

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

Институт инженерной и экологической безопасности
(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

«Управление пожарной безопасностью»
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Исследование и разработка инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах

Обучающийся

А.А. Гафуров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

к.т.н., доцент А.В. Щипанов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент, Т.Ю. Фрезе

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Содержание

Введение.....	3
1 Теоретические основы.....	7
1.1 Обзор существующих систем дымозащиты и их преимуществ и недостатков.....	7
1.2 Изучение законодательных требований и нормативных документов, регулирующих область дымозащиты зданий при пожарах.....	15
2 Исследование и внедрение инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах в организации.....	21
2.1 Исследование инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах.....	21
2.2 Разработка программы внедрения инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах и рекомендаций по их применению	29
3 Опытнo–экспериментальная апробация программы внедрения систем дымозащиты зданий при пожарах в организации.....	42
3.1 Процедура программы внедрения инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах.....	42
3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации.....	49
Заключение.....	62
Список используемой литературы и используемых источников.....	63
Приложение А. Расчет и оценка внедрения для многофункционального здания.....	71

Введение

Пожары в зданиях представляют серьезную угрозу для жизни и безопасности людей, а также причиняют значительные материальные потери. Вместе с тем, отсутствие эффективных систем дымозащиты зданий при пожарах может усугубить ситуацию, препятствуя эвакуации людей и обостряя риск травмирования. Таким образом, исследование и разработка инновационных систем дымозащиты становится актуальной и неотложной задачей.

Целью данной работы является исследование и разработка инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах, направленных на эффективное предотвращение распространения дыма и обеспечение безопасной эвакуации людей в случае пожара.

Для достижения указанной цели перед нами стоят следующие задачи:

- Изучение теоретических основ формирования и распространения дыма во время пожаров и физико-химических процессов, связанных с горением, позволяет более глубоко понять механизмы образования и перемещения дыма, а также его влияние на безопасность людей в зданиях.
- Изучить теоретические основы формирования и распространения дыма при пожарах, а также физико-химические процессы, происходящие при горении. Это позволит лучше понять механизмы образования и движения дыма и его влияние на безопасность людей в зданиях.
- Разработка концепции новаторской системы дымозащиты, учет особенностей объектов и требований законодательства. Проектирование системы, подбор и размещение необходимых компонентов, создание программного обеспечения для управления и мониторинга работы системы.
- Проведение экспериментальной апробацию разработанной системы для оценки ее работоспособности и эффективности, включая лабораторные испытания на объекте симулированного пожара с участием пожарных служб. Анализ результатов испытаний для оценки соответствия системы требованиям безопасности и эффективности.

Объектом исследования являются системы дымозащиты зданий при пожарах.

Исследуемые области включают в себя инновационные технологии и методы дымозащиты, включая системы автоматизированного управления и контроля, использование новых материалов и конструктивных решений, а также специализированное программное обеспечение для управления и мониторинга системы.

Теоретическая база исследования будет включать следующие аспекты:

- теория пожаров и пожарной безопасности: изучение физико-химических процессов, происходящих при горении, механизмов образования и распространения дыма, а также закономерностей развития пожара в зданиях. Также будет рассмотрена существующая теория и научные подходы к предотвращению и тушению пожаров.

- технологии и инженерные методы дымозащиты: анализ существующих систем дымозащиты и их преимуществ и недостатков, описание технических характеристик и особенностей различных компонентов систем, таких как датчики дыма, аварийные выходы, системы вентиляции и автоматического управления.

- законодательные акты и нормативные документы, регулирующие сферу дымозащиты зданий в случае пожара, являются основой для изучения. Это включает в себя стандарты безопасности, строительные кодексы, а также требования к проектированию и эксплуатации зданий.

Методологическая база исследования будет опираться на следующие методы:

- аналитический подход: проведение обзора литературы и существующих исследований в области дымозащиты зданий при пожарах, анализ результатов научных работ и отзывов экспертов.

- с целью создания специальных условий для лабораторных испытаний, а также для проверки работоспособности системы дымозащиты в условиях симуляции пожара, проводятся экспериментальные исследования.

Полученные результаты позволят определить эффективность и надежность разработанной системы защиты от дыма.

– проектирование (выбор и расположение элементов), разработка программного обеспечения для управления и мониторинга, а также разработка концепции инновационной системы дымозащиты зданий.

Комбинирование основных теорий и существующих технологий, с проведением аналитической работы, экспериментальные исследования, проектирование, позволит провести обширное исследование и разработку инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах.

Теоретический метод исследования включает анализ литературы и уже проведенных научных исследований по теме систем дымозащиты зданий при пожарах. Этот метод позволяет изучить принципы работы и особенности различных систем, анализировать опыт и результаты предыдущих исследований, а также выявить преимущества и недостатки различных подходов к дымозащите и применяемых технологий. Анализ литературы и существующих данных поможет сформировать теоретическую основу и углубить понимание проблематики, а также использовать эти знания в дальнейшем проектировании инновационных систем дымозащиты.

Эмпирический метод включает лабораторные испытания и полноценные испытания на объекте симулированного пожара, с помощью которых можно оценить работоспособность и эффективность разработанной системы дымозащиты, а также убедиться в соответствии системы требованиям безопасности и эффективности. Собранные данные будут анализироваться для оценки результатов и выводов, которые будут использованы для дальнейшего улучшения систем и разработки рекомендаций.

Исследование и разработка инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах имеет высокую практическую значимость. В случае возникновения пожаров в зданиях, системы дымозащиты играют важную роль в предотвращении распространения дыма, обеспечении безопасной

эвакуации людей и снижении риска травмирования. Они способны улучшить условия эвакуации, обеспечить видимость и доступ к аварийным выходам, минимизировать влияние дыма на здоровье людей, а также помочь пожарным службам в быстром и эффективном тушении пожара. Разработка инновационных систем дымозащиты позволит повысить уровень пожарной безопасности зданий и защиты жизни и имущества людей.

Исследование и разработка инновационных систем дымозащиты зданий при возникновении пожаров не только имеют практическое значение, но также играют важную роль в развитии научных исследований в области пожарной безопасности и дымозащиты. Это помогает расширить наши знания о формировании и распространении дыма в чрезвычайных ситуациях, а также о работе и эффективности систем дымозащиты. Результаты этого исследования могут быть использованы для углубления нашего понимания процессов образования и передвижения дыма, а также для разработки новых теоретических подходов в области пожарной безопасности и дымозащиты зданий.

1 Теоретические основы

1.1 Обзор существующих систем дымозащиты и их преимуществ и недостатков

Проведем анализ научных публикаций и учебных пособий, затрагивающих тематику выполненной научной работы.

В публикациях на данную тему [15]– [55] рассмотрен широкий спектр проблем и вызовов, связанных с областью исследований на тему пожарной безопасности и современных систем дымозащиты. В перечень проблем входят:

- эффективность систем дымозащиты.

Одной из задач, которая обсуждается, является оценка эффективности различных систем противодымной защиты в различных условиях возгорания. Важно исследовать, насколько успешно эти системы задерживают распространение дыма и предотвращают его проникновение внутрь здания.

- интеграция систем дымозащиты.

Проблемой, которую необходимо решить, является разработка новаторских систем дымозащиты, способных быть совместимыми с другими системами безопасности в здании, такими как пожарная сигнализация, средства оповещения и системы эвакуации. Очень важно изучить способы эффективного объединения этих систем с целью обеспечения всесторонней защиты здания в случае пожара.

- новые технологии и материалы.

Разработка инновационных технологий и материалов для систем дымозащиты – это одна из главных задач, которая включает в себя создание новаторских оросителей, систем очистки воздуха от дыма, новых материалов для защитных экранов и других компонентов. Исследование применения

новых технологий и материалов в области дымозащиты способно значительно повысить их эффективность и энергоэффективность.

- управление системами дымозащиты.

Следующий вызов заключается в создании новых подходов к управлению и контролю системами дымозащиты. Разработка автоматизированных систем управления, мониторинга и дистанционного контроля, а также разработка эффективных методов оптимизации работы систем, направленных на повышение защиты зданий и снижение ложных тревог, являются ключевыми аспектами данной проблемы.

Анализ научных публикаций показал, что во многих городах России, самым популярным видом систем пожаротушения являются водяные системы. Их популярность обусловлена широким спектром применения в тушении различных классов пожаров, а также относительно низкой стоимостью монтажа и обслуживания. Данная проблема особенно остро затрагивается в работах Темеревой Е.А. «Системы пожаротушения зачем они нужны? Вода – это основное огнетушащее вещество», «Быстродействующие системы пожаротушения» [2].

Водяные системы пожаротушения применяются для защиты производственных и складских помещений на крупных предприятиях, таких как ООО «ПППО», ПАО «АВТОВАЗ», ООО «СИБУР» и других. Около 90% гаражных и строительных кооперативов предусматривают использование воды в качестве огнетушащего вещества. Водяные системы пожаротушения обычно делятся на спринклерные и дренчерные. Системы спринклерного пожаротушения являются одними из самых эффективных и продуктивных автоматических систем пожаротушения. Главные преимущества спринклерных систем включают следующее:

- вода всегда доступна в городских и населенных пунктах.

– себестоимость воды сравнительно низка по сравнению с другими средствами пожаротушения.

