = AB_n H_n^{\frac{3}{2}}, \quad (3.2) \quad 2)$$

Где  $A$  - размерный коэффициент  $A = 1,2 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^{5/2})$  - для общественных зданий;

$B_n$  - ширина дверного проема из коридора в лестничную клетку, м;

$H_n$  - высота дверного проема из коридора в лестничную клетку, м.

$$G_{n2} = 1,2 \cdot 1,27 \cdot 2,18^{\frac{3}{2}} = 4,91 \text{ кг/с}.$$

Далее определяем площадь проходного сечения дымового клапана,  $F_{кл}$ , м<sup>2</sup>; принимают по данным изготовителя или вычисляют по формуле:

$$F_{кл} = (a_{кл} - 0,03) (b_{кл} - 0,05), \quad (3.2)$$

3)

Где  $a_{кл}$  - больший из установочных размеров клапана, м;

$b_{кл}$  - меньший из установочных размеров клапана, м.

$$F_{кл} = (0,8 - 0,03) (0,6 - 0,05) = 0,42 \text{ м}^2.$$

Далее определяем скорость продуктов горения в клапане  $V_{кл}$ , м/с, по формуле:

$$V_{кл} = \frac{G_{пг}}{F_{кл} \rho_{пг}}, \quad (3.2)$$

4)

$$V_{кл} = \frac{4,91}{0,42 \cdot 0,66} = 17,49 \text{ м/с}.$$

Потери давления в клапане дымоудаления  $\Delta P_{кл}$ , Па, определяют по формуле:

$$\Delta P_{кл} = \frac{\zeta_{кл} \rho_{пг} V_{кл}^2}{2}, \quad (3.2)$$

5)

Где  $\zeta_{кл}$  - коэффициент местного сопротивления открытого клапана дымоудаления; принимают равным 4.

$$\Delta P_{кл} = \frac{4 \cdot 0,66 \cdot 17,49^2}{2} = 405,15 \text{ Па}.$$

Эквивалентный диаметр проходного сечения -  $d_{экв}$ , м; определяют по формуле:

$$d_{экв} = \frac{2f_{ш}}{a_{ш} + b_{ш}}, \quad (3.2)$$

6)

Где  $f_{ш}$  - площадь проходного сечения шахты дымоудаления, м<sup>2</sup>;

$a_{ш}$ ,  $b_{ш}$  - размеры проходного сечения шахты дымоудаления, м.

$$d_{\text{экв}} = \frac{2 \cdot 0,35}{0,7 + 0,5} = 0,58 \text{ м.}$$

Далее выполняем расчет по этажам.

Этаж 1.

Рассчитываем распределения давлений на 1 этаже по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{\text{нн1}} = 0,4 \cdot 1,14 \cdot 2,1^2 - 9,8 \cdot 2(1,14 - 1,17) = 2,52 \text{ Па,}$$

$$P_{\text{нз1}} = -0,3 \cdot 1,14 \cdot 2,1^2 - 9,8 \cdot 2(1,14 - 1,17) = -0,99 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 1-го этажа по формуле (3.9):

$$P_{\text{с1}} = \frac{2,52 + (-0,99)}{2} = 0,77 \text{ Па.}$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне 1-го обслуживаемого этой шахтой этажа  $P_{\text{ш1}}$ , Па, определяют по формуле:

$$P_{\text{ш1}} = P_{\text{нн1}} - \Delta P_{\text{кл}}, \quad (3.2)$$

7)

$$P_{\text{ш1}} = 2,52 - 405,15 = -402,62 \text{ Па.}$$

Этаж 2.

Рассчитываем распределения давлений на 2 этаже по формулам (3.7), (3.8):

$$P_{\text{нн2}} = 0,4 \cdot 1,14 \cdot 2,1^2 - 9,8 \cdot 4,5(1,14 - 1,17) = 3,17 \text{ Па,}$$

$$P_{\text{нз2}} = -0,3 \cdot 1,14 \cdot 2,1^2 - 9,8 \cdot 4,5(1,14 - 1,17) = -0,35 \text{ Па.}$$

Давление внутри здания на уровне 1-го этажа по формуле (3.9):

$$P_{\text{с2}} = \frac{3,15 + (-0,35)}{2} = 1,41 \text{ Па.}$$

Скорость продуктов горения в шахте дымоудаления между 2-м и 1-м этажами  $V_{\text{ш1-1.1}}$ , м/с, определяют по формуле:

$$V_{\text{ш1-1.1}} = \frac{G_{\text{ш1-1}}}{a_{\text{ш}} b_{\text{ш}} \rho_{\text{ш1-1}}}, \quad (3.2)$$

8)

Где  $G_{ui-1}$  – массовый расход продуктов горения  $i-1$ -го на  $i$ -й этаж, кг/с; определяют по формуле (3.29);

$a_{ui}, b_{ui}$  – размеры проходного сечения шахты дымоудаления, м;

$\rho_{ui-1}$  – плотность продуктов горения между  $i-1$ -м и  $i$ -м этажами, кг/м<sup>3</sup>.

$$G_{ui-1} = G_{ng} + G_{\phi 2} + G_{\phi 3} + \dots + G_{\phi i-1}, \quad (3.2)$$

9)

Где  $G_{\phi 2}, G_{\phi 3}, \dots, G_{\phi i-1}$  – массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления за счет фильтрации через неплотности и щели клапана дымоудаления и стен шахты соответственно на 2, 3 и  $i-1$ -х этажах.

$$G_{ui2-1} = G_{ng} = 4,91 \text{ кг/с},$$

$$V_{ui1-2} = \frac{4,91}{0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,66} = 21,16 \text{ Па}.$$

Давление в шахте дымоудаления на уровне  $i$ -го этажа  $P_{ui}$ , Па, определяют по формуле:

$$P_{ui} = P_{ui-1} - \lambda \frac{h_{эм}}{d_{экр}} \times \frac{\rho_{ui-1} V_{ui-1,1-2}^2}{2}, \quad (3.3)$$

0)

Где  $P_{ui-1}$  – давление на уровне  $i-1$ -го этажа, Па;

$\lambda$  – коэффициент сопротивления трения  $\lambda = 0,02$  - для металла;

$h_{эм}$  – высота этажа, м;

$d_{экр}$  – эквивалентный диаметр проходного сечения, м.

$$P_{ui2} = 402,62 - 0,02 \frac{2,5}{0,58} \cdot \frac{0,66 \cdot 21,16^2}{2} = -402,62 \text{ Па}.$$

Определяем характеристику сопротивления газопроницанию шахты с установленными в ней закрытыми клапанами,  $1/(\text{кг} \cdot \text{м})$  по формуле:

$$S_{ui} = \frac{S_{y\phi}}{F_{кл}^2}, \quad (3.3)$$

1)

Где  $S_{y\phi}$  – удельная характеристика сопротивления газопроницанию, м<sup>3</sup>/кг;  $S_{y\phi} = 1600$  м<sup>3</sup>/кг – для шахты из металла.

$$S_{ui} = \frac{1600}{0,42^2} = 8920,99 \text{ 1/(кг}\cdot\text{м)}.$$

Массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления за счет фильтрации через неплотности и щели клапана дымоудаления и стен шахты соответственно на 2, 3 и i-1-х этажах, кг/с; определяют по формуле:

$$G_{\phi i} = \left( \frac{P_{\phi i} - P_{ui}}{S_{ui}} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3.3) \quad 2)$$

$$G_{\phi 2} = \left( \frac{1,41 - (-402,62)}{8920,99} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,22 \text{ кг/с}.$$

Температуру продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне i-го этажа  $T_i$ , К, определяют по формуле:

$$T_i = \frac{T_g G_{ai} G_{nz}}{G_{ai} + G_{nz}}, \quad (3.3) \quad 3)$$

Где  $G_{ai}$  – суммарный массовый расход воздуха, поступающего в шахту дымоудаления за счет фильтрации через щели и неплотности в дымовых клапанах стенах шахты со 2-го по i-й этажи, кг/с.

$$T_2 = \frac{26 \cdot 0,04 \cdot 4,91}{0,04 + 4,91} = 523,00 \text{ К. 1/(кг}\cdot\text{м)};$$

Расчет параметров дымоудаления с 1-го этажа завершен. Расчет для последующих 3-9 этажей здания выполняется аналогично расчету для 2-го этажа. Все основные данные заносим в таблицу 3.4.

Таблица – 3.4 Основные расчетные величины системы дымоудаления из поэтажных коридоров здания для 1-9 этажей

| № этажа | $P_{нi}$ , Па | $P_{нi}$ , Па | $P_{вi}$ , Па | $V_{шi-1,i}$ , м/с | $P_{шi}$ , Па | $S_{ш}$ , 1/(кгхм) | $G_{\phi i}$ , кг/с | $T_i$ , К |
|---------|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------------|-----------|
| 1       | 2,52          | -0,99         | 0,77          | -                  | -402,62       | -                  | -                   | -         |
| 2       | 3,17          | -0,35         | 1,41          | 21,16              | -415,34       | 8 920,99           | 0,22                | 523,00    |
| 3       | 3,82          | 0,30          | 2,06          | 22,21              | -429,93       | 8 920,99           | 0,22                | 513,66    |
| 4       | 4,46          | 0,95          | 2,70          | 22,74              | -443,45       | 8 920,99           | 0,22                | 504,91    |
| 5       | 5,11          | 1,59          | 3,35          | 23,29              | -458,95       | 8 920,99           | 0,23                | 496,70    |
| 6       | 5,75          | 2,24          | 3,99          | 23,84              | -475,47       | 8 920,99           | 0,23                | 488,90    |

|   |      |      |      |       |         |          |      |        |
|---|------|------|------|-------|---------|----------|------|--------|
| 7 | 6,40 | 2,88 | 4,64 | 24,41 | -493,06 | 8 920,99 | 0,24 | 481,70 |
| 8 | 7,04 | 3,53 | 5,28 | 24,99 | -511,77 | 8 920,99 | 0,24 | 468,33 |
| 9 | 7,69 | 4,17 | 5,93 | 25,57 | -531,66 | 8 920,99 | 0,25 | 468,31 |

Теперь определяем давление на уровне выброса продуктов горения  $P_{выбр}$ , Па, по формуле:

$$P_{выбр} = 0,4\rho_n V_в^2 - gh_{выброс} (\rho_n - \rho_n), \quad (3.3)$$

4)

$$P_{выбр} = 0,4 \cdot 1,14 \cdot 2,1^2 - 9,8 \cdot 30 (1,14 - 1,17) = 9,75 \text{ Па.}$$

Где  $V_в$  – скорость ветра, м/с;

$h_{выброс}$  – высота выбросного отверстия системы дымоудаления над уровнем планировочной отметки земли, м.

Последний этап расчетов заключается в определении производительности вентилятора дымоудаления  $L_{вент}$ , м<sup>3</sup>/ч, определяют по формуле:

$$L_{вент} = \frac{3600(G_{нз} + G_{aN})}{\rho_N}, \quad (3.3)$$

5)

Где  $\rho_N$  – плотность продуктов горения на уровне верхнего этажа, кг/м<sup>3</sup>;

$G_{aN}$  – суммарный массовый расход воздуха, фильтрующегося в шахту дымоудаления с этажей от 2-го до верхнего, кг/с.

$$G_{aN} = G_{ф2} + G_{ф3} + G_{ф4} + G_{ф5} + G_{ф6} + G_{ф7} + G_{ф8} + G_{ф9}, \quad (3.3)$$

6)

$$G_{aN} = 0,22 + 0,22 + 0,22 + 0,23 + 0,23 + 0,24 + 0,24 + 0,25 = 1,85 \text{ кг/с,}$$

$$L_{вент} = \frac{3600(4,91 + 1,85)}{0,75} = 32222,81 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Давление, которое должен обеспечивать вентилятор дымоудаления,  $P_{вент}$ , Па, определяют по формуле:

$$P_{вент} = P_{нн.в} - P_{шN} + gh_{вент} (\rho_N - \rho_n) + \Delta P_{сети}, \quad (3.3)$$

7)

Где  $P_{нн.в}$  – наружное давление на наветренном фасаде на уровне выбросного отверстия, Па;

$P_{шN}$  – давление в шахте дымоудаления на уровне расположения верхнего дымового клапана, Па;

$h_{вент}$  – расстояние по вертикали от верхнего дымового клапана до выбросного отверстия, м.

$$P_{вент} = 532,06 - 9,75 + \Delta P_{сети} = 532,06 \text{ Па.}$$

На этом расчет параметров системы дымоудаления из поэтажных коридоров здания завершён. Полученные результаты позволяют осуществить подбор соответствующего вентиляционного оборудования.

### 3.4 Результаты проведенного исследования

Первейшей задачей при любой чрезвычайной ситуации является спасение людей и лишь во вторую очередь материальных ценностей. В некоторых случаях это взаимоувязанные задачи, разделить выполнение которых сложно либо вовсе не возможно, либо приоритетное выполнение одного снижает эффективность выполнения другого. Тем не менее, подчеркнем еще раз: наипервейшая задача – спасение жизни людей.

Почти никогда не удастся с достаточной точностью предсказать развитие пожара в момент его возникновения. Он может быть локализован и ликвидирован в самые первые минуты после появления, а может разрастись до размеров полномасштабного бедствия. Именно поэтому все люди находящиеся в помещении, где обнаружен пожар и не участвующие непосредственно в его ликвидации и в других обеспечительных мероприятиях подлежат немедленной эвакуации.

На сегодняшний день на предприятии ООО «Юргинский машзвод» гостиница «Сибирь» предпринято ряд мер, направленных на обеспечение эвакуации персонала и проживающих гостей из здания в случае возникновения пожара: эвакуационные и аварийные выходы снабжены информационными табло с электрической подсветкой; в помещении размещены план-схемы здания

с обозначенными на них путями эвакуации; вблизи дверных проемов, на путях эвакуации по стенам, в лестничных переходах, на вертикальных поверхностях размещены цветографические указатели направления путей эвакуации, также имеется система пожарной сигнализации и оповещения о пожаре.

### 3.5 Результаты исследования по определению прогноза развития пожара на объекте

Как уже неоднократно упоминалось в данной работе, в том числе в данных о пожарной нагрузке, риск пожара на данном объекте опасен прежде всего быстрым распространением дыма и токсичных продуктов горения. Обратим внимание на таблицу 4.1, где для каждого помещения в здании гостиницы отражена характеристика опасности в зависимости от типа горючего вещества.

Таблица 3.5 – Характеристика пожарной опасности для помещений объекта в зависимости от типа горючих веществ

| № п/п | Наименование помещения | Горючее вещество          | Краткая характеристика опасности  |
|-------|------------------------|---------------------------|---|
| 1     | Гладильная             | Твёрдые горючие материалы | Быстрое распространение огня<br>сильное задымление, выделение токсичных веществ |
| 2     | Прачечная              | Твёрдые горючие материалы | Быстрое распространение огня<br>сильное задымление, выделение токсичных веществ |
| 3     | Камера хранения        | Твёрдые горючие материалы | Быстрое распространение огня<br>сильное задымление, выделение токсичных веществ |
| 4     | Комнаты                | Твёрдые горючие материалы | Быстрое распространение огня<br>сильное задымление, выделение токсичных веществ |
| 5     | Буфет                  | Твёрдые горючие материалы | Быстрое распространение огня<br>сильное задымление, выделение токсичных веществ |

|   |            |                           |  |
|---|------------|---------------------------|--|
| 6 | Кастеляная | Твёрдые горючие материалы | Быстрое распространение огня сильное задымление, выделение токсичных веществ |
| 7 | Плотницкая | Твёрдые горючие материалы | Быстрое распространение огня сильное задымление, выделение токсичных веществ |

Рассмотрим типовой вариант развития пожара.

Тактический замысел: пожар возник в углу помещения администратора на втором этаже при неосторожном обращении с огнём. Пожарную нагрузку в помещении представляет мебель и бытовые приборы, что в свою очередь способствует быстрому развитию пожара, росту площади и мгновенному задымлению всего помещения и этажа.

Вследствие теплового воздействия или иных причин есть опасность возникновения пожара в смежном помещении с комнатой, в данном случае это коридор.

В течение 3-5 минут с момента возникновения пожара, произойдет автоматическое или принудительное срабатывание системы оповещения, персонал приступит к эвакуации проживающих.

Данные:

$V_{л} = 1\text{ м/мин}$ . Линейная скорость распространения горения при пожаре на подобных объектах.

Размеры помещения администратора  $2,78 \times 5,85\text{ м}$

Определяем возможную обстановку на пожаре к моменту введения сил и средств первыми подразделениями.

Находим время свободного развития пожара,  $T_{св}$ , мин, по формуле:

$$T_{св} = T_{дс} + T_{сбл} + T_{сл} + T_{брл}, \quad (4.1)$$

1)

Где  $L$  – длина пути следования подразделения от пожарного депо до места пожара, км;

$V_{сл}$  – средняя скорость движения пожарных автомобилей, км/ч;

$T_{dc}$  – время до сообщения о пожаре (принимаем 3 мин. так как имеется АПС и телефон находится в помещении дежурного);

$T_{бр1}$  – время, затраченное на проведение боевого развертывания (в пределах 5 минут);

$T_{сб1}$  – время, сбора личного состава, мин;

$T_{сл}$  – время следования пожарных подразделений,  $T_{сл} = 2$  мин.

$$T_{св} = 3+1+2+4 = 10 \text{ мин.}$$

Определяем путь, пройденный фронтом пламени за время свободного развития пожара,  $R_1$ , м. Так как время свободного развития 10 мин, расчеты будем производить по формуле:

$$R_1 = 0,5 \cdot V_l \cdot T_{св}, \quad (4.2)$$

$$R_1 = 0,5 \cdot 1 \cdot 10 = 5 \text{ м.}$$

Пожар на 10 минуте распространяется по прямоугольной форме.

Определяем площадь пожара  $S_{пож}$ ,  $\text{м}^2$ :

$$S_{пож} = b \cdot L_1 \cdot n, \quad (4.3)$$

Где  $b$  - ширина помещения, м;

$R_1$  - путь пройденный огнём, м;

$n$  - количество направлений развития пожара, принимаем равным 1.

$$S_{пож} = 2,78 \cdot 5 \cdot 1 = 13,9 \text{ м}^2.$$

В результате тщательно–проведенного исследования рассматриваемого объекта прогноз развития пожара без наличия систем противодымной защиты будет выглядеть следующим образом: на каком бы этаже и в каком бы помещении не находился очаг возгорания, распространение огня будет происходить с большой скоростью и за 10 минут площадь пожара составит  $13,9 \text{ м}^2$ . Продукты горения через коридор распространятся по всему этажу, а через лестничную клетку и шахту лифта на другие этажи здания, что

проиллюстрировано в приложении А. Сильная задымленность будет способствовать паники среди пострадавших что в целом создаст риски и усложнит процесс эвакуации. Самым важным и ключевым моментом в данной обстановке является задымленность главного пути эвакуации, которым является лестничная клетка. С учетом того, что здание гостиницы имеет 9 этажей, а одновременное проживание предусмотрено на 95 человек, плотный поток эвакуирующихся через задымленную лестничную клетку будет подвержен сильному воздействию токсичных веществ. Таким образом, к прибытию пожарных подразделений, вероятность отравления продуктами горения эвакуирующихся очень высока.

### 3.6 Изменение прогноза развития пожара после внедрения системы противодымной защиты

После того как сделан прогноз и определены последствия пожара, важно проанализировать как изменится обстановка после внедрение системы противодымной защиты на данном объекте.

При работающем вентиляционном оборудовании системы противодымной защиты, будет обеспечиваться процесс создания избыточного давления в объеме лестничной клетки и шахты лифта. Это абсолютно исключит распространение продуктов горения за пределы этажа где располагается очаг возгорания приложение В. Лестничная клетка в таком случае будет безопасным средством для эвакуации людей из здания со всех этажей, без какого-либо воздействия на них токсичных веществ. В свою очередь система дымоудаления из поэтажных коридоров значительно снизит концентрацию продуктов горения на этаже где произошёл пожар, а это безусловно увеличит шансы быстрой эвакуации пострадавших с данного этажа. Таким образом система противодымной защиты на данном объекте направлена на минимизирование, а по некоторым параметрам и исключения воздействия на людей находящихся в

здании самых опасных поражающих факторов пожара, связанных с невозможность нахождения в условиях затрудняющих дыхание.

|   |          |
|---|----------|
| Расход воздуха, который необходимо подавать в верхнюю часть лестничной клетки для создания подпора при пожаре (м <sup>3</sup> /ч) | 23446,47 |
| Давление, которое должен обеспечивать вентилятор  | 280,17 + |

### 3.7 Результаты по расчетам системы противодымной защиты.

Эффективность работы системы противодымной защиты целиком и полностью зависит от правильности подбора соответствующего вентиляционного оборудования подпора воздуха и дымоудаления.

Проделанный в предыдущем разделе расчет необходимых параметров, позволяет наиболее правильно и точно осуществить подбор вентиляторов, которые в полной мере обеспечат создание избыточного давления в лестничной клетке и шахте лифта. Также сделанный расчет параметров дымоудаления открывает возможности для подбора нужного вентилятора и клапанов дымоудаления.

Основные результаты по расчетам параметров вентилятора подпора воздуха в лестничную клетку типа Н2 приведены в таблице 3.6.

|   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| подачи воздуха в лестничную клетку (Па)   | $\Delta P_{сети}$                 |
| <p>Величина избыточного давления на закрытых дверях эвакуационных выходов при совместном действии приточно-вытяжной противодымной вентиляции в расчетных режимах не должна превышать 150Па. Если расчетное давление в лестничной клетке превышает максимально допустимое, то требуется зонирование ее объема посредством рассечек (сплошных противопожарных перегородок 1-го типа), разделяющих объем лестничной клетки, с устройством обособленных выходов на уровне рассечки через примыкающее помещение или коридор этажа здания. В каждую зону лестничной клетки должна быть обеспечена подача наружного воздуха от отдельных систем или от одной системы через вертикальный коллектор. При распределенной подаче наружного воздуха в объем лестничной клетки и обеспечении условия не превышения указанного максимально допустимого давления устройство рассечек не требуется.</p> |                                   |
| Количество рассечек или сделать распределённую подачу воздуха   | 1 рассечка                        |
| Расход воздуха, который необходимо подавать в объем шахты лифта для создания в ней подпора при пожаре, без учёта входной группы (м <sup>3</sup> /ч)   | 4094,31                           |
| Давление, которое должен обеспечивать вентилятор подачи воздуха в шахту лифта (Па)  | 1<br>26,67 +<br>$\Delta P_{сети}$ |

Таблица.3.6 – Результаты расчетов вентилятора подпора в шахту лифта.

$G_{общ} = G_{шл} + G_{дон}$ , где  $G_{дон}$  – массовый расход воздуха, фильтрующегося через открытую большую из створок входной группы основного посадочного этажа, определяют самостоятельно в зависимости от проектного решения.

|  |        |
|--|--------|
| Температура продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне последнего этажа (°C) | 195,31 |
|--|--------|

Таблица 3.7 – Результаты расчетов вентилятора дымоудаления.

|   |          |
|---|----------|
| Плотность продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне последнего этажа (кг/м <sup>3</sup> )      | 0,75     |
| Температура продуктов горения (°C)  | 260      |
| Производительность вентилятора (м <sup>3</sup> /ч)  | 32222.81 |
| Давление вентилятора (Па)   | 532,06   |
| Расход компенсирующей подачи воздуха (кг/с)   | 3,77     |
| Объёмный расход подаваемого воздуха непосредственно в защищаемое помещение (м <sup>3</sup> /с)        | 3,31     |
| Давление вентилятора приведенное к стандартным параметрам наружного воздуха в теплый период года (Па) | 847,05   |
| Количество клапанов   | 1        |
| Температура продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне последнего этажа (°C)                    | 95,31    |
| Плотность продуктов горения в шахте дымоудаления на уровне последнего этажа (кг/м <sup>3</sup> )      | 0,75     |
| Температура продуктов горения (°C)  | 260      |
| Производительность вентилятора (м <sup>3</sup> /ч)  | 32222.81 |
| Давление вентилятора (Па)   | 532,06   |
| Расход компенсирующей подачи воздуха (кг/с)   | 3,77     |
| Объёмный расход подаваемого воздуха непосредственно в защищаемое помещение (м <sup>3</sup> /с)        | 3,31     |
| Давление вентилятора приведенное к стандартным параметрам наружного воздуха в теплый период года (Па) | 847,05   |
| Количество клапанов   | 1        |

### 3.8 Подбор вентиляционного оборудования

На сегодняшний день существует широкий спектр вентиляционного оборудования, используемого в системах дымоудаления. В зависимости от

технических условий и требований СНиП, возможна установка радиальных, осевых или крышных вентиляторов.