– вода способна тушить не только первичные очаги пожара, но также охлаждать смежные помещения и предотвращать их загорание [1].

Спринклерная система предусматривает подачу воды под давлением. В обычном режиме все трубопроводы системы заполнены водой, а давление поддерживается с помощью запорных устройств и насоса. При возникновении пожара, оросители автоматически открываются и срабатывает сигнализация. Подача воды осуществляется через насос из резервуара или хозяйственно–питьевого противопожарного водопровода.

Спринклерная система пожаротушения надежна и проста в использовании. Она использует обычный огнетушащий состав, что делает ее надежной и популярной [3].

В работе Брушлинского Н. Н. «Основы теории пожарных рисков и ее приложения» обсуждается вопрос детализации некоторых пожарных рисков, включая городские, сельские и риски гибели взрослых и детей. Автором были предложены соотношения между населением, количеством пожаров, числом погибших и основными пожарными рисками, которые позволяют оценить уровень пожарной опасности на разных уровнях — национальном, региональном и городском. На основе этих результатов были предложены программы и методы управления пожарными рисками, соответствующими конкретной территории [18].

Огромный теоретический вклад в научную работу внесло исследование, описанное в учебном пособии Кошмарова Ю. А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении». В этой работе рассматриваются физические содержания опасных факторов в пожаре. Также приводятся предельно допустимые значения этих факторов и основы

современных методов прогнозирования их динамики в помещениях с использованием различных уровней математического описания пожара [5].

«Описывается процедура численного решения дифференциальных уравнений интегральной математической модели пожара, а также компьютерная программа, разработанная на кафедре инженерной теплофизики и гидравлики Академии ГПС МВД России. В работе излагаются сущность зонного и полевого (дифференциального) методов математического моделирования пожара» [6].

В учебном пособии Терехова В.В. «Пожаротушение в промышленных зданиях и сооружениях» представлены примеры ликвидации пожаров, произошедших на различных объектах, а также анализированы выявленные недостатки в тактике тушения. Описано оперативно–тактические действия подразделений пожарной охраны, которые рекомендуется использовать для локализации и ликвидации пожаров на промышленных предприятиях [7].

В научной работе авторов Кимстач И. Ф. [8], Девлишев П. П.[9], Евтюшкин Н. М. «Пожарная тактика» [10] описывается развитие и практика тушения пожаров на конкретных объектах. Пожарная тактика занимается изучением условий развития и тушения пожаров, разработкой наиболее эффективных способов и приемов боевых действий пожарно-спасательных подразделений. В связи с тем, что каждый пожар (ЧС) по-своему уникальный, пожарная тактика не предлагает готовых решений в тех или иных обстоятельствах. Руководитель тушения пожара с учетом конкретных условий на месте пожара, основываясь на положения и правила пожарной тактики принимает одно решающее направление. Приведем наиболее важные выводы, сделанные в результате анализа источника.

Пожарная тактика связана с тактическими возможностями пожарных подразделений, тактико–техническими характеристиками пожарно-спасательного вооружения, возможностями используемой техники, а также с

применением новых методов тушения пожаров. Подготовка личного состава пожарной охраны усовершенствуется, внедряются новые способы тушения пожаров, по мере внедрения усовершенствованной техникой и огнетушащих средств. В качестве примера можно привести, введение пены средней и низкой кратности в 60–е годы позволило изменить тактику тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в различных условиях, таких как резервуары, кабельные помещения и подвалы зданий, а также на судах морского и речного флота. Введение газодляных пожарных автомобилей также существенно изменило процесс тушения пожаров, возникающих из-за мощных нефтяных и газовых фонтанов [11].

Ключевая роль в пожарной тактике отведена управлению силами и средствами пожарной охраны. Научное, а также практическое обоснование этих аспектов является одной из важных задач пожарной тактики.

Пожарная тактика также разрабатывает совершенные формы и методы подготовки личного состава пожарных подразделений. Целью подготовки является формирование команды, преданной социалистической Родине, способной проявлять мужество, смелость, инициативу, находчивость и стойкость, и умело проводить боевые действия по тушению пожаров с полной мобилизацией моральных и физических сил.

В статье Насырова Р. Р. и Шидловского Г. Л. «Повышение противопожарной защиты в культурно–зрелищных учреждениях» [12] рассматривается три основных этапа, которые направлены на повышение противопожарной защиты объектов, связанных с жизнедеятельностью человека, таких как сооружения, здания и т.д., а в особенности культурно–зрелищные учреждения. Эта работа направлена на предотвращение пожаров, смертей при пожарах и разработку предложений и рекомендаций для улучшения эффективности противопожарной защиты в культурно–

зрелищных учреждениях. Особый акцент делается на примере ДК «Молодежный» г. Уфа.

Исследование противопожарной защиты в культурно–зрелищных учреждениях, таких как ДК «Молодежный» г. Уфа, является важным шагом в обеспечении безопасности посетителей и персонала. Результаты этой работы будут использованы для разработки рекомендаций по усовершенствованию системы противопожарной защиты и предотвращения возникновения пожаров в данном учреждении и аналогичных объектах [19].

Учебное пособие авторов Повзик Я.С., Тербнёв В.В., Некрасов В.Б. «Пожарная тактика в примерах» в данной книге освещаются основы пожарной тактики, специфика тушения возгораний на разнообразных объектах в соответствии с Уставами и новыми рекомендациями ГУГПС МВД России по пожаротушению [13].

В работе Астапенко В.М., Кошмаров Ю.А. «Термогазодинамика пожаров в помещениях» подробно рассматриваются принципы метода математического описания пожаров в помещениях на основе средних термодинамических параметров, а также приводятся алгоритмы прогнозирования динамики термогазодинамической картины пожара. Описаны методы экспериментального исследования пожаров в помещениях и процессы теплообмена в строительных конструкциях в условиях пожара. Также проводится анализ огнестойкости строительных конструкций в нестандартных условиях, отличных от обычных испытаний. Эта работа предназначена для инженерно–технических работников пожарной охраны [14].

В справочнике Корольченко Д.А. «Универсальность механизмов тушения огнетушащими веществами» представлена современная система оценки пожаровзрывоопасности веществ и материалов представляет собой комплексный подход, включающий как экспериментальные, так и расчетные

методы. Имеется общая информация о пожаротушении, свойствах и средств пожаротушения, а также имеются рекомендации по выбору средств и методов тушения пожаров [15].

«Справочник содержит данные о пожаровзрывоопасных свойствах более 6500 веществ и материалов, которые используются в различных отраслях промышленности, таких как нефтехимическая, химическая, газоперерабатывающая, деревоперерабатывающая, медицинская, и другие, а также в строительстве» [16].

«Данные источники представляют различные аспекты исследования и разработки инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах. За счет комбинации научных публикаций и учебных пособий можно получить полное представление о текущем состоянии исследований в данной области» [16].

Существует ряд различных систем дымозащиты, разработанных для предотвращения распространения дыма в зданиях при пожарах. Каждая из этих систем имеет свои особенности, преимущества и недостатки, которые следует учесть при разработке инновационных систем дымозащиты. Ниже представлен обзор нескольких типовых систем дымозащиты:

– «вентиляционные системы»: включают в себя использование вентиляторов для удаления дыма из здания и подачи свежего воздуха. Главное преимущество таких систем – быстрое удаление дыма, что способствует обеспечению безопасности эвакуации людей. Однако, они могут быть недостаточно эффективными в случае пожаров с большим объемом и интенсивностью дыма, а также требуют существенных инвестиций для установки и обслуживания [17].

– «автоматические системы управления дымозащитой»: основываются на использовании датчиков дыма, которые автоматически активируют систему дымозащиты при обнаружении пожара. Они

обеспечивают быструю реакцию на пожар и минимизируют воздействие дыма на жителей и персонал здания. Однако, наличие ложных срабатываний датчиков и неправильное функционирование систем могут стать основными проблемами, которые могут снизить эффективность таких систем [17].

– «герметизация помещений»: Этот тип систем дымозащиты включает использование специальных материалов и наполнителей для герметизации дверных и оконных проемов при пожаре. Это позволяет предотвратить проникновение дыма в эвакуационные маршруты и помощь в защите жизни людей. Однако, данный подход может вызвать трудности с открытием и закрытием дверей, а также может привести к ограничению вентиляции и доступа к помещениям [17].

– «противодымные заслонки»: Данные системы предназначены для блокировки пути дыма в вентиляционных каналах и проемах при пожаре. Они способны предотвратить проникновение дыма в другие зоны здания и обеспечить безопасность эвакуации. Однако, требуется регулярное обслуживание и проверка работоспособности заслонок, а также корректная координация их работы с другими системами дымозащиты» [17].

Вывод: При выборе (установке) систем дымоудаления к каждому зданию необходим индивидуальный подход. Необходимо будет учитывать, к кому классу функциональной пожарной опасности относится здание. Разработка новых технологий в этой области пожарной безопасности должна стремиться к улучшению надежности.

1.2 Изучение законодательных требований и нормативных документов, регулирующих область дымозащиты зданий при пожарах

В России действует целый ряд законодательных и нормативных актов в области пожарной безопасности, регулирующих вентиляцию и дымозащиту зданий в случае пожаров. Эти документы устанавливают строгие требования к содержанию систем дымозащиты для эффективного применения в случаях пожара. Некоторые из них включают:

- Федеральный закон «О противопожарной защите»: Этот закон устанавливающий общие принципы, а также правила противопожарной защиты, включая требования к обеспечению безопасности зданий и сооружений. Внедрение систем дымозащиты в зданиях при пожарах является одним из способов реализации этих требований.