Каждый из представленных типов вентиляторов обладает своими достоинствами и недостатками, поэтому использование какого-либо типа вентиляторов требует технико-экономического обоснования.

В настоящее время стали широко использоваться «крышные» вентиляторы, которые устанавливаются либо на устье шахты дымоудаления, либо на кровле, но такое техническое решение требует дополнительных мероприятий по укреплению основания под вентилятор.

Для систем вентиляции и противодымной защиты предусматриваются следующие виды противопожарных клапанов:

- противопожарные нормально открытые клапаны (огнезадерживающие клапаны);
- дымовые клапаны;
- противопожарные нормально закрытые клапаны;
- противопожарные клапаны двойного действия.

На основании имеющихся расчетных данных подбираем вентиляционное оборудование. Для подбора вентиляторов подпора воздуха в лестничную клетку и шахту лифта учитываем, что диапазон отклонения в требуемом расходе воздуха может составлять 15-30 % .

Учитывая необходимый расход воздуха и давление, которое должен обеспечивать вентилятор подпора воздуха в лестничную клетку, наиболее подходящим вариантом будет канальный осевой вентилятор УВОП-К Б-6,3-2. Данный вентилятор отвечает всем необходимым расчетным параметрам.

Что касается вентилятора подпора в шахту лифта, то требуемым расчетным параметрам отвечает осевой вентилятор УВОП-А-10-6.

Подбор вентиляционного оборудования дымоудаления складывается из подбора вентилятора дымоудаления и клапанов дымоудаления [24]. Учитывая расчетные параметры системы дымоудаления, требуемым характеристикам отвечает крышный вентилятор ВРП-А 7,1ДУ-4. Подбирая соответствующие

клапана дымоудаление, необходимо учитывать, чтобы они были в обязательном порядке сертифицированы. В рассматриваемой системе дымоудаление будет оптимально применить клапан типа КЛАД-2. Данный тип клапанов сертифицирован ВНИИПО МЧС России. Он представляет собой заслонку, автоматически открывающуюся при срабатывании системы пожарной сигнализации, и применяется в составе систем дымоудаления. Корпус и механизм изделия изготовлены из термостойкой стали и спроектированы для установки как в горизонтальных, так и в вертикальных проемах. Клапаны дымоудаления КЛАД-2 выпускаются с тремя типами приводов [25]:

- электропривод с возвратной пружиной;
- реверсивный электропривод;
- электромагнитный привод.

Корпус и заслонка клапана изготовлены из углеродистой стали методом холодного проката. Возможно использование нержавеющей стали.

На данном этапе подбор вентиляционного оборудования систем противодымной защиты завершен. Последняя стадия проекта заключается в монтаже выбранного оборудования, его этапы:

- прокладка специальных воздуховодов;
- установка вентиляторов;
- обработка воздуховодов огнестойкими составами;
- установка клапанов на шахтах и т.д.

### 3.9 Защита проемов в противопожарных преградах

Исключительно важно рассмотреть способы защиты проемов в противопожарных преградах, в частности выходов из поэтажных коридоров в лестничную клетку. Не сделав акцент на данном вопросе, существует риск неэффективности работы всей системы противодымной защиты в целом. Проемы должны оборудоваться таким образом, чтобы гарантированно выполнялось ряд задач [16]:

- нераспространение фронта пламени;
- нераспространение продуктов горения;
- надежная работа замков, систем автоматического закрывания и так далее;
- соответствие проемов установленным габаритным размерам,
- использование в качестве заполнения проемов экологически-безопасных материалов;
- соответствие заполнений проемов требуемым предельным состояниям в соответствии с ГОСТ Р 53307 – 2009 и определенным на основе опытных испытаний.

Защита дверных проемов и выполнение всех вышеперечисленных задач возможно исключительно при использовании в качестве заполнения с использованием противопожарных дверей. На данный момент на объекте используются обычные деревянные 2-х створчатые двери без систем автоматического закрывания. Согласно СНиП противопожарные ворота, двери, люки, шторы, и клапаны, эксплуатация которых возможна в открытом положении, должны оборудоваться устройствами, обеспечивающими их автоматическое закрывание в случае возникновения пожара [19].

Противопожарные огнестойкие двери как правило выполняются из металла, дерева или из огнестойкого стекла. Их конструкция может быть разной, но в любом случае, алюминиевая металлическая, стеклянная или деревянная противопожарная дверь должна удовлетворять всем современным требованиям огнестойкости и дымозащиты, которые устанавливаются соответствующими СНиПами и правилами пожарной безопасности – приложение Г. Стоит особенно подчеркнуть, что установка противопожарных дверей обязательна на путях эвакуации людей при пожаре, то есть в проемах разделяющих лестничную клетку и коридоры [26].

На рассматриваемом объекте целесообразно применить противопожарные двери выполненные из древесины. Это обуславливается тем, что в гостиницах нередко одним из требований, предъявляемых к

противопожарным конструкциям, является эстетическая привлекательность. Противопожарная дверь выполненная из дерева является решением, позволяющим не только обеспечить противопожарную защиту, но и удовлетворить любые дизайнерские изыски. Внешне такая дверь ничем не отличается от обычной межкомнатной двери, поэтому прекрасно вписывается в любой, даже самый изысканный интерьер [27].

Как правило деревянные противопожарные двери имеют толщину дверного полотна от 6 до 9 см, наполнение состоит из сплошной огнестойкой древесностружечной плиты. Внешнее декоративное покрытие коробки и полотна выполняется из натурального шпона (примерно 0,7 мм) [27].

По мимо защиты дверных проемов в качестве противопожарной преграды, важно и уделить внимание оконным проемам.

Лестничная клетка рассматриваемого объекта характеризуется наличием деревянных открывающихся окон на каждом этаже. Исходя из этого стоит обратить внимание на требования предъявляемым к данному типу противопожарных преград: окна в противопожарных преградах должны быть не открывающимися, и быть выполнены из трудногорючих, нетоксичных материалов [19].

### 3.10 Информационно обеспечительные меры по созданию лучших условий для эвакуации пострадавших

Важно понимать, что никакие инженерно-технические решения не гарантируют в полной мере осуществить безопасную эвакуацию, если этот процесс не имеет всестороннего обеспечения. Создание лучших условий для эвакуации заключается прежде всего в устранении имеющихся недостатков.

В здании рассматриваемого объекта выявлены следующие недостатки:

- план-схемы предприятия с указанными на них путями эвакуации наличествует в недостаточном количестве, несоответствующем минимально

необходимому, поскольку необеспечена визуальная доступность план-схем из любой точки помещения;

- в ряде мест также отсутствует визуальный доступ к цветографическим указателям направления путей эвакуации;

- отсутствует возможность распознавания и чтения план-схем и цветографических указателей в случае отключения энергоснабжения и наступления условий недостаточной освещенности, что противоречит установленным правилам [28].

Для приведения в надлежащее состояние средств информационного обеспечения эвакуации людей из производственного помещения необходимо в кратчайшие сроки предпринять следующие действия:

- увеличить количество план-схем предприятия с указанием эвакуационных путей и разместить их по всей площади предприятия таким образом, чтобы обеспечить их визуальную доступность из любой точки предприятия;

- следует привести информационные световые табло, цветографические указатели, план-схемы предприятия в соответствии с ГОСТ Р 12.2.143-2009.

ГОСТ Р 12.2.143-2009 Системы фотолюминесцентные эвакуационные (ФЭС), кроме прочего, гласит: «планы эвакуации должны состоять из графической и текстовой частей. Графическая часть должна включать в себя этажную (секционную) планировку здания, сооружения, транспортного средства, объекта с указанием:

- эвакуационных путей и выходов;
- лестницы, лестничные клетки и аварийные выходы, предназначенные для эвакуации людей;
- места размещения самого плана эвакуации;
- места размещения средств противопожарной защиты, спасательные и медицинские средства связи, обозначаемые знаками пожарной безопасности.

На этажных планах эвакуации в графической части должен быть указан номер этажа.

В текстовой части следует излагать:

- способы оповещения о возникновении чрезвычайной ситуации (пожара, аварии и др.);
- порядок и последовательность эвакуации людей;
- обязанности и действия людей, в том числе порядок вызова пожарных или аварийно-спасательных подразделений, экстренной медицинской помощи и др.;
- порядок аварийной остановки оборудования, механизмов, отключения электропитания и т.п.;
- порядок ручного (дублирующе) включения систем (установок) пожарной и противоаварийной автоматики.

Текстовая часть планов эвакуации должна содержать инструкции о действиях в условиях чрезвычайной ситуации (при пожаре, аварии и т. п.), дополненные для наглядности знаками безопасности и символами.

В левом нижнем углу плана эвакуации необходимо указать наименование организации-разработчика плана эвакуации.

При размещении элементов ФЭС необходимо учитывать, что они лучше обнаруживаются периферическим зрением, а знаки и информационные материалы легче распознаются (читаются) в прямом поле зрения.

Распознаваемость и узнаваемость элементов ФЭС тем выше, чем больше их размер и частота установки.

Следует отметить, что в ГОСТ Р 12.2.143-2009 особое внимание обращает на себя следующий пункт: ФЭС должна исключать предоставление альтернативных путей следования, могущих вызывать неопределенность и неуверенность при эвакуации. Если расстояния у альтернативных маршрутов равные, следует помещать указания (призывы) использовать оба пути, размещая направляющие знаки на некотором расстоянии от точки расхождения равных путей [26].

Разумность и необходимость вышеприведенного пункта ГОСТ Р 12.2.143-2009, не вызывает сомнений, но при представлении гипотетической

ситуации, когда на том или ином участке эвакуационного пути указано лишь одно направление пути эвакуации, и как раз в этом направлении находится очаг пожара, возникает вопрос: как действовать эвакуирующимся? Предположим, что на протяжении всех эвакуационных путей должны быть указаны как минимум два возможных направления движения, а решение о том по какому именно пути следовать должны принимать сами эвакуирующиеся в соответствии со складывающейся обстановкой, либо руководитель эвакуации. Подробнее этот момент будет рассмотрен в завершающей части данного раздела. Так же следует уделить отдельное внимание рассмотрению вопроса о целесообразности и возможности размещения цветографических указателей по поверхности полов.

### 3.11 Заключение

По результатам выполненной работы удалось достичь ранее поставленных целей, путем выполнения ряда практико-теоретических задач и инженерных расчетов.

Проведены исследования и анализ инженерно-технической и организационно-управленческой составляющих обеспечения общей пожарной безопасности на объекте ООО «Юргинский Машзавод» гостиница «Сибирь».

Выявлены недоработки в организации пожарной безопасности, как в технической части, так и в управленческой. Проведен тщательный анализ развития пожара и дана оценка влияния поражающих факторов на процесс эвакуации.

Сделан полный расчет параметров противодымной защиты лестничной клетки, лифта и дымоудаления из коридоров, а также осуществлен подбор вентиляционного оборудования для полноценного и устойчивого функционирования системы в целом. В результате проделанной работы дана оценка влияния системы противодымной защиты на процесс эвакуации и в целом пожарную безопасность объекта.

Следует отдельно отметить, что по большинству показателей пожарная безопасность в гостинице соответствует нормам, правилам и регламентам профильных НПА, однако для достижения более качественного уровня, необходимо внедрение принципиально новых систем, отвечающим требованиям сегодняшнего дня. Этот аспект особенно важен в тех случаях, когда речь идет о цене человеческой жизни.