- СНиП 21–01–97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»: Этот стандарт устанавливает минимальные требования к пожарной безопасности в зданиях и сооружениях. В нем содержатся положения о требованиях к системам дымозащиты, включая требования к выбору и установке компонентов систем, их испытаниям и обслуживанию.

- ГОСТ Р 12.1.044–2011 «Системы пожарной и охранной сигнализации. Требования. Методы испытаний и контроля»: Данный ГОСТ регулирует требования к системам пожарной сигнализации, включающей в себя также системы дымозащиты. В нем указаны требования к компонентам систем, их испытаниям и контролю за их работоспособностью.

- Приказ МЧС России от 13.07.2015 № 531 «Об утверждении Правил выполнения проектных работ на объектах производственного строительства»: Данный приказ устанавливает требования к выполнению проектных работ на объектах производственного строительства, включая

требования к пожарной безопасности и использованию систем дымозащиты [1]–[6].

– «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности определена в Приказе МЧС России от 14.11.2022 № 1140».

– «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах утверждена Приказом МЧС РФ от 10.07.2009 № 404.

Кроме того, существует ряд сводов правил и рекомендаций, которые также влияют на требования к системам дымозащиты зданий при пожарах, такие как СП 2.13130.2012 «Требования пожарной безопасности к объектам технического регулирования» и СНиП 31–01–2003 «Пожарная безопасность. Здания и сооружения».

Эти документы определяют основные правила и требования к системам дымозащиты зданий при пожарах в России. При разработке и внедрении инновационных систем дымозащиты необходимо соблюдать эти требования, обеспечивая соответствие систем требованиям безопасности и эффективности [20].

При горении веществ происходят различные физико–химические процессы, которые влияют на образование и распространение дыма. Возгорание вещества обуславливается наличием трех основных компонентов: топлива, окислителя и источника тепла. При этом выделяются так называемые продукты горения, включая дым.

Ниже представлен анализ пяти законодательных документов, которые регулируют ответственности и обязанности, связанные с использованием темы «Исследование и разработка инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах»:

– Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123–ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». Этот закон устанавливает обязательные требования к пожарной безопасности объектов, включая здания, и указывает ответственность за их соблюдение.

– Постановление Правительства РФ от 1 августа 2013 года № 706 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации». В этом постановлении определены обязанности и ответственности субъектов предпринимательской деятельности в области пожарной безопасности, включающие требования к системам контроля дыма.

– Постановление Правительства РФ от 5 октября 2015 года № 1075 «Об утверждении правил по обеспечению пожарной безопасности при эксплуатации объектов капитального строительства» [57]. В данном постановлении предусмотрены меры ответственности за невыполнение требований пожарной безопасности при эксплуатации зданий.

– Постановление Правительства РФ от 7 июня 2018 года № 614 «Об утверждении Правил пожарной безопасности для зданий и сооружений». В этом постановлении устанавливаются требования к инженерным системам контроля дыма и указывается ответственность за их соблюдение [1]– [6].

Данные законодательные документы представляют основные нормативно–правовые акты, которые регулируют сферу пожарной безопасности и обязанности, связанные с использованием инновационных систем дымозащиты зданий при возгораниях.

Физико–химические процессы, происходящие при горении, включают:

– пиролиз: при нагревании вещества происходит процесс пиролиза, в результате которого древесина, пластмассы, текстиль и другие материалы разлагаются на летучие вещества и твердые остатки. Летучие вещества впоследствии горят, образуя газовые продукты горения, включая углекислый газ, оксиды азота и другие.

– окисление: Процесс окисления является важной частью горения. Окислитель, чаще всего кислород, реагирует с топливом, выделяя энергию и образуя продукты горения в виде углекислого газа, воды и других оксидов. При этом выделяется значительное количество тепла.

– образование дыма: Образование дыма происходит в результате неполного сгорания и образования твердых или жидких остатков. Дым состоит из мельчайших взвешенных частиц, которые могут включать углекислоту, твердые частицы (например, сажу или дымовые вещества) и другие вредные вещества. Видимость дыма и его плотность зависят от типа горящего материала, условий горения и используемых систем дымозащиты [21].

Понимание физико–химических процессов, происходящих при горении и формировании дыма, имеет важное значение при разработке систем дымозащиты. Это позволяет лучше предсказывать и контролировать распространение дыма, разрабатывать эффективные методы его обнаружения, управления и удаления. Это также помогает минимизировать воздействие дыма на человека и предотвращать возникновение опасных ситуаций при пожарах в зданиях [22].

Анализ технологий и методов дымозащиты включает рассмотрение различных подходов и компонентов, которые используются для предотвращения распространения дыма в зданиях при пожарах. Ниже приведен обзор некоторых из них:

– вентиляционные системы: Вентиляционные системы играют важную роль в удалении дыма и выведении его наружу. Системы могут включать использование вытяжных вентиляторов, дымовых шахт и воздуховодов для эффективного удаления дыма из здания. Вентиляционные системы также могут быть интегрированы с системами пожарной сигнализации для автоматического запуска при обнаружении пожара.

– аварийные выходы: Аварийные выходы являются важными компонентами систем дымозащиты. Они должны быть легко доступными и обеспечивать безопасный выход из здания в случае пожара. В случае синхронизации автоматических дверей (ворот) с дымозащитой, в случае задымления, своевременно закрытые двери, предотвращают проникновение дыма, в то время как плотно закрытые аварийные выходы могут помочь в сохранении чистой эвакуационной зоны.

– огнезадерживающие материалы: Применение огнезадерживающих материалов в конструкциях зданий помогает замедлить распространение огня и дыма. Эти материалы могут быть встроены в стены, потолки и полы, чтобы предотвратить распространение огня и образование дыма в смежных зонах здания.

– системы дымоудаления: Системы дымоудаления включают использование систем вентиляции с обратным потоком и дымоудаления, таких как дымовые клапаны или дымоудалительные фильтры. Они предотвращают распространение дыма из одной зоны в другую, обеспечивая чистую эвакуационную зону и облегчая работу пожарных служб.

– использование систем дымоудаления с водяным туманом: системы дымозащиты используют высокоэффективные системы распыления тонкого водяного тумана, чтобы создать барьер для дыма и предотвратить его распространение. Эти системы создают тонкую водяную пленку, которая обволакивает частицы дыма, падает на них и отводит их на поверхность, что помогает облегчить эвакуацию и снизить риск удушья дымом.

– использование интеллектуальных систем управления: Интеллектуальные системы управления могут быть интегрированы с другими компонентами системы дымозащиты, позволяя автоматическое и координированное управление системой. Это позволяет оптимизировать

работу системы в соответствии с условиями пожара, обеспечивая более эффективное удаление дыма и облегчение эвакуации [23].

Вывод: каждый из этих подходов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор определенной технологии или метода зависит от характеристик конкретного здания и его предназначения. Инновационные подходы к дымозащите постоянно развиваются, стремясь к более эффективному и безопасному предотвращению распространения дыма в зданиях при пожарах.

Вывод по 1 главе

В первой главе был проведен анализ существующих систем дымозащиты, их достоинств и недостатков.

Далее были изучены законодательные требования и нормативные документы в области пожарной безопасности, регулирующие область дымозащиты зданий при пожарах. Рассмотрены основные нормы и стандарты, определяющие требования к системам дымозащиты, такие как ГОСТы и своды правил.

В результате изучения установлено, что системы дымозащиты играют важную роль в обеспечении пожарной безопасности зданий, предотвращая распространение дыма и огня, обеспечивая безопасную эвакуацию людей.

Не смотря на все преимущества систем дымозащиты, они имеют свои недостатки. Некоторые из них могут быть дорогостоящими в установке и обслуживании, требовать специальных навыков для управления и могут иметь ограниченную эффективность в определенных ситуациях.

2 Исследование и внедрение инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах в организации

2.1 Исследование инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах

«Оборудование вентиляционной сети (вентиляторы, воздуховоды, запорно–регулирующая арматура), используемой для дымоудаления должна выдерживать высокие температуры перемещаемой среды в течение заданного времени. Это время может быть определено, исходя из пределов огнестойкости основных несущих и ограждающих конструкций, среднего времени тушения пожара в помещениях данного типа, времени эвакуации и др. Наиболее логично выбор этого времени связывать с пределами огнестойкости конструкций» [1].

«Фактическое время, в течение которого оборудование может выдерживать воздействие высоких температур, определяется экспериментально. Исследования, проведенные в ВИПТШ, показали, что центробежные вентиляторы обычного исполнения способны перемещать газы с температурой 500–600 °С в течение часа. В 1991г. во ВНИИПО проведены исследования работоспособности крышных вентиляторов в условиях высоких температур. Они показали, что крышные вентиляторы ВКР–6,3 и ВКР–8, выполненные на одном валу с двигателем, способны перемещать газы с температурой около 600 °С в течение часа» [24].

«Требования к сетям вентиляторов дымоудаления заключаются в следующем: воздуховоды должны быть плотными (класса П); шахты должны быть выполнены из негорючих материалов и иметь предел огнестойкости 0,75 ч.; клапаны должны быть выполнены из негорючих материалов, иметь предел огнестойкости не менее 0,5 ч. Допускается применение клапанов с

ненормируемым пределом огнестойкости для систем, обслуживающих одно помещение. Управление клапанами должно быть автоматическим, дистанционным и ручным или автоматическим и ручным» [7].

«Вентиляторы систем дымоудаления следует размещать в отдельных помещениях от вентиляторов других систем. Допускается устанавливать вентиляторы на кровле и снаружи здания кроме районов с расчетной температурой наружного воздуха минус 40 °С и ниже» [5].

«Часто системы естественного воздухообмена оказываются недостаточными для того, чтобы обеспечить требуемый условиями технологии воздухообмен или поддерживать соответствующий микроклимат. В этих случаях устраиваются системы механической технологической или общеобменной вентиляции, в некоторых случаях – системы кондиционирования» [25].

В качестве примера производственных зданий с мощными системами технологической вентиляции можно назвать химические заводы, многоэтажные наземные и подземные гаражи, сооружения метрополитенов и др. Системами кондиционирования оборудуются щиты управления тепловыми и атомными электростанциями, помещения вычислительных центров, помещения производств электроники и др.

За рубежом механические системы технологической, общеобменной вентиляции и кондиционирования широко используются для дымоудаления. Часто используются системы, работающие в одном режиме в условиях нормальной эксплуатации, и в другом, форсированном, при пожаре. Действующие в нашей стране нормативные документы допускают возможность использования механической вентиляции технологического или общеобменного назначения для противодымной защиты. «Преимущества такого подхода с экономической точки зрения очевидны: создание специальной системы противодымной защиты, как и создание любой другой

системы противопожарной защиты, связано с дополнительными затратами» [26].

Практическим примером использования технологической вентиляции для противодымной защиты может служить восьмоярусная подземная автостоянка на 1 800 автомобилей в Москве на пересечении пр. Мира и ул. Эйзенштейна. Автостоянка оборудована системами приточной и вытяжной вентиляции производительностью 480 000 м³/ч. При возникновении пожара на одном из ярусов вытяжные отверстия вытяжной системы перекрываются на всех ярусах, кроме того, на котором возник пожар. Вытяжная вентиляция полностью переключается на режим дымоудаления из горящего помещения. Приточные вентиляционные системы начинают подавать воздух не в ярусы, как в режиме нормальной эксплуатации, а на пути эвакуации для создания в них избыточного давления воздуха [27].

Наряду с классической системой дымоудаления с использованием воздуховодов существует импульсная или струйная система дымоудаления.

Импульсные системы дымоудаления применяются в Великобритании, Германии, Португалии, Корее, Китае и других странах, как правило, на таких объектах как автотранспортные и железнодорожные тоннели, метрополитен и в автостоянках [28].

В России подобные системы распространения пока не получили по ряду причин методологического и нормативного характера (отсутствие сертификатов на оборудование импульсной противодымной вентиляции (ИПДВ) и отличие принципа работы ИПДВ от методов обеспечения незадымляемости помещений принятые в нашей стране) [3].

Основное отличие импульсной противодымной вентиляции от классической системы дымоудаления заключается в отсутствии воздуховодов, т.е. продукты горения от очага пожара перемещаются к дымоприемным отверстиям вытяжных шахт за счет сообщения

дополнительного импульса подпотолочному слою дымовых газов, рисунок 1-2 [29].



Рисунок 1 – Принципиальная схема струйной противодымной вентиляции автостоянок

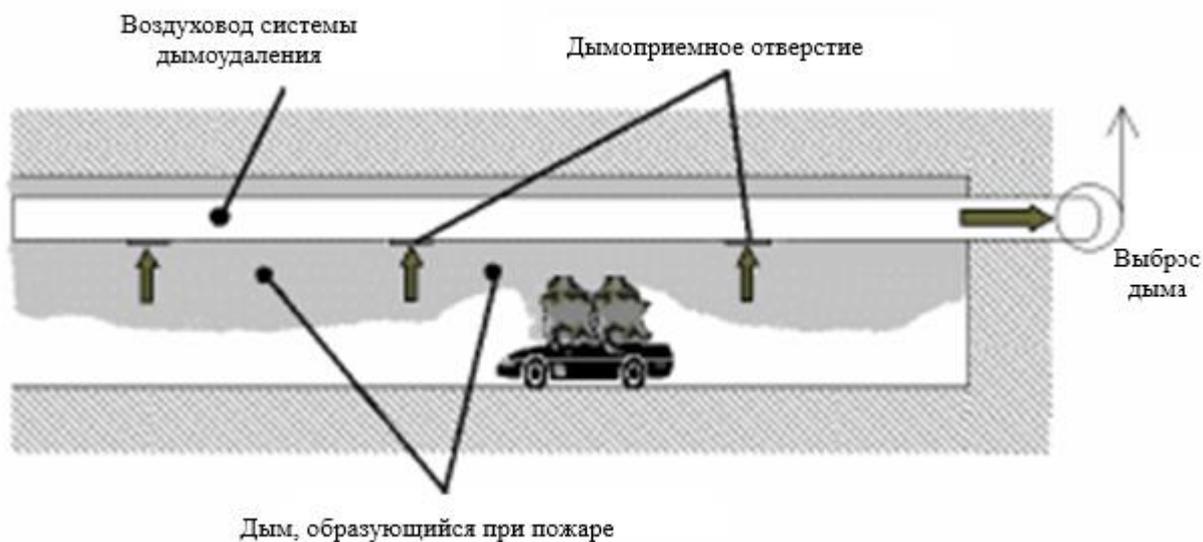


Рисунок 2 – Принципиальная схема традиционной противодымной вентиляции автостоянок с использованием воздуховодов

Подпотолочный слой дымовых газов перемещается посредством струйных вентиляторов. Применяются как осевые, так и радиальные вентиляторы, рисунок 3.



Рисунок 3 – Осевой струйный (слева) и Радиальный струйный вентилятор (справа) вентилятор [4]

При обнаружении очага пожара пожарными извещателями включаются струйные вентиляторы, причем возможно включение не всех вентиляторов в помещении, а лишь тех, работа которых будет препятствовать растеканию дымовых газов от очага горения и перемещать их к дымоприёмным отверстиям вытяжных шахт. Скорость воздушных струй должна быть выше скорости дымовых газов на границах вентилируемой зоны для предотвращения распространения дыма на остальную часть помещения [30].

Еще одним преимуществом струйной вентиляции в автостоянках закрытого типа является возможность этой системы работать в реверсивном режиме. В зависимости от того в какой части помещения возник пожар, при помощи импульсных вентиляторов продукты горения перемещаются в соответствующем направлении к дымоприёмным отверстиям вытяжных шахт, оставляя другую часть помещения незадымленной. При этом все

вентиляторы быть реверсивного типа, включая приточные и вытяжные. Более подробно это проиллюстрировано на рисунках 4-5 [5].