Разработанные и рекомендованные в настоящей работе меры окажут значительное влияние на улучшение существующего положения в области дымозащиты и выведут организацию на принципиально новый уровень обеспечения пожарной безопасности.

#### 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Функциональное назначение рассматриваемого объекта - проживания гостей города и Юргинского машиностроительного завода пребывающих в деловых поездках и командировках.

ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь» обеспечена подъездами пожарных автомобилей со всех сторон, но с затруднением установки пожарных автомобилей со стороны площади администрации города (Пр. Победы, 13). Учитывая данный факт, можно говорить о повышенных затратах в ходе ликвидации чрезвычайной ситуации на объекте.

Концепция противопожарной защиты предусматривает [32]:

- применение современных автоматических средств сигнализации для своевременного обнаружения пожара;
- устройство необходимого количества и ширины эвакуационных выходов для обеспечения безопасной эвакуации людей из здания до наступления опасных факторов пожара;
- обеспечение действий пожарных подразделений по проведению спасательных работ и тушению пожара.

Основные показатели здания, необходимые для качественной оценки ущерба от пожара:

- площадь гостиницы – 2159,2 м<sup>2</sup>;
- уборочная площадь – 136,2 м<sup>2</sup>;
- площадь общих коридоров и мест общего пользования – 556,9 м<sup>2</sup>;
- средняя внутренняя высота помещений – 2,50 м;
- объём – 8649 м<sup>3</sup>;
- общая полезная площадь – 2159,2 м<sup>2</sup>.

Распределение по числу комнат:

- однокомнатные – 45 квартир;

- двухкомнатные – 14 квартир;
- четырёхкомнатные – 1 квартира.

Всего: 60 квартир.

В гостинице «Сибирь» расположены следующие помещения:

Первый этаж:

- буфет (3 ком.);
- холл;
- кастаньянная (2 ком.);
- гладильная;
- камера хранения;
- комната администратора;
- помещение плотника;
- прачечная;
- склад.

Второй этаж:

- комнаты (№202,203,204,205,206);
- администратор;
- управляющий;
- комната горничных.

Третий этаж:

- комнаты (№300,301,302,303,304).

Четвертый этаж:

- комнаты (№401-408).

Пятый этаж:

- комнаты (№501-508).

Шестой этаж:

- комнаты (№601-608).

Седьмой этаж:

- комнаты (№701-708).

Восьмой этаж:

- комнаты (№801-808).

Девятый этаж:

- комнаты (№901-908).

В связи с тем, что на данном объекте ранее пожара не было, рассмотрим случай, если бы пожар возник в помещении кастаньяной на первом этаже. Его причина заключается в замыкание электроприбора. Как показывают опыты изучения пожаров, именно такой вариант развития пожара имеет наибольшую вероятность в зданиях гостиничного типа.

Пожарную нагрузку в помещении, преимущественно представляет мебель, что способствует быстрому распространению фронта пламени, соответственно быстрому росту площади пожара. Из-за токсичности продуктов горения, происходит быстрое задымление первого и выше лежащих этажей, что может способствовать удушью проживающих и персонала.

В течение 3-5 минут с момента возникновения пожара, произойдет автоматическое или принудительное срабатывание системы оповещения, персонал приступит к эвакуации проживающих.

Так как кастаньяная расположена рядом с главным эвакуационным выходом, и эвакуация через него будет представлять большую опасность, то основная часть людей будет эвакуирована через запасной выход.

Как нам известно дополнительные капитальные вложения в организации отсутствуют (она не оснащена допустим автоматизированной системой пожаротушения водой или пеной), следовательно  $K_I = 0$ . Эксплуатационные затраты ( $C_I$ ) также будут отсутствовать и будут равны 0.

Определим ущерб от возникшего пожара. Как мы знаем, бывает прямой,  $Y_{In}$ , тыс. руб. и косвенный ущерб,  $Y_{Ik}$ , тыс. руб. [33]:

$$Y = Y_n + Y_k. \quad (5.1)$$

Где,  $Y_n$  – прямой ущерб,  $Y_k$  – косвенный ущерб.

## 4.1 Расчет прямого ущерба

Формула для расчета прямого ущерба от пожара  $Y_n$ , тыс. руб.:

$$Y_n = Y_{осн.ф} + Y_{об.ф}, \quad (5.2)$$

Где  $Y_{осн.ф}$  – ущерб по основным фондам, тыс. руб. ;

$Y_{об.ф}$  – ущерб по оборотным фондам, тыс. руб.

$$Y_{осн.ф} = K_{ск} + K_{ч.об} - \sum K_{изн} - K_{ост} + K_{лпн}, \quad (5.3)$$

Где  $K_{ск}$  – балансовая стоимость строительных конструкции здания гостиницы, тыс. руб.;

$K_{ч.об}$  – стоимость части оборудования, которые уничтожены пожаром, тыс. руб.

$$\sum K_{изн} = K_{изн.с.к} + K_{изн.ч.об}, \quad (5.4)$$

Где  $K_{изн.с.к}$  – стоимость износа на момент пожара строительных конструкций, тыс. руб.;

$K_{изн.ч.об}$  – стоимость износа части оборудования, которые уничтожены пожаром, тыс. руб.

Размер износа строительных конструкции и оборудования определим по формулам:

$$K_{изн.с.к} = \frac{K_{с.к.} (I_{зд} + H_{ам.зд} T_{зд})}{100}, \quad (5.5)$$

$$K_{изн.об} = \frac{K_{об} (I_{об} + H_{ам.об} T_{об})}{100}. \quad (5.6)$$

Где  $I_{зд}$ ,  $I_{об}$  – процент износа здания и оборудования на момент последней переоценки основных фондов, % ;

$H_{ам.зд}$ ,  $H_{ам.об}$  – годовая норма амортизации здания и оборудования, % в год;

$T_{зд}$ ,  $T_{об}$  – период эксплуатации здания и оборудования с момента последней переоценки основных фондов или с момента ввода новостроек в строй действующих до пожара, год.

Предположим, что пожар в гостинице произошел через 22 года после ввода его в эксплуатацию, тогда  $T_{зд} = 22$  года, а оборудования кастилянной 3 года с последней переоценки имущества  $T_{об} = 3$  года.

Пожаром были уничтожены строительные конструкции здания, балансовая стоимость которых 150 тыс. руб. ( $K_{с.к} = 150$  тыс. руб.); стоимость оборудования составила 210 тыс. руб. ( $K_{ч.об} = 210$  тыс. руб.); остаточная стоимость составит 40 тыс. руб. ( $K_{ост} = 40$  тыс. руб.). Затраты на ликвидацию пожара последствий после пожара составят 130 тыс. руб. ( $K_{л.п.л.} = 130$  тыс. руб.).

За время пожара было уничтожено оборотных фондов 170 тыс. руб. ( $V_{об.ф} = 170$  тыс. руб.). Норма амортизации здания 0,7% ( $H_{ам.зд} = 0,7\%$  в год), на оборудование, так как это кастилянная и в ней хранятся постельные и столовые предметы амортизация равна 25% в год ( $H_{ам.об} = 25\%$  в год).

Рассчитаем ущерб нанесенный пожаром строительным конструкциям  $V_{ск}$ , тыс. руб.:

$$V_{ск} = \frac{K_{с.к} (1 - H_{ам.зд} T_{зд})}{100}, \quad (5.7)$$

$$V_{ск} = 150 \left(1 - \frac{0,7 \cdot 22}{100}\right) = 126,9 \text{ тыс. руб.}$$

Ущерб от пожара по оборудованию  $V_{об}$ , тыс. руб. рассчитывается по формуле:

$$V_{об} = K_{ч.об} - K_{изн.об} = K_{ч.об} \left(1 - \frac{H_{ам.об} T_{об}}{100}\right), \quad (5.8)$$

$$V_{об} = 210 \left(1 - \frac{2 \cdot 53}{100}\right) = 52,5 \text{ тыс. руб.}$$

Прямой ущерб от пожара составит:

$$V_n = 126,9 + 52,5 - 40 + 130 + 170 = 439,4 \text{ тыс. руб.}$$

#### 4.2 Расчет косвенного ущерба

Расчет косвенного ущерба от простоя определяется по формуле:

$$V_k = V_{унр} + V_{ун} + V_{нэ}, \quad (5.9)$$

Где  $Y_{ypr}$  – потери от условно-постоянных расходов за время простоя, тыс. руб.;

$Y_{yn}$  – упущенная прибыль из-за простоя, тыс. руб.;

$Y_{нз}$  – потери эффективности дополнительных капитальных вложений, восстановление основных фондов, тыс. руб.

$$Y_{ypr} = \sum Q_i C_i \cdot T_{np} \cdot k_{ypr}, \quad (5.10)$$

Где  $Q_i$  – производительность гостиницы простаивающей по причине пожара, тыс. руб./сут.;

$C_i$  – себестоимость единицы продукции одного вида, руб./сутки;

$I$  – количество единиц продукции;

$T_{np} = T_{нож} + T_{лпл}$  – время простоя производства, сут.  $T_{np} = 7,5$  суток;

$k_{ypr}$  – коэффициент учитывающий условно-постоянные затраты и заработную плату в себестоимости, %.

$$k_{ypr} = \frac{(H_{ам} + H_{зн} + H_{нз})}{100}; \quad (5.11)$$

Где  $H_{ам}$ ,  $H_{зн}$ ,  $H_{нз}$  – процент амортизации, заработной платы и прочих затрат в себестоимости, % [Российский статистический ежегодник «народное хозяйство РФ»].

$$k_{ypr} = \frac{(11,2 + 10,2 + 1,5)}{100} = 0,229\%.$$

В нашем случае  $Q_i C_i = 1,5$  тыс. руб./сутки.

$$Y_{ypr} = 1,5 \cdot 7,5 \cdot 0,229 = 2,57 \text{ тыс. руб.};$$

Утраченная прибыль рассчитывается по формуле:

$$Y_{yn} = \frac{\sum Q_i C_i T_{np} R}{100}, \quad (5.12)$$

Где  $R_c$  – рентабельность продукции в процентах к ее себестоимости,  $R_c = 10\%$ .

$$Y_{yn} = \frac{1,5 \cdot 7,5 \cdot 10}{100} = 1,125 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитаем потери эффекта дополнительных кап. Вложений, отвлеченных на восстановление объекта после пожара:

$$Y_{нэ} = E_{нп} \cdot Y_{ск} + E_{на} \cdot Y_{чоб}, \quad (5.13)$$

Где  $E_{нп}$ ,  $E_{на}$  – нормативные коэффициенты экономической эффективности капитальных вложений в основные фонды:  $E_{нп} = 0,12$  в год,  $E_{на} = 0,15$  в год.

$$Y_{нэ} = 0,12 \cdot 126,9 + 0,15 \cdot 52,5 = 15,228 + 7,875 = 23,103 \text{ тыс. руб.}$$

Косвенный ущерб составит:

$$Y_{к} = 2,5 + 1,125 + 23,103 = 26,728 \text{ тыс. руб.}$$

Следовательно, ущерб от пожара составит:

$$Y = 439,4 + 26,73 = 466,13 \text{ тыс. руб.}$$

#### 4.3. Расчет затрат на восстановление объекта

Расчет затрат на восстановление объекта можно рассчитать по формуле:

$$C_{в} = (C_{зн} + C_{а} + C_{м} + C_{пр}) \frac{C_{к}}{100} \cdot t_{в}, \quad (5.14)$$

Где:  $C_{зн}$  – заработная плата с отчислениями за единицу времени проведения работ, руб./сут; руб./мес;

$C_{а}$  – амортизационные отчисления от применяемых при проведении работ технических средств, за единицу времени руб./сутки; руб./месяц;

$C_{м}$  – стоимость материальных ресурсов, необходимых для проведения работ, за единицу времени руб./сутки; руб./месяц;

$C_{пр}$  – прочие затраты по проводимым работам, руб.

$$C_{зн} = \sum C_{знi}, \quad (5.15)$$

В организации трудятся 5 человек, они получают фиксированную сумму в сутки – 1500 руб/сут. Ремонт длился 7 дней.

$$C_{зн} = 1500 \cdot 5 \cdot 7 = 52500 \text{ руб./сутки.}$$

$C_{а}$  найдем исходя из данных, что норма амортизации инвентаря  $H_{а} = 9,1$ , а общая сумма 3000 руб.:

$$C_a = \frac{9,1 \cdot 3000}{100} = 273 \text{ руб.}$$

На материальные ресурсы гостинице в нашем случае пришлось потратить 216 тыс. руб.

Итак, получаем, что затраты на восстановление составили:

$$C_s = \frac{(52,5 + 0,273 + 216) \cdot 22}{100 \cdot 7} = 413,91 \text{ тыс. руб.}$$

#### 4.4 Расчет средств необходимых для ликвидации пожара

Средства необходимые для ликвидации пожара рассчитываются по формуле:

$$C_{mn} = C_{зпп} + C_{амм} + C_m \quad (5.16)$$

Где  $C_{зпп} = C_{зппч} \cdot t_{mn} \cdot n$  – средняя зарплата пожарных за время тушения пожара  $t_{mn}$ , руб.

$$C_{зпп} = 120 \cdot 3 \cdot 5 = 1800 \text{ руб.}$$

Стоимость амортизации пожарных машин:

$$C_{амм} = n_{nm} \left( \frac{C_{nm} \cdot C_{амм} \cdot t_{mn}}{100} \right), \quad (5.17)$$

$$C_{амм} = 1 \left( \frac{2500000 \cdot 0,009 \cdot 3}{100} \right) = 675 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость материалов, расходуемых при тушении пожара, руб:

$$C_m = C_2 + C_{см} + C_{ов} \quad (5.18)$$

$C_2$  – стоимость расходуемого горючего, руб., находим по формуле:

$$C_2 = C_2^1 \cdot q_{nm} \cdot t_{mn} \cdot n_{nm}, \quad (5.19)$$

Где  $q_{nm}$  – расход горючего пожарной машины при тушении пожара, л/час.

$$C_2 = 37,40 \cdot 36 \cdot 3 \cdot 1 = 4039,2 \text{ руб.}$$

Произведем расчет расходуемых смазочных материалов, руб.

$$C_{см} = C_{см}^1 \cdot 0,04 \cdot q_{нм} \cdot t_{нм} \cdot n_{нм}, \quad (5.20)$$

$$C_{см} = 550 \cdot 0,04 \cdot 36 \cdot 3 \cdot 1 = 2376 \text{ руб.}$$

Рассчитаем стоимость расходуемого огнетушащего вещества, руб:

$$C_{ов} = C_{ов}^1 \cdot q_{ов} \cdot t_{нм} \cdot n_{нм}; \quad (5.21)$$

$$C_{ов} = 85 \cdot 50 \cdot 3 \cdot 1 = 12750 \text{ руб.}$$

$$C_m = 4039,2 + 2376 + 12750 = 19165,2 \text{ руб.}$$

Таким образом, рассчитаем общую стоимость средств для ликвидации пожаров:

$$C_{тп} = 1800 + 675 + 19165,2 = 21640,2 \text{ руб.}$$

#### 4.5 Расчет затрат на эвакуацию пострадавших в лечебные учреждения

$$C_{эв} = C_{зн} + C_{ам} + C_m \quad (5.22)$$

Где  $C_{зн}$  – заработная плата персонала, участвующего в эвакуации, за время работы, руб.

$$C_{зн} = C_{зн,ч} \cdot t \cdot n, \quad (5.23)$$

Где  $C_{зн,ч}$  – средняя почасовая заработная плата работника скорой помощи (учитывая, что работник бригады скорой медицинской помощи работает по графику 1/3 в месяц в среднем 8 рабочих суток или 192 часа. Средняя месячная заработная плата бригады скорой помощи 19 тысяч рублей. Таким образом в сутки член бригады получает 2375 руб., а в час примерно 99 рублей);

$t$  – время работы одной машины скорой помощи, ч, определяем по формуле:

$$t = \frac{2 \cdot l}{V_{ch}}, \quad (5.24)$$

Где  $l = 4,122$  км – расстояние от очага поражения до лечебного учреждения (Пострадавших с ожогами будут эвакуировать в городскую больницу №2 города Юрги);

$$V_{cp} = 60 \text{ км/час} – \text{средняя скорость движения машины.}$$

$$t = \frac{2 \cdot 4,122}{600} = 0,13 \text{ ч} = 13 \text{ минут.}$$

$$n = n_{\text{э}} \cdot n_{\text{м}}, \quad (5.25)$$

Где  $n$  – количество персонала, обеспечивающего эвакуацию, включая водителя чел;

$n_{\text{э}} = 3$  человека – экипаж санитарной машины, чел.;

$n_{\text{м}} = 3$  единицы – количество машин, необходимое для проведения эвакуации.

$$n = 3 \cdot 3 = 9 \text{ человек.}$$

$$C_{\text{эп}} = 99 \cdot 0,13 \cdot 9 = 115,83 \text{ руб.}$$

$C_{\text{ам}}$  – стоимость амортизации машин скорой помощи, руб., находим по формуле:

$$C_{\text{ам}} = \frac{n_{\text{м}} (C_{\text{маш}} \cdot H_{\text{ам}} \cdot t)}{100}, \quad (5.26)$$

Где  $C_{\text{маш}} = 1\,200\,000$  рублей – первоначальная стоимость машины;

$H_{\text{ам}} = 0,65$  %/ч – норма амортизации машин данного типа.

$$C_{\text{ам}} = 3 \frac{(1200000 \cdot 0,65 \cdot 0,13)}{100} = 3042 \text{ руб.}$$

$C_{\text{м}}$  – стоимость расходуемого горючего и смазочных материалов, руб., находим по формуле:

$$C_{\text{м}} = C_2 + C_{\text{см}}, \quad (5.27)$$

Где  $C_{\text{см}}$  – стоимость смазочных материалов. Для данного типа техники расход смазочных материалов не учитывается;

$C_2$  – цена горючего на момент расчета (марка топлива – АИ-92), за литр принимаем стоимость 29,50 руб./литр.

$$C_2 = C_2^1 \cdot q_{\text{м}} \cdot n_{\text{м}} \cdot l, \quad (5.28)$$

Где  $q_{\text{м}} = 0,16$  л/км – расход горючего одной машиной скорой помощи;

$$C_2 = 29,50 \cdot 0,16 \cdot 3 \cdot 4,122 = 15,88 \text{ руб.}$$

Таким образом сумма затрат на эвакуацию равна:

$$C_{\text{эв}} = 115,83 + 3042 + 15,88 = 3173,71 \text{ руб.}$$

#### 4.6 Выводы по разделу

Результаты основных расчетов по данному разделу приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные результаты расчетов по разделу

| Наименование                                 | Стоимость, руб. |
|--|-----------------|
| Полный ущерб                                 | 466000,1        |
| Оценка прямого ущерба                        | 439000,4        |
| Ущерб строительным конструкциям              | 126000,9        |
| Ущерб, нанесенный оборудованию               | 52000,5         |
| Оценка косвенного ущерба                     | 26000,7         |
| Средства, необходимые для ликвидации ЧС      | 21640,2         |
| Расход на огнетушащие средства               | 12750           |
| Расходы ГСМ для пожарной техники             | 6415,2          |
| Затраты, связанные с восстановлением объекта | 413000,9        |

Пожар, в гостинице ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь» произошел в помещении костельной. Такое развитие пожара целесообразно рассматривать в связи с оценкой пожарной нагрузки и вероятностной оценкой пожарных угроз.

Сумма полного ущерба, в который согласно методики расчета включены прямой и косвенный ущерб составила 466000,1 рублей, с учетом затрат на ликвидацию пожара эта сумма составит 487640,3 рублей.

Не смотря на то, что основная цель разработки проекта противодымной защиты данного объекта спасение пострадавших от воздействия продуктов горения, путем обеспечения быстрой и безопасной эвакуации, важно также обратить внимание и на повышение общей пожарной безопасности.

Отсюда можно сделать вывод, что административному объекту ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь» необходимо усилить меры по пожарной безопасности, улучшить трудовую дисциплину, регулярно проводить осмотр вентиляционного, бытового и иного имеющегося оборудования на предмет выявления состояний несоответствующих регламентному. Следует также рассмотреть возможность, предпринятую в инициативном порядке и по

согласованию с надзорными органами, по проведению информационно-пропагандистских мероприятий направленных на повышение ответственного и осмотрительного поведения персонала. Сделать это можно, например: путем демонстрации кино-фото-видео материалов, демонстрирующих причину возникновения пожаров, их развитие, последствий и возможных действий препятствующих возникновению пожаров и минимизирующих их последствия.

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Краткое описание исследуемого объекта

Объектом исследования является здание ООО «Юргинский машзавод» Гостиница «Сибирь». Объект 1984г. постройки, имеет девять этажей, расположена по адресу: Кемеровская область, г. Юрга, пр. Победы,15, здание прилегает к пяти этажному жилому кирпичному дому. Технические решения при строительстве соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм. Здание кирпичное.

В качестве основных строительных конструкций использованы:

1) Несущие стены и перегородки – несущие (капитальные), наружные, внутренние стены, перегородки кирпичные. Толщина несущих стен 640мм.

Техническое состояние: трещины, выветривание швов, трещины в местах соприкосновения с потолком.

2) Междуэтажные перекрытия и покрытия – перекрытия чердачные железобетонные, плиты утеплённые. Междуэтажные перекрытия железобетонные плиты. Подвальные перекрытия железобетонные плиты. Техническое состояние: неровности, трещины в швах между плитами.

3) Крыша – мягкая кровля. Техническое состояние: повреждение верхнего слоя, разрывы.

4) Лестничные клетки, стены лестничных клеток – сборные железобетонные.

Здание оборудовано:

1) Системами водяного отопления (теплоснабжение ТЭЦ ООО «Юргинский машзавод», система горячего водоснабжения закрытая. Температурный график отпуска тепла 150-70 °С.

2) Электрооборудование гостиницы. Электроснабжение 3-х-фазное. Напряжение сети 380/220В.

Степень огнестойкости: I класса

3) Вентиляция, естественная, бытовой вентилятор.

4) Система противопожарной защиты - автономная охранно-пожарная сигнализация, громкоговорящая связь.

Функциональное назначение объекта: для проживания гостей города и юргинского машиностроительного завода пребывающих в деловых поездках и командировках.

На объекте предусмотрены первичные средства пожаротушения:

1) на каждом этаже имеется по одному пожарному крану. Их общее количество составляет 9 штук;

2) в каждом месте нахождения ПК находится по два огнетушителя. Их общее количество составляет 18 штук.

Для защиты персонала объекта от воздействия в случае возникновения пожара токсичных продуктов горения имеются средства индивидуальной защиты. В качестве данных средств используются самоспасатели СПИ-20 в количестве 3 штук. Изолирующий самоспасатель СПИ-20 служит для экстренной защиты органов дыхания и зрения человека во время эвакуации. Время защитного действия данного средства составляет 20 минут при выполнении работ и 40 минут в состоянии покоя.

Основными вредными и опасными факторами на объекте исследования могут быть:

- недостаточная освещенность;
- неблагоприятные условия микроклимата;
- воздействие шума;
- воздействие вредных излучений от монитора и от компьютера;
- воздействие электрического тока;

- неправильная организация рабочего места;
- неправильное цветовое оформление интерьера;
- пожароопасность и землетрясения.

## 5.2 Анализ выявленных вредных факторов на объекте

### 5.2.1 Недостаточная освещенность

Такой фактор, как недостаточная освещенность лестничной клетки, влияет не только на обеспечение безопасной эвакуации пострадавших, то есть определяет ее эффективность, но и при тесном потоке эвакуирующихся может вызвать панику, а в следствии этого и привести к большому числу неоправданных безвозвратных потерь.

Нормирование естественного и искусственного освещения осуществляется в соответствии с СП 52.13330.2011 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5лк, на открытых территориях – 0,2лк. Неравномерность эвакуационного освещения, то есть отношение максимальной освещенности к освещенности минимальной по оси проходов для эвакуации, должна быть не более 40:1.