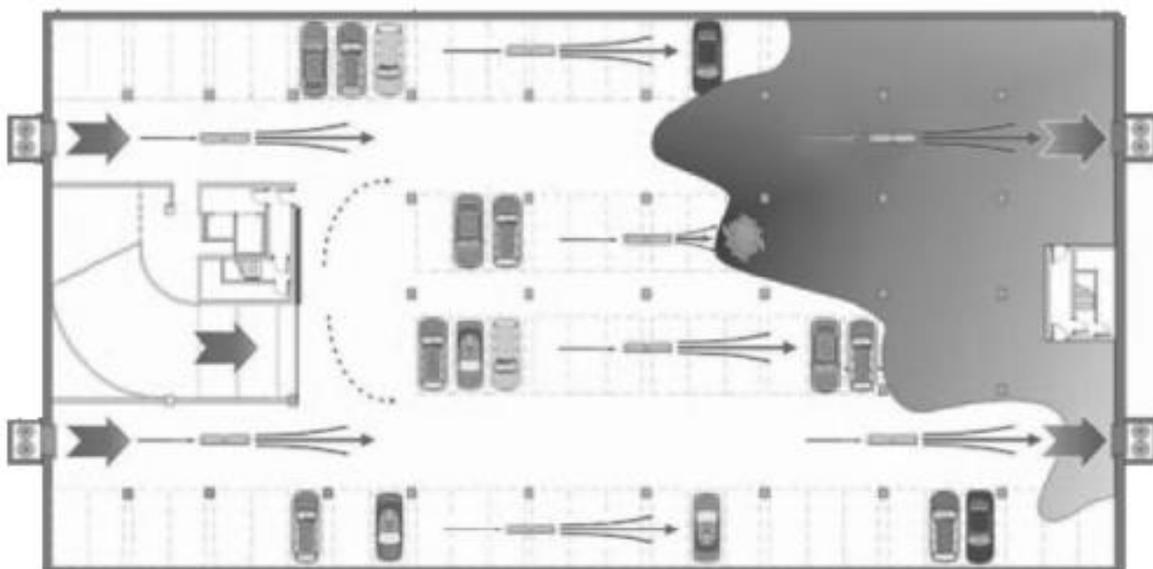


Рисунок 4 – Схема реверсивной системы струйной вентиляции – вариант 1

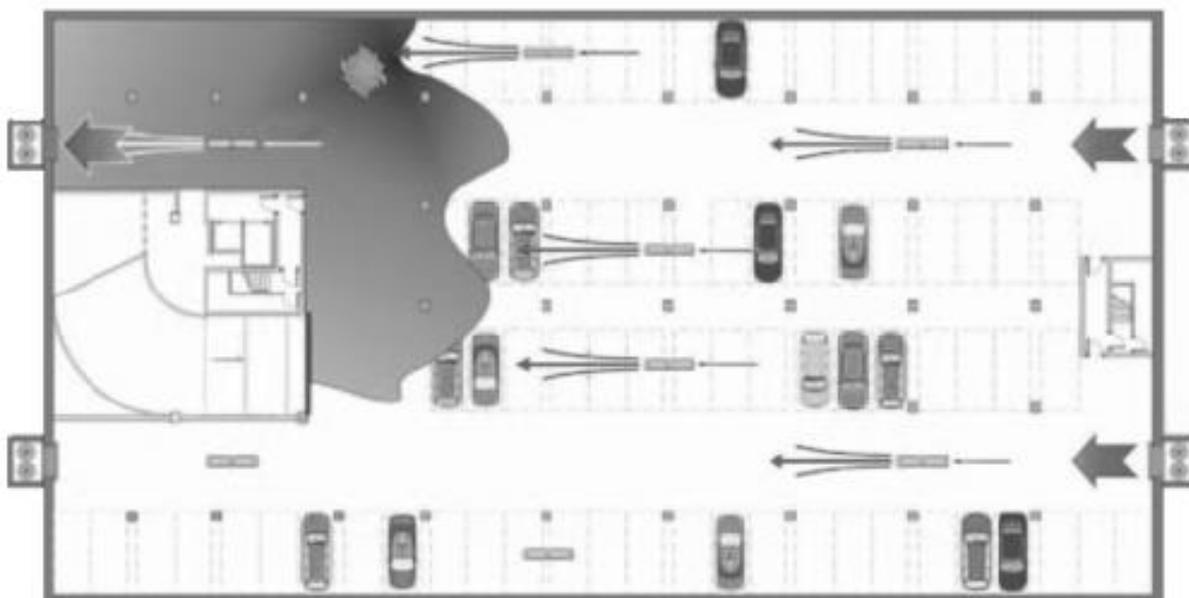


Рисунок 5 – Схема реверсивной системы струйной вентиляции – вариант 2

Для оптимизации вышеуказанных параметров, влияющих на работу системы ИПДВ, в каждом конкретном случае используются программы расчета тепломассопереноса в помещении при пожаре с учетом потоков,

создаваемых струйными вентиляторами. Программы реализуют методы математического моделирования процессов тепломассопереноса на основе решения системы уравнений баланса массы, энергии и движения в форме Навье–Стокса [31].

Несмотря на некоторые недостатки, связанные с относительно высокими расходами удаляемых продуктов горения, системы струйной вентиляции позволяют получить ряд преимуществ по сравнению с системой дымоудаления и вентиляции, оснащенной воздуховодами. Например, уменьшение высоты помещения автостоянки вследствие отсутствия воздуховодов большого сечения, отсутствие необходимости в мероприятиях, обеспечивающих нераспространение пожара и продуктов горения из помещения автостоянки в другие помещения по системам воздуховодов общеобменной и противодымной вентиляции (установка противопожарных клапанов и обеспечение нормативных пределов огнестойкости).

Конструктивными элементами системы противодымной защиты являются вентиляторы дымоудаления и подпора воздуха, воздухозаборные клапаны вентиляторов подпора, клапаны дымоудаления, автоматические устройства управления системой. В системах противодымной защиты применяются обычные вентиляторы и обычные воздухозаборные клапаны.

С появлением первых систем противодымной защиты в нашей стране в качестве клапанов дымоудаления применялись жалюзийные воздушные заслонки (клапаны воздушные регулировочные КВР). Клапан типа КВР состоит из корпуса, в боковых стойках которого имеются отверстия для осей жалюзи. Одна из сторон каждой пластины жалюзи соединена с тягой, приводимой в движение электродвигателем. Вращение двигателя вызывает движение тяги, открывающее или закрывающее пластины. Недостатком клапанов типа КВР является их высокая воздухопроницаемость (низкое значение Суд) и невысокая надежность [6].

В настоящее время наиболее широко распространены клапаны типа КДП (клапан дымоудаления поэтажный) и клапаны шторчатого типа. Клапан типа КДП состоит из корпуса, заслонки и магнитного исполнительного механизма. При подаче сигнала на исполнительный механизм освобождается защелка, удерживающая заслонку в закрытом положении. Заслонка, установленная под небольшим углом к вертикали, под действием собственного веса вращается на оси и открывает отверстие дымоудаления. Для возврата заслонки в исходное (закрытое) положение имеется металлический тросик, а для передачи сигнала в систему автоматики о положении клапана (открыт – закрыт) на его корпусе имеется концевой выключатель [32].

При проверке соответствия проектов и действующих объектов требованиям пожарной безопасности следует рекомендовать к применению клапаны типа КДП и шторчатого типа, прошедшие испытания на огнестойкость по методикам, разработанным ВНИИПО.

Вывод: В данной главе было проведено исследование современных систем дымозащиты зданий при пожарах. Были рассмотрены различные методы и технологии, которые могут быть использованы для предотвращения распространения дыма и защиты людей и имущества от пожара.

Одной из наиболее эффективных систем дымозащиты является использование автоматических дымовых заслонок. Эти устройства могут быть установлены в вентиляционных отверстиях и автоматически закрываться при обнаружении дыма. Таким образом, они предотвращают проникновение дыма в здание и способствуют эвакуации людей.

Также были рассмотрены системы пассивной дымозащиты, такие как огнестойкие перегородки и двери. Эти конструкции способны задерживать

распространение дыма и огня на определенный период времени, что позволяет людям в здании получить больше времени для эвакуации.

2.2 Разработка программы внедрения инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах и рекомендаций по их применению

Прежде чем приступить к разработке программы, проведем проектирование дымоудаления, и определим, как исполнить пожелания заказчика и одновременно гарантировать соблюдение нормативных требований, в которых устройство систем дымоудаления является необходимостью [7].

Если выбранный принцип проектирования соответствует нормативным правовым документам, то после предварительного обсуждения переходят к приемочным испытаниям. В некоторых случаях именно метод приемочных испытаний подсказывает, какое проектное решение системы дымоудаления будет наилучшим.

Проектирование и расчет системы дымоудаления осуществляется со всеми возможными упрощениями. В таком случае обслуживать жизненно важную систему становится проще [33].

Протестировать систему с проведением учебных пожарных тревог – значит осуществить первую нагрузку на систему. От погодных условий зависит, насколько эффективным будет этот процесс. Например, замерзание теплообменника во время настоящего пожара не станет существенной угрозой для системы, но во время учебной тревоги такой факт недопустим.

Испытание системы дымоудаления путем создания источника горячего дыма – единственный надежный способ, но это уже не что иное как пожар, поэтому останавливаются на использовании холодного дыма.

Все совместные обсуждения и принятые решения протоколируются и подписываются. Проектная документация системы дымоудаления позволит правильно составить схему ее взаимодействия с другими системами ОВК.

Огнестойкие перегородки необходимо должны быть размещены еще до составления детализированной схемы вентиляции, так как они существенно влияют на разводку воздуховодов. Проектировщики систем дымоудаления столкнутся с очень большой проблемой, если расположение огнестойких перегородок изменят после установки вентиляционной системы [8].

В качестве примера можно рассмотреть ситуацию с системой типа «сэндвич», то есть огнестойкой перегородкой, разделяющей помещения на одном этаже. За перемещением перегородок должна последовать переделка разводки воздуха. Особенно это становится актуальным, когда каждая зона задымления использует отдельную приточную установку [34].

Проектирование дымоудаления – это поэтапная работа. Вся проектная документация реконструируемого объекта сначала подлежит детальному расчету. Так же определяется перечень помещений, коридоров, которые должны быть оборудованы системами ДУ. Коридоры, лестничные клетки и лифтовые шахты, где подача наружного воздуха является необходимостью, фиксируются [34].

Имеющиеся в здании воздуховоды и шахты, прочие вентиляционные системы, которые могут использоваться в дальнейшем, подлежат предварительному анализу.

Производится расчет систем дымоудаления и расчет систем подпора воздуха.

Подбирается необходимое вентиляционное оборудование, определяются места установки.

После ознакомления заказчика с чертежами рабочего проекта, изометрическими схемами он знакомится со спецификацией оборудования.

Все, что предусмотрено в рамках рабочего проекта системы дымоудаления досконально изучается и проверяется.

Для обеспечения дополнительной пожарной безопасности на объектах производственного назначения в современные системы вентиляции устанавливаются дополнительные устройства, устраняющие дым из помещений.

Для достижения большей безопасности людей дымоприемными устройствами с электромагнитным приводом, к примеру, обеспечивается поступление в них дыма с последующим перенаправлением его в дымовую шахту [35].

Для быстрого отсасывания дымовых газов из помещения предусмотрен вентилятор для дымоудаления с электроприводом. Посредством вентиляционного канала – шахты, называемого иногда воздуховодом также можно выводить газ из помещения.