Для расчета общего равномерного искусственного освещения использовался метод светового потока. Световой поток, обеспечивающий требуемую освещенность, определяется по формуле:

$$F_{\text{лк}} = \frac{E * k * S * z}{N * \eta}$$

Где  $E$  – нормируемая освещенность, лк. Основной критерий, по которому определяется необходимое количество осветительных приборов. Этот показатель для помещения по СП 52.13330.2011 составляет 20 лк.;

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент запаса, определяется из СП 52.13330.2011;

$N$  – число ламп в помещении;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, зависящий от типа ламп, определяется из СП 52.13330.2011;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока, который показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность (в долях единицы). Величина этого коэффициента зависит от типа светильника, коэффициента отражения стен  $\rho_{ст}$  (стены: бетонные беленные –  $\rho_{ст} = 50\%$ ), коэффициента отражения потолка  $\rho_{пот}$  (состояние потолка: свежепобеленный –  $\rho_{пот} = 70\%$ ), пола  $\rho_{пол}$  (пол бетонный:  $\rho_{пол} = 20\%$ ) и индекса помещения  $i$  и определяется из СП 52.13330.2011.

$$S = a \cdot b, \text{ м}^2;$$

$$S = 6 \cdot 2,15 = 12,9 \text{ м}^2;$$

Величину коэффициента использования светового потока принимаем равной  $\eta = 0,7$ .

Количество ламп в помещении принимаем равным единице, так как помещение не большое, и место установки лампы возможно только в одном месте, над проходом.

Рассчитаем требуемый световой поток лампы:

$$F_{\text{лк}} = \frac{20 \cdot 1,2 \cdot 12,9 \cdot 0,9}{1 \cdot 0,7} = 398 \text{ Лм}$$

Согласно СП 52 рекомендуют использовать светодиодные источники света. Выбираем светодиодную лампу фирмы ИКЕА марки LED1502G5/LED1508G5, мощностью 5 Вт, со световым потоком 400 лм, тип цоколя E27. Лампу установим в стандартный светильник ПСХ 60.

Схема размещения ламп эвакуационного освещения отражена на рисунке, идентичная для всех этажей рассматриваемого объекта.

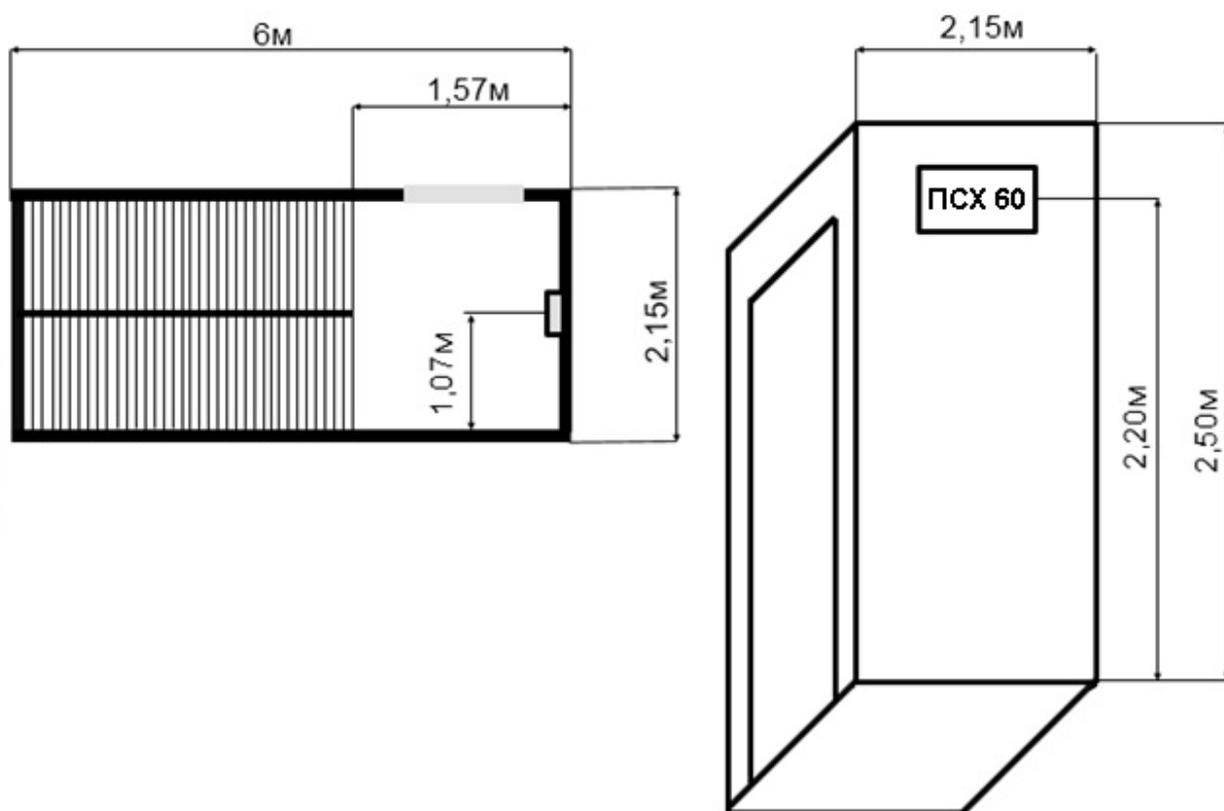


Рисунок – Схема размещения люминесцентных ламп эвакуационного освещения в лестничной клетке на этаже

### 5.2.2 Защита от шума

Нормированные параметры шума определены ГОСТ 12.1.003-83 и санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-86 «Шум на рабочих местах, помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Строительно-акустические методы защиты от шума предусмотрены строительными нормами и правилами (СНиП-П-12-77) – это: звукоизоляция ограждающих конструкций, уплотнение по периметру притворов окон и дверей, звукопоглощающие конструкции и экраны, глушители шума, звукопоглощающие облицовки.

Средства индивидуальной защиты: беруши, противошумные шлемы.

В рассматриваемой лестничной клетке параметры шума (50 дБ) соответствуют требованиям ГОСТ и не превышают предельно допустимых значений. Уровень уличного шума незначителен.

### 5.2.3 Защита от электрического тока.

Общие требования к электробезопасности определены согласно ГОСТ Р 12.1.019-2009.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала и нормальной работы ЭВМ в электрических установках 380/220В предусматривается защитное заземление. Защитному заземлению подлежат металлические конструкции, которые могут оказаться под напряжением. В качестве сети заземления внутри зданий используются стальные трубы, электропроводка, нулевые провода силовой и осветительной сети.

В исследуемом месте вся система электроснабжения имеет общую систему заземления. Система находится в работоспособном состоянии.

## 5.3 Психологические особенности поведения человека при его участии в производстве работ на данном рабочем месте

Разностороннее эмоциональное воздействие цвета на человека позволяет широко использовать его в гигиенических целях. Поэтому при оформлении производственного интерьера цвет используют как композиционное средство, обеспечивающее гармоничное единство помещения и технологического оборудования, как фактор, создающий оптимальные условия зрительной работы и способствующий повышению работоспособности; как средство информации, ориентации и сигнализации для обеспечения безопасности труда. Установлено, что цвета могут воздействовать на человека по-разному: одни – успокаивают, другие – раздражают.

Поддержание рациональной цветовой гаммы в производственных помещениях достигается правильным выбором осветительных установок, обеспечивающих необходимый световой спектр.

В настоящее время потолок лестничной клетки побелен белой известкой, стены оклеены светлыми бежевыми обоями. Это гармонирует с интерьером всей гостиницы, которая имеет цвет светлого дерева, а так же создает оптимальные условия зрительной работы и способствует повышению работоспособности.

5.4 Разработка мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени

#### 5.4.1 Пожарная безопасность.

При эксплуатации электроприборов возможны возникновения следующих аварийных ситуаций: короткие замыкания; перегрузки; повышение переходных сопротивлений в электрических контактах; перенапряжение; а также при неосторожном обращении работников с огнем.

При возникновении аварийных ситуаций происходит резкое выделение тепловой энергии которая может явиться причиной возникновения пожара. На долю пожаров, возникающих в электрических установках приходится 20%.

Основные положения методов испытаний конструкций на огнестойкость изложены в ГОСТ 3047.0.-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» и ГОСТ 302247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции».

Согласно НПБ 105-03 все объекты в соответствии с характером технологического процесса по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Объекты категорий А – легко воспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком

количестве, что могут образовывать взрывоопасные, парогазовоздушные смеси; Б – вещества и материалы способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом; В – горючие и трудногорючие жидкости, вещества, материалы; Г – горючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистой теплоты, искр, пламени; Д – негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Меры пожарной профилактики:

Степень огнестойкости здания определяется огнестойкостью его конструкций в соответствии с СНиП 21-01-97, которые регламентируют классификацию зданий и сооружений по степени огнестойкости, конструктивной и функциональной пожарной опасности.

Степень огнестойкости зданий и сооружений зависит от сопротивляемости материалов зданий к огню. По огнестойкости здания и сооружения делятся на 4 категории:

I – основные элементы выполнены из негорючих материалов, а несущие конструкции обладают повышенной сопротивляемостью к воздействию огня;

II – основные элементы выполнены из негорючих материалов;

III – с каменными стенами и деревянными оштукатуренными перегородками и перекрытиями;

IV – оштукатуренные деревянные здания.

Средства тушения пожара – огнегасительные вещества: вода, песок, пена, порошок, газообразные вещества не поддерживающие горение (хладон), инертные газы, пар.

Здание, в котором расположена лестничная клетка кирпичное, т.е. выполнено из огнестойких материалов, обладающих способностью сохранять под действием высоких температур свои рабочие функции, связанные с огнепреграждающей, теплоизолирующей или несущей способностью. Т.о. степень огнестойкости здания – II .

Здание оснащено автоматическим средством обнаружения пожара – пожарной сигнализацией. Пожарная сигнализация должна быстро и точно сообщать о пожаре с указанием места его возникновения. Для эвакуации имеются выходы, что соответствует противопожарным нормам.

В гостинице размещены первичные средства пожаротушения: порошковые огнетушители. Место размещения первичных средств пожаротушения было выбрано с точки зрения доступности для всех работников.

Работники полностью прошли курс по технике безопасности и в случае возникновения каких-либо чрезвычайных ситуаций способны принять необходимые адекватные меры. Также в кабинете установлена телефонная связь, с помощью которой можно оповестить соответствующие службы города о чрезвычайном происшествии.

Следовательно, в гостинице параметры помещения соответствуют противопожарным нормам.

#### 5.4.2 Землетрясение и сейсмическая опасность

Ближайшими сейсмоопасными территориями являются Республика Алтай и Прибайкалье. Согласно единой схеме распределения землетресений на земном шаре, Западная Сибирь входит в число сейсмически спокойных материковых областей, то есть где почти никогда не бывает землетресений с магнитудой разрушительной величины свыше 5 баллов.

В случае возникновения землетресений необходимо использовать следующие меры защиты: не создавать панику; держаться дальше от окон, найти защиту под прочной мебелью или встать у опорной колонны; покинуть здание в соответствии с планом эвакуации.

## 5.5 Заключение

Основными факторами, которые не соответствуют установленным нормам, в данном помещении являются: недостаточная освещенность.

Система освещения данного кабинета не соответствует требуемым нормам. Необходимо произвести перепроектирование системы освещения, т.е. установить один светильник ПСХ 60, с установленной светодиодной лампой мощностью 5 ватт.

Рекомендуется персоналу организации соблюдать все правила и требования безопасности, что приведет к минимизации несчастных случаев и травм или исключит их полностью.

## Заключение

По результатам выполненной работы удалось достичь ранее поставленных целей, путем выполнения ряда практико-теоретических задач и инженерных расчетов.

Проведены исследования и анализ инженерно-технической и организационно-управленческой составляющих обеспечения общей пожарной безопасности на объекте ООО «Юргинский Машзавод» гостиница «Сибирь».

Выявлены недоработки в организации пожарной безопасности, как в технической части, так и в управленческой. Проведен тщательный анализ развития пожара и дана оценка влияния поражающих факторов на процесс эвакуации.

Сделан полный расчет параметров противодымной защиты лестничной клетки, лифта и дымоудаления из коридоров, а также осуществлен подбор вентиляционного оборудования для полноценного и устойчивого функционирования системы в целом. В результате проделанной работы дана оценка влияния системы противодымной защиты на процесс эвакуации и в целом пожарную безопасность объекта.

Следует отдельно отметить, что по большинству показателей пожарная безопасность в гостинице соответствует нормам, правилам и регламентам профильных НПА, однако для достижения более качественного уровня, необходимо внедрение принципиально новых систем, отвечающим требованиям сегодняшнего дня. Этот аспект особенно важен в тех случаях, когда речь идет о цене человеческой жизни.

Разработанные и рекомендованные в настоящей работе меры окажут значительное влияние на улучшение существующего положения в области дымозащиты и выведут организацию на принципиально новый уровень обеспечения пожарной безопасности.

## Список используемых источников

1. Деятельность МЧС России. Статистика. [Электронный ресурс] / МЧС России. – Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/activities/stats>. Дата обращения 20.05.2015 г.
2. Акимов В. А. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учеб. пособие / В. А. Акимов, Ю. Л. Воробьев, М. П. Фалеев. – М.: Высшая школа, 2007. – 103 с.
3. Опасные факторы пожара [Электронный ресурс] / Охрана труда. – Режим доступа: [http://ohrana-bgd.ru/pogbez/pogbez1\\_06.html](http://ohrana-bgd.ru/pogbez/pogbez1_06.html). Дата обращения 12.05.2015 г.
4. Климушин Н. Г. Противопожарная защита зданий повышенной этажности: учеб. пособие / Н. Г. Климушин, В. Н. Новиков – М.: Стройиздат, 1979. – 142 с.
5. Рукунов В. С. Расчет противодымной вентиляции в зданиях различного назначения: учеб. пособие / В. С. Рукунов, И. В. Анисимов. – Томск.: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. – 38 с.
6. Собурь С. В. Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума: учеб. пособие / С. В. Собурь. – М: Пож.книга, 2006. – 45 с.
7. Классификация материалов по степени возгораемости [Электронный ресурс] / Охрана труда. – Режим доступа: <http://trudova-ohrana.ru/index.php>. Дата обращения 21.05.2015 г.
8. Тербнев В. В., Здания повышенной этажности. Противопожарная защита и тушение пожаров / В. В Тербнев, Н. С. Артемьев. – М.: «Пожнаука», 2006. – 238 с.
9. Корольченко А. Я. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности / А.Я. Корольченко, Д.О. Загорский. – М.: Изд-во «Пожнаука», 2010. – 118 с.
10. Свод правил СП 7.13130.2009 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. – М.: Официальное издание МЧС России, 2009 г. – 33с.
11. Табунщиков Ю. А. Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий: Рекомендации АВОК / Ю. А. Табунщиков, В. М. Есин, А. В. Игольников. – М.: НП «АВОК», 2010. – 52 с.

12. Свод правил СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. – М.: Официальное издание МЧС России, 2009 г. – 10 с.
13. Требования к системам противодымной защиты зданий, сооружений и строений [Электронный ресурс] / Система пожарной безопасности. – Режим доступа: <http://www.spb01test.ru/reglament85.html>. Дата обращения 20.05.2015 г.
14. Адресные системы ОПС и противопожарной автоматики [Электронный ресурс] / Системы безопасности. – Режим доступа: <http://bolid.ru/production/orion/ops-subsystems/>. Дата обращения 20.05.2015 г.
15. Свод правил СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. – М.: Официальное издание МЧС России, 2009 г. – 10 с.
16. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 23.06.2014) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_159028/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_159028/). Дата обращения 20.05.2015.
17. Противопожарные преграды [Электронный ресурс] / Пожарная охрана. – Режим доступа: <http://fireman.ru/bd/snip/2-01-02-85-3.htm>. Дата обращения 21.05.2015 г.
18. Виды и назначение противопожарных преград [Электронный ресурс] / Пожарная безопасность зданий и сооружений. – Режим доступа: [http://firedata.ru/vidi\\_i\\_naznachenia\\_protivopojarnix\\_pregrad.html](http://firedata.ru/vidi_i_naznachenia_protivopojarnix_pregrad.html). Дата обращения 18.05.2015 г.
19. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Издание Минстроя России, 1997 г. – 13 с.
20. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (ред. от 12.03.2014) [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. – URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=160102>. Дата обращения 15.05.2015.
21. Шубин Е. П. Гражданская оборона / Е. П. Шубин. – М.: Просвещение, 1991. – 315 с.
22. НПБ 253-98 Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы, метод испытания на огнестойкость. – М.: Официальное издание ГПС, 1998 г. – 8 с.

23. Об утверждении Перечня документов в области стандартизации, в результате проведенных которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений": Приказ Ростехрегулирования от 1.06.2010 № 2097 (ред. от 10.09.2013) [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. – URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=152159>. Дата обращения 11.05.2015.

24. Противопожарная вентиляция – переносные дымососы, вентиляторы дымоудаления, вентиляторы подпора воздуха [Электронный ресурс] / Евромаш. – Режим доступа: <http://www.evromash.ru/catalog/venti/du/>. Дата обращения 20.05.2015 г.

25. Противопожарные клапаны противодымной вентиляции [Электронный ресурс] / ВИНГС-М. – Режим доступа: <http://www.vings-m.ru/catalog/protivopozharnye-sistemy-nz/protivopozharnyj-klapan-klad-2-kdm-2/>. Дата обращения 20.05.2015 г.

26. ГОСТ Р 53307 Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость. – М.: Изд-во стандартов, 2009 г. – 39 с

27. Двери деревянные противопожарные [Электронный ресурс] / Противопожарное оборудование. – Режим доступа: <http://www.alfamet.ru/content/wooddoor>. Дата обращения 20.05.2015 г.

28. ГОСТ Р 12.2.143-2009 ССБТ. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля. – М.: Изд-во стандартов, 2009 г. – 15 с.

29. Мустафина, А. С. Экономика безопасности труда: учебное пособие. / А. С. Мустафина. – Кемерово, 2005. – 72 с.

30. Терещнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. / В. В. Терещнев М.: Наука, 2004. – 248 с.

31. Руководство к выполнению раздела ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». – 2014. – 56 с.

32. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федеральный закон от 21.12.1994 № 68-ФЗ (ред. от 28.12.2013) [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. – URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=156721>. Дата обращения 01.05.2015

33. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий: Расчет косвенного и прямого ущерба [Электронный ресурс] / Режим доступа:

[http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/44/44716/index.php#i113018](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/44/44716/index.php#i113018).  
Дата обращения 01.05.2015.

34. Бадагуев Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии. Приказы, инструкции, журналы, положения./ Б.Т. Бадагуев– М.: Альфа–Пресс, 2013. – 488 с.

35. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – М.: Издание Минстроя России, 1995 г. – 31 с.

36. О гражданской обороне: Федеральный закон от 12.02.1998 № 28-ФЗ (ред. от 28.12.2013) [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс: Законодательство; Версия Проф. – URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=156905>. Дата обращения 20.05.2014.

37. Васильев В. П. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие / В. П. Васильев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2002. – 318 с.

38. Терещнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. / В. В. Терещнев М.: Наука, 2004. – 248 с.

39. Корольченко А. Я. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности / А.Я. Корольченко, Д.О. Загорский. – М.: Изд-во «Пожнаука», 2010. – 118 с.

40. Аверьянов В. Т. ГДЗС в вопросах и ответах: учебное пособие / В. Т. Аверьянов, С. В. Польшко, А. В. Башаричев. – СПб.: Изд-во университета ГПС МЧС России, 2010. – 229 с.

41. Решетов А. П. Пожарная тактика: учебное пособие / А. П. Решетов, А. В. Ключ, А. В. Башаричев. – СПб.: Изд-во университета ГПС МЧС России, 2011. – 315 с.

42. Терещнев В. В. Противопожарная защита и тушение пожаров. Жилые и общественные здания и сооружения / В. В. Терещнев, Н. С. Артемьев, А. И. Думилин. – М.: Изд-во «Пожнаука», 2006. – 314 с.

43. Горелкин А. А. Пожарная тактика. Первоначальная подготовка пожарных: учебное пособие / А. А. Горелкин, А. М. Губин. – Барнаул.: Изд-во учебного центра ГПС МЧС Алтайского края, 2002. – 171 с.

44. Хрусталева Б. М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование / Б. М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2005. – 576 с.

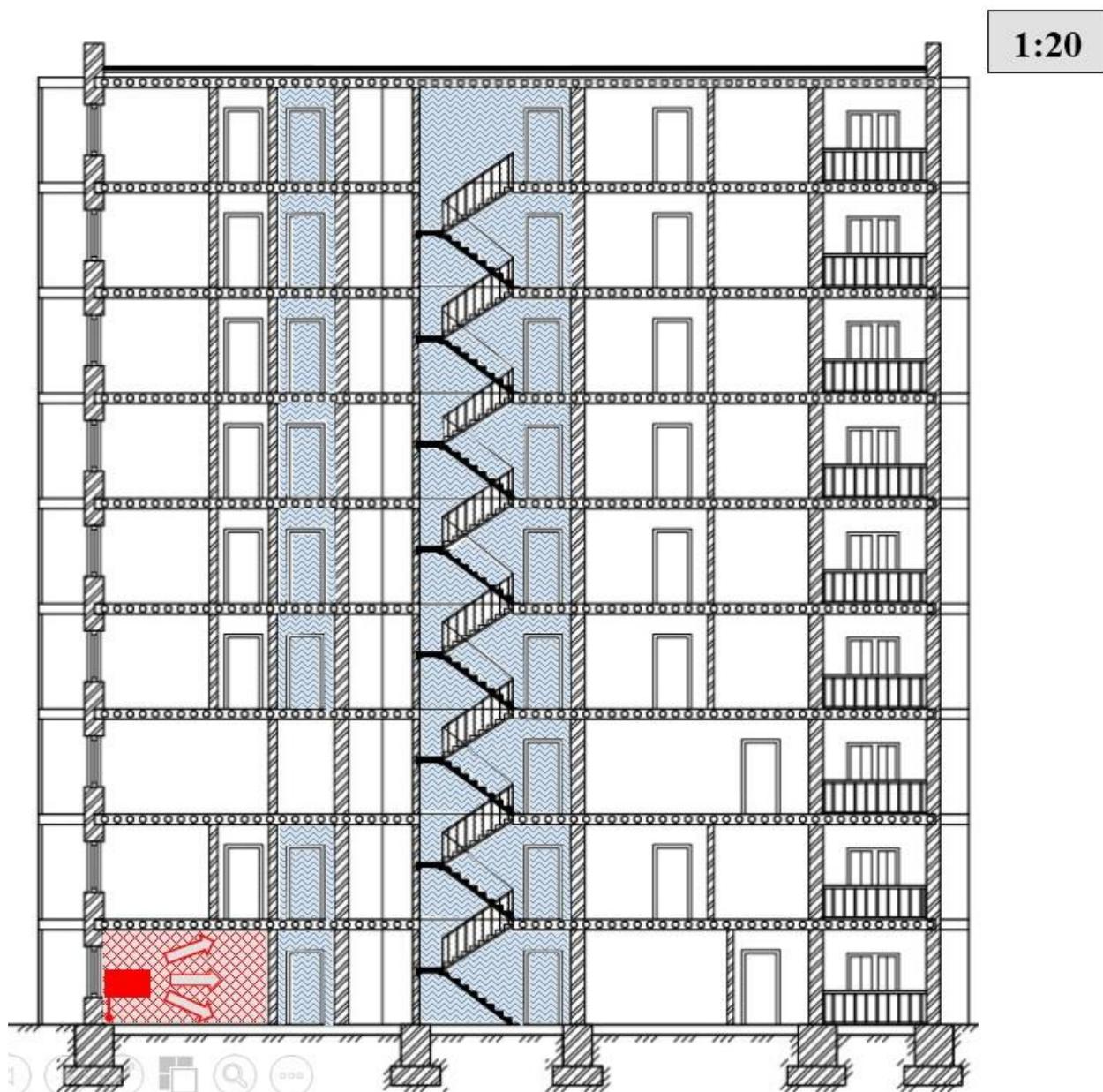
45. Сибикин Ю. Д. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: учебное пособие / Ю. Д. Сибикин. – М.: Академия, 2008. – 304 с.