Чтобы регулировать давление в шахтах лифта применяется такое устройство, как вентилятор с электроприводом для осуществления подпора воздуха. Для ограничения пожароопасных факторов следует установить огнезадерживающий клапан, оснащенный электроприводом или тепловым замком [9].

Чтобы эксплуатация систем дымоудаления была эффективной, проектирование дымоудаления осуществляется в соответствии с нормативными документами.

В проекте предусматривается дистанционный и автоматический пуск системы дымоудаления десятиэтажного здания. Дистанционный пуск производится от кнопочного поста, расположенного на каждом этаже здания. Автоматический пуск производится от тепловых пожарных извещателей, установленных в прихожих квартир, а также от дымовых пожарных извещателей установленных в помещении консьержки, во внеквартирных

коридорах и лифтовых холлах. Вне зависимости от того, на каком этаже обнаружено задымление, включается вентилятор подпора воздуха в лифтовой шахте ПД1, вентиляторы дымоудаления ДУ1 и ДУ2, выдаются сигналы на опускание лифтов. В зависимости от того, на каком этаже обнаружено возгорание, открывается соответствующий клапан дымоудаления [9].

Все клапаны дымоудаления в дежурном режиме находятся под напряжением. Открытие клапанов дымоудаления производится пружинами после снятия напряжения с электроприводов.

В помещении с круглосуточным пребыванием дежурного персонала установлен центральный прибор индикации (ЦПИ). ЦПИ ведет протокол событий и в виде световых, звуковых сигналов сигнализирует о:

- пуске системы дымоудаления (по направлениям),
- пуске вентиляторов;
- отключении автоматического пуска вентиляторов;
- неисправности любого шлейфа;
- неисправности электровводов питания;
- не открытии электроклапанов за установленное время.
- открытом/закрытом положении электроклапанов [36].

Система управления обеспечивает:

- поддержание температуры приточного воздуха в подающих воздуховодах систем в режиме «нагрева» в холодное время года, путем регулирования расхода теплоносителя 3-х ходовым клапаном с приводом по сигналу от датчика температуры приточного воздуха;
- автоматическую коррекцию уставки по обратному теплоносителю, в зависимости от температуры наружного воздуха;
- отключение агрегатов при пожаре;

- управление параметрами системы в автоматическом (контроллер Контар) и дистанционных режимах (при помощи специальной системы диспетчеризации);
- индикацию работы и аварийных состояний агрегатов (система диспетчеризации);
- защиту от замерзания калориферов при помощи контактных температурных реле (термостат) [37].

Регулирование параметров вентиляции осуществляется при помощи системы автоматического управления (САУ). В состав САУ входят: чувствительные элементы (датчики), система обработки сигналов (контроллеры), исполнительные механизмы (электроприводы клапанов, электродвигатели), коммутационная и пускозащитная аппаратура. Данная система базируется на микроконтроллерах КОНТАР фирмы МЗТА. Для каждой приточно–вытяжной установки изготавливается отдельный щит автоматики. Данная САУ состоит из набора щитов управления. Данные щиты устанавливаются в вентиляционных камерах [9].

Щиты установить согласно планировкам на высоте 1,5 метра от пола.

Система автоматизации отдельной приточно–вентиляционной установки работает от 4 датчиков температуры, расположенных на улице, в воздухопроводе, в трубопроводе прямой и обратной воды калорифера. Открытие воздушных заслонок происходит синхронно. Все вентиляторы запускаются синхронно, с задержкой по времени относительно открытия воздушных заслонок.

В целях противопожарной безопасности в системе предусмотрены огнеупорные клапаны, дымоудаляющие клапаны. Также в системе запроектированы крышные вентиляторы для шахт дымоудаления и вентиляторы для подпора воздуха в шахты лифтов, тамбур–шлюзов перед

лестницей. Они подключаются и управляются от контроллера охранно–пожарной сигнализации (см. раздел ОПС) [38].

При срабатывании пожарных извещателей, контроллер ОПС выдает сигнал на все контроллеры системы вентиляции на принудительное выключение.

Задание на подключение электрического питания: подключение щитов автоматизации производить согласно однолинейной схеме щитов.

Оборудование подключать согласно прилагаемым инструкциям к приборам.

Для системы вентиляции предусмотрена диспетчеризация. Для этого в здании 1Е устанавливается персональный компьютер, между зданиями прокладывается слаботочная сеть с интерфейсом Ethernet. В ключевых домах устанавливаются разделители сети: маршрутизаторы (здания 1Д, 2К, 1Е, 2В). В диспетчерскую данного здания сводятся данные о системах в домах: 1А, 1В, 1Д, 1Е, 2К, 2В, 2И [39].

Предложим реализацию проекта дымозащиты в многоэтажном здании. Комплект оборудования «Спрут–2» обеспечивает противопожарную защиту здания:

- автоматической установкой пожарной сигнализации;
- системой противодымной вентиляции;
- системой оповещения людей при пожаре.

В дежурном режиме работы системы, прибор управления малый (ПУМ) и прибор расширения (ПР), расположенные на соответствующих этажах, осуществляют постоянный контроль шлейфов пожарной сигнализации в защищаемых помещениях и включают световое и звуковое оповещение при возникновении пожара. На техническом этаже расположены шкафы аппаратуры коммутации (ШАК) для управления электродвигателями

вентиляторов и прибор управления (ПУ), который выдает сигналы на запуск вентиляторов и опускание лифта.

В проекте предусматривается дистанционный и автоматически пуск системы противопожарной защиты. Дистанционный пуск производится от кнопочного поста, расположенного на каждом этаже здания. Автоматический пуск производится от дымовых пожарных извещателей установленных во внеквартирных коридорах.

При пуске системы, включаются вентиляторы дымоудаления ДУ и подпора воздуха ПД, производится включение системы оповещения о пожаре и выдаётся сигнал на опускание лифтов [40].

В зависимости от того, с какого этажа производится пуск системы, открывается соответствующий клапан дымоудаления. Все клапаны дымоудаления в дежурном режиме находятся под напряжением. Открытие клапанов дымоудаления производится пружинами после снятия напряжения с электрических приводов.

В пожарных постах где установлен центральный прибор индикации (ЦПИ). ЦПИ ведет протокол событий и в виде световых, звуковых сигналов сигнализирует о:

- возникновении возгорания (задымления).
- запуске системы дымоудаления (по направлениям).
- запуске вентиляторов;
- отключении автоматического запуска вентиляторов;
- неисправности любого шлейфа сигнализации;
- неисправности электрических вводов питания;
- не открытии электрических клапанов за определенное время.
- открытым/закрытым положении электрических клапанов;

Остановка вентиляторов и перевод электрических клапанов в исходное состояние производится дистанционно с ЦПИ, ПУ или ПУМ при помощи команды «Сброс ПУ(ПУМ)».

Расчет источника питания [по 8].

Расчет максимального токопотребления ПУМ или ПР для одного этажа (А):

$$I_{max} = \frac{P_{пум/пр} + P_{оповещ}}{U}, \quad (1)$$

где I_{max} – ток потребления;

$P_{пум/пр}$ – максимальная мощность, потребляемая ПУМ или ПР не более 7,5 (Вт);

$P_{оповещ}$ – мощность потребляемая оповещателями (Вт);

U – напряжение источника питания (В).

$$I_{max} = \frac{7,5 + 1,32}{24} = 0,37 \text{ А}$$

Расчет требуемой емкости аккумуляторной батареи для одного этажа (А · ч)

Расчет требуемой емкости аккумуляторной батареи:

$$W = \left(\frac{\sum P_d}{U} \cdot T_d + \frac{\sum P_m}{U} \cdot T_m \right) \cdot k, \quad (2)$$

где W – требуемая емкость аккумуляторной батареи, (А · ч);

$\sum P_d$ – сумма мощностей, потребляемая в дежурном режиме (Вт);

$\sum P_m$ – сумма мощностей, потребляемая в режиме тревоги (Вт);

T_d – время работы в дежурном режиме (ч);

T_m – время работы в режиме тревоги (ч);

U – напряжение аккумуляторной батареи;

k – коэффициент старения аккумуляторной батареи 1,3.

Итоговые расчеты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Таблица потребляемых мощностей согласно паспортам ПУМ и ПР

Назначение шлейфа	Потребляемая мощность (Вт)
Пожарный тип 1	0,29
Пожарный тип 2	0,23
Пожарный тип 3	0,20
Контроль датчика	0,20
Устройство	Потребляемая мощность (Вт)
Реле	0,50

$$\sum P_d = 0,65 + \sum P_{\text{шлейф}} = 0,65 + (0,29 \cdot 2 + 0,23 \cdot 5 + 0,20 \cdot 2) = 2,78 \text{ (Вт)}$$

$$\sum P_m = 0,65 + \sum P_{\text{шлейф}} + \sum P_{\text{устройств}} + \sum P_{\text{оповещатель}} = 0,65 + (0,29 \cdot 2 + 0,23 \cdot 5 + 0,20 \cdot 2) + (0,50 \cdot 2) + 1,32 = 5,1 \text{ (Вт)}$$

$$W = (5,559 + 1,275) \cdot 1,3 = 8,884 \text{ (А} \cdot \text{ч)}$$

Выбор источника питания:

Выбираем для обеспечения бесперебойным питанием ПУМ и ПР источник вторичного электропитания, резервированный серии СКАТ–2400И7 исполнение 5000 со следующими параметрами:

- номинальное напряжение питания $U = 24 \text{ (В)}$;
- номинальный ток нагрузки $I_{\text{ИП}} = 4,5 \text{ (А)}$;
- под АКБ 12(В), 40(А · ч) – 2 шт. [41].