46. Павлов Н. Н. Справочник проектировщика. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Кн. 2 / Н. Н. Павлов Ю. И. Шиллер. – М.: 1992. – 416 с.

47. Бессмертнов В. Ф. Пожарная тактика в вопросах и ответах: учебное пособие / В. Ф. Бессмертнов, И. Г. Малыгин, П. В. Ширинкин. – СПб.: Изд-во университета ГПС МЧС России, 2008. – 187 с.
48. ГОСТ 12.1.004-91\* ССБТ. Пожарная безопасность. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 89 с.
49. Приказ №313 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации ППБ 01-03. – М.: Изд-во МЧС, 2003 г. – 141 с
50. Брушлинский Н. Н. Моделирование пожаров и взрывов / Н. Н. Брушлинский, А. Я. Корольченко. – М.: Изд-во «Пожнаука», 2008. – 223 с.

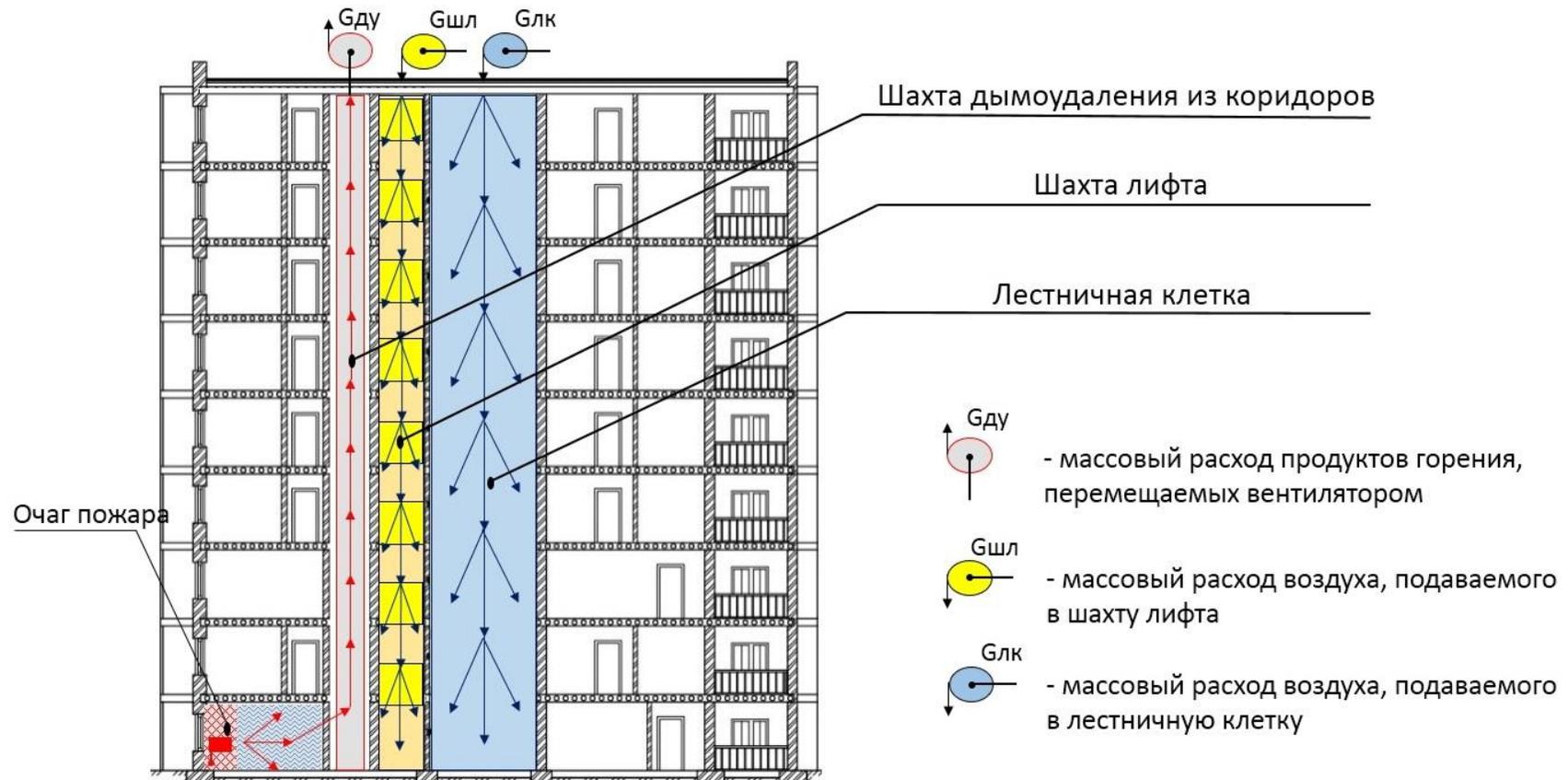
Приложение А  
(Рекомендуемое)

Прогноз развития пожара на объекте



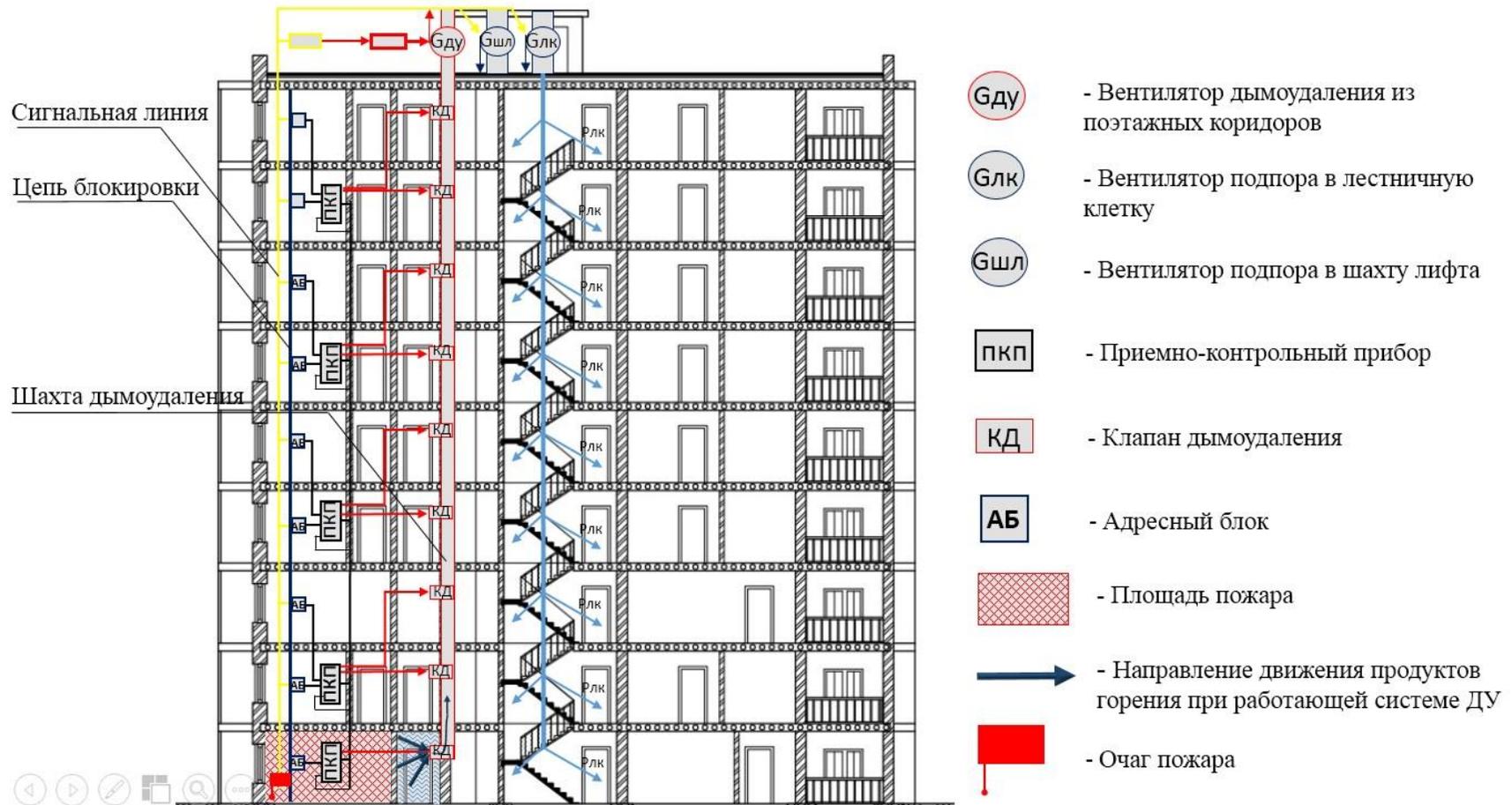
Приложение Б  
(Рекомендуемое)

Принципиальная схема противодымной защиты объекта



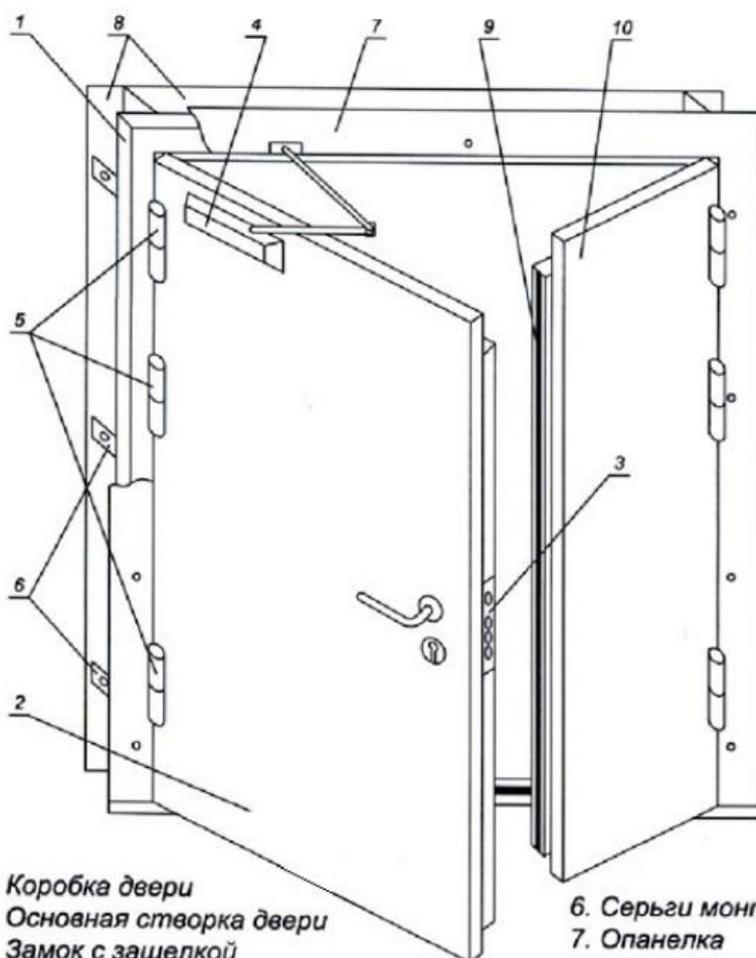
## Приложение В(Рекомендуемое)

### Принцип функционирования системы противоподымной защиты объекта



Приложение Г  
(Рекомендуемое)

Схема противопожарной двери



- 1. Коробка двери
- 2. Основная створка двери
- 3. Замок с защелкой
- 4. Закрыва́тель дверной
- 5. Петли дверные

- 6. Серьги монтажные
- 7. Опанелка
- 8. Зашивка
- 9. Терморасширяющийся уплотнитель
- 10. Дополнительная створка двери

Приложение Д  
(Рекомендуемое)  
План-схема 1-го этажа

М 1:200



Приложение Е  
(Рекомендуемое)  
План-схема 2-го этажа

М 1:200



Приложение Ж  
(Рекомендуемое)  
План-схема 3-го этажа

М 1:200



Приложение 3  
(Рекомендуемое)  
План-схема 4-9 этажей

М 1:200