Определим количество этажей, которые можно обеспечит питанием от одного СКАТ–2400И7 исполнение 5000:

Исходя из максимального токопотребления одним ПУМ или ПР:

$$N_{\text{эт}} = \frac{I_{\text{ИП}}}{I_{\text{max}}} = \frac{4,5}{0,37} = 12 \text{ этажей}$$

Исходя из емкости аккумуляторной батареи

$$N_{\text{эт}} = \frac{W_{\text{акб}}}{W} = \frac{80}{8.884} = 9 \text{этажей}$$

Из расчета видно, что одного источника питания СКАТ–2400И7 исполнение 5000 хватит на 9 этажей здания.

Оценка текущей системы дымозащиты зданий позволит выявить ее слабые места и уязвимости. Для этого необходимо изучить причины возникновения проблем и определить области, требующие немедленного внимания.

На основе проведенной оценки следует разработать план внедрения инновационной системы дымозащиты, учитывая особенности здания и его использования. Размер здания, количество этажей, наличие опасных зон и потребности пользователей должны быть учтены при разработке плана [41].

Для успешной реализации плана необходимо провести исследование рынка и выбрать надежного поставщика инновационных систем дымозащиты. Оценка качества и надежности продукции поставщика, а также ее соответствие местным нормативным актам являются важными критериями выбора.

Подготовка сотрудников по использованию новой системы дымозащиты также является важным этапом. Обучение персонала по правильному использованию системы, а также по реагированию на чрезвычайные ситуации и эвакуации людей поможет обеспечить безопасность.

Перед полным внедрением новой системы дымозащиты необходимо провести тестирование и проверку ее эффективности и соответствия требованиям безопасности. Это позволит убедиться, что система работает надежно.

Внедрение новой системы дымозащиты должно происходить постепенно, начиная с наиболее критических зон. Постоянное наблюдение и обратная связь от пользователей системы помогут улучшить ее функциональность и эффективность [42].

Регулярное обслуживание и техническое обслуживание системы дымозащиты необходимо для гарантии ее надежной работы. Это должно быть включено в ежегодный план обслуживания здания.

Следует также обновлять систему дымозащиты в соответствии с новыми технологиями и требованиями безопасности. Постоянное отслеживание инноваций в этой области и оценка необходимости изменений в существующей системе являются важными задачами.

Регулярные тренировки и учения по эвакуации с использованием системы дымозащиты помогут обучить персонал правильным действиям в случае пожара или другой чрезвычайной ситуации.

Внедрение инновационной системы дымозащиты должно быть непрерывным процессом. Постоянная оценка ее эффективности, проведение аудитов и внесение корректировок при необходимости являются неотъемлемой частью процесса.

Для разработки программы внедрения новейших систем дымозащиты зданий при пожарах и рекомендаций по их применению, следует учесть предварительно произведенный расчет и проектирование системы дымоудаления для многофункционального здания.

Программа внедрения должна включать следующие этапы:

- анализ существующих нормативных требований и стандартов в области пожарной безопасности, а также изучение опыта применения инновационных систем дымозащиты в других зданиях.

- определение основных целей и задач программы внедрения. Например, увеличение эффективности системы дымозащиты, снижение риска возникновения пожара или повышение безопасности эвакуации людей.
- разработка плана внедрения, который должен включать:
- определение этапов внедрения и сроков их реализации.
- выбор необходимых инновационных систем дымозащиты, исходя из результатов расчета и проектирования.
- определение требуемых ресурсов (финансовых, технических, кадровых и др.) для успешной реализации программы.
- определение ответственных лиц за каждый этап внедрения и контроль за выполнением задач.
- проведение пилотного проекта внедрения инновационных систем дымозащиты в одной из зон многофункционального здания. Это позволит оценить эффективность системы и внести необходимые корректировки перед масштабным внедрением.
- масштабирование проекта на всё многофункциональное здание. В данном этапе необходимо учесть особенности каждой зоны здания и разработать индивидуальные рекомендации по применению инновационных систем дымозащиты.
- оценка результатов внедрения и анализ эффективности системы. Это позволит выявить проблемные моменты и предложить рекомендации по их устранению.
- подготовка отчета о внедрении инновационных систем дымозащиты и рекомендаций по их применению. Отчет должен содержать описание всех этапов внедрения, результаты оценки эффективности и предложения по дальнейшему совершенствованию системы [43].

Важно также учесть, что в процессе разработки программы внедрения необходимо сотрудничать с проектными организациями, специалистами по пожарной безопасности и другими заинтересованными сторонами.

Вывод: В данной главе была рассмотрена разработка программы внедрения новаторских систем дымозащиты зданий при пожарах, а также даны рекомендации по их применению.

Вывод по 2 главе

В данной главе было проведено исследование новаторских систем дымозащиты зданий при пожарах. Были изучены множество методов и технологии, которые могут предотвратить распространение дыма в зданиях во время пожара.

На основе проведенного исследования была разработана программа внедрения новаторских систем дымозащиты зданий при пожарах. В рамках этой программы были разработаны рекомендации по применению этих систем, а также определены этапы и мероприятия, необходимые для успешного внедрения и использования систем дымозащиты.

3 Опытнo–экспериментальная апробация программы внедрения систем дымозащиты зданий при пожарах в организации

3.1 Процедура программы внедрения инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах

Приведем расчет и оценку внедрения для развлекательного центра на примере здания по адресу: г. Казань, ул. Ленина, д. 15. Все расчеты представлены в Приложении А.

Основной задачей подразделений пожарной охраны при любом пожаре является спасение людей и лишь во вторую очередь материальных ценностей.

Процедура внедрения программы инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах начинается с анализа текущего состояния системы безопасности здания. Для этого проводится аудит существующих систем дымоудаления и пожаротушения с целью выявления уязвимых мест и необходимости улучшения.

На основе результатов аудита разрабатывается индивидуальная программа внедрения инновационных систем дымозащиты, которая включает в себя выбор оптимальных технологий и оборудования для конкретного здания. Программа также предусматривает обучение персонала по эксплуатации новых систем и разработку плана действий в случае пожара.

Для совершенствования процесса внедрения программы инновационных систем дымозащиты можно использовать методы моделирования пожаров с помощью специализированного программного обеспечения. Это позволит оценить эффективность новых систем дымозащиты и оптимизировать их работу.

Технологии, которые могут быть применены при внедрении инновационных систем дымозащиты, включают в себя автоматические системы дымоудаления, датчики пожара, системы раннего обнаружения возгорания, а также системы аварийного оповещения и эвакуации людей из здания.

Протоколы измерений по результатам внедрения инновационных технологий:

Измерение числа пожаров:

- дата и время измерения: [20.03.2024]
- метод измерения: Сравнение данных до и после внедрения инновационных технологий.

Результаты:

- до внедрения: 10 пожаров;
- после внедрения: 2 пожара.

Измерение потерь от пожаров:

- дата и время измерения: [20.03.2024]
- метод измерения: Оценка финансовых потерь от пожаров.

Результаты:

- до внедрения: 5 млн;
- после внедрения: 1 млн.

Измерение времени эвакуации:

- дата и время измерения: [20.03.2024]
- метод измерения: Измерение времени эвакуации жильцов с помощью секундомера.

Результаты:

- до внедрения: 10 минут;
- после внедрения: 5 минут.

Измерение уровня удовлетворенности жильцов:

- дата и время измерения: [20.03.2024]
- метод измерения: Опрос жильцов по шкале удовлетворенности.

Результаты:

- до внедрения: 3 из 5;
- после внедрения: 4 из 5.

При внедрении системы дымозащиты «Спрут» с автоматической системой управления в многоэтажное жилое здание можно рассмотреть несколько методов, способов и средств:

Метод 1: Проведение полной замены существующей системы дымоудаления на систему «Спрут» с автоматической системой управления.

Сроки внедрения: 6 месяцев.

Стоимость: 500 000 рублей.

Преимущества: Новая современная система, полностью соответствующая требованиям безопасности.

Метод 2: Доработка существующей системы дымоудаления с интеграцией элементов «Спрут» и автоматической системы управления.

Сроки внедрения: 4 месяца.

Стоимость: 300 000 рублей.

Преимущества: Экономия на замене всей системы, возможность сохранить часть уже установленных компонентов.

Метод 3: Установка автономной системы «Спрут» с автоматической системой управления только в отдельные блоки здания.

Сроки внедрения: 3 месяца.

Стоимость: 200 000 рублей.

Преимущества: Быстрая установка, возможность поэтапного внедрения системы.

Для нашего случая предлагаем метод 3. Этот метод требует меньше времени на внедрение, всего 3 месяца. Это особенно важно, если требуется

быстрое улучшение системы дымозащиты без больших простоев в работе здания. Стоимость этого метода составляет 200 000 рублей, что значительно меньше, чем полная замена всей системы. Это позволяет сэкономить бюджет и расходы на обновление системы.

Установка автономной системы в отдельные блоки позволяет постепенно модернизировать систему дымозащиты в здании, начиная с наиболее критичных или чувствительных к дыму зон.

Такой подход обеспечивает гибкость в управлении системой и возможность дальнейшего расширения или модификации в будущем.

Для практической реализации метода 3, установки автономной системы «Спрут» с автоматической системой управления только в отдельные блоки здания, рассмотрим случай многоэтажного жилого комплекса «Парковые Аллеи» в городе Красногорск.

Организация «УК РКХ» решила улучшить систему дымозащиты в этом комплексе и выбрала метод 3 для внедрения. В рамках этого проекта были приняты следующие шаги:

Подготовительные работы: Специалисты провели аудит существующей системы дымозащиты, определили наиболее критичные блоки здания и разработали план поэтапного внедрения новой системы.

Установка оборудования: В первую очередь были выбраны два блока здания с наибольшим количеством жильцов. В этих блоках были установлены автономные системы «Спрут» с автоматической системой управления. Было установлено оборудование для детекции дыма, исполнительные устройства для открытия окон и вентиляции, а также система аварийного оповещения жильцов.

Тестирование и настройка: После установки оборудования провели тестирование системы в реальных условиях. Были настроены параметры

работы автоматической системы управления и обучены сотрудники службы безопасности комплекса.

Обучение жильцов: Были проведены тренинги для жильцов по правилам эвакуации в случае пожара и использованию системы дымозащиты.

После завершения всех работ организация «УК РКХ» отметила следующие результаты:

- улучшение времени эвакуации жильцов из блоков с установленной новой системой.
- снижение риска пожаров и увеличение общей безопасности жилого комплекса.
- экономия средств за счет поэтапного внедрения новой системы.

Приведем протокол испытаний системы дымозащиты в многоэтажном жилом комплексе «Парковые Аллеи».

Цель: Проверить эффективность работы новой системы дымозащиты в условиях реального пожара.

Эксперимент:

Задание: Задымление одного из блоков здания с установленной новой системой дымозащиты.

Испытуемый объект: Блок №5 жилого комплекса «Парковые Аллеи».

Методика: Имитация пожара, задымление помещения, активация системы дымозащиты.

Измеряемые параметры:

- время от обнаружения дыма до активации системы дымозащиты;
- время полного задымления помещения;
- время открытия окон и включения вентиляции после активации системы;
- время эвакуации жильцов из блока.

Протокол:

10:00 - имитация пожара, начало задымления помещения блока №5;

10:02 - обнаружение дыма системой детекции;

10:03 - активация системы дымозащиты;

10:05 - открытие окон и включение вентиляции;

10:08 - начало эвакуации жильцов из блока;

10:12 - завершение эвакуации.

Результаты:

- время от обнаружения дыма до активации системы: 1 минута;

- время полного задымления помещения: 2 минуты;

- время открытия окон и включения вентиляции: 2 минуты;

- время эвакуации жильцов из блока: 4 минуты.

Данные по эксперименту представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Эксперимент по внедрению новой системы

Время с начала эксперимента	Событие
10:00	Имитация пожара, начало задымления
10:02	Обнаружение дыма
10:03	Активация системы дымозащиты
10:05	Открытие окон и включение вентиляции
10:08	Начало эвакуации жильцов
10:12	Завершение эвакуации

Данные в таблице представлены для одного эксперимента в блоке №5 жилого комплекса «Парковые Аллеи».

Вывод: В данной главе была рассмотрена процедура программы внедрения инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах. Были рассмотрены основные этапы этой процедуры, а именно: определение целей и задач программы, анализ существующих систем дымозащиты, выбор наиболее подходящих инновационных решений, разработка плана внедрения и контроль за его выполнением.

Проведенное испытание системы дымозащиты в многоэтажном жилом комплексе «Парковые Аллеи» показало высокую эффективность и надежность новой системы. В результате эксперимента были достигнуты следующие значимые достижения:

Быстрое обнаружение дыма и активация системы: Время от обнаружения дыма до активации системы составило всего 1 минуту, что является очень быстрым реагированием на возможную угрозу пожара. Это позволяет своевременно предотвратить распространение огня и дыма.

Эффективное задымление помещения: Система дымозащиты продемонстрировала способность быстро и равномерно задымить помещение блока №5, что способствует созданию барьера для распространения дыма, для обеспечения безопасной эвакуации людей.

Быстрое восстановление воздухообмена: После активации системы дымозащиты, окна были открыты и вентиляция включена за 2 минуты, что способствует быстрой очистке помещения от дыма и обеспечивает доступ к свежему воздуху для эвакуации.

Эффективная эвакуация жильцов: Время эвакуации жильцов из блока составило 4 минуты, что говорит о хорошей организации процесса эвакуации и обеспечении безопасности для всех проживающих.

Таким образом, результаты испытаний системы дымозащиты в многоэтажном жилом комплексе «Парковые Аллеи» подтверждают ее эффективность и готовность к внедрению в реальных условиях. Новая система дымозащиты может значительно повысить уровень безопасности жильцов и снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций при пожарах.

3.2 Анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по обеспечению техносферной безопасности в организации

Проектирование системы пожаротушения с усовершенствованной технологией представляет собой проектирование АСУТП, а значит, оно производится для достижения определенных, требуемых технико-экономических показателей для объекта автоматизации. В связи с этим, требования к техническому обеспечению предъявляются следующие:

- применение датчиков с унифицированным выходным сигналом 5–25 мА. Это позволит избавиться от промежуточных преобразователей сигнала и повысит безопасность систем;
- контроллер должен иметь способность связи с компьютером управления, другими контроллерами, терминалами.
- контроллер должен быть настроен для обеспечения ручного, дистанционного и автоматического режима управления.
- контроллер должен давать возможность обработки как аналоговых, так и дискретных входных сигналов, а также обеспечивать выдачу управляющего широтно-импульсного сигнала на исполнительный механизм [47].

Так как к алгоритмическому обеспечению относят алгоритмы и модели объектов (алгоритмы управления, алгоритмы решения обычных задач), то к алгоритмическому обеспечению возникают требования обеспечения:

- первичной обработки собранной информации (масштабирование, фильтрация, контроль достоверности параметров);
- контроль параметров технологического процесса и расчет косвенных показателей, архивации данных технологических параметров;
- контроль за достоверностью параметров;
- расчет косвенных параметров;
- архивация данных технологических параметров и формирование отчетов;

- просмотр информации, а также состояния оборудования;
- прием и подтверждение сигналов аварийных сообщений;

Требования к программному обеспечению:

- независимость программных средств от используемых средств вычислительной техники и операционной среды;
- возможность расширения и изменения поставляемого программного обеспечения;
- сохранность информации в системе в случае аварийной ситуации (создание архивов, отчетов, журналов и т.д.); устройство сбора и передачи данных системы должно обеспечивать сохранность всей информации, программных средств и непрерывную работу часов при отключении сетевого питания до 1 года, а также возобновление рабочего режима при восстановлении питания.
- защита информации от несанкционированного доступа к персональным данным; парольную защиту при конфигурации ПО; защиту учетных данных в базе данных с помощью кодирования; фиксирование служебных событий в АСУ и действий оперативного персонала; фиксирование факта и места обнаружения дефектных данных.
- возможность обеспечить развития системы или ее модернизации;
- программное обеспечение должно давать возможность выполнить коррекцию параметров настройки системы и отдельных программ без прерывания выполнения основных задач, при этом, изменения должны регистрироваться;
- надежность программных средств не может быть хуже надежности КТС системы. Нужно исключить возможность «зависания» программ при нарушениях в работе отдельных аппаратных средств.
- форматы и протоколы передачи данных должны определяться на этапе проектирования и не должны искажать первичную информацию [48].
- периодичность и методика проверок технических средств системы должна быть определена инструкциями по эксплуатации этих средств.

Порядок проведения поверки выполняется по утвержденным организационным мероприятиям Заказчика [49].

К информационной подсистеме АСУ ТП существуют следующие требования:

- возможность связи при помощи различных сетей, в том числе поддержка современных сетевых технологий быстрой передачи информации;
- информационная совместимость по отношению к внешним системам [50].

По терминологии надежности системы, это есть свойство, обусловленное ее безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью и обеспечивающее нормальное выполнение заданных функций.

- среднее время для наработки до отказа не менее 35 000 часов;
- среднее время для восстановления после отказа не более 1 часа;
- средний срок для службы не менее 20 лет [51].

Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы; Технические средства системы должны быть размещены в местах, допускающих обслуживание в соответствии с требованиями инструкций по эксплуатации этих средств; Электропитание комплекса технических средств АСУ должно обеспечиваться:

- основное – от сети переменного тока напряжением 220В +10–15%, частотой 50 + 1Гц;
- резервное – от источника бесперебойного питания 220В +10% [52].

При эксплуатации системы необходимо руководствоваться следующими директивными документами:

- «Правила эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правила охраны труда, техники и пожарной безопасности»;
- «Правила устройства электроустановок»;
- «Правила эксплуатации котельных установок».

Системная эксплуатация должна выполняться в строгом соответствии с требованиями, изложенными в документации на АСУ и инструкций по эксплуатации отдельных компонентов системы.

Система, разрабатываемая нами, должна удовлетворять требованию минимального обслуживания.

Техническое обслуживание средств системы должно обеспечивать круглосуточную эксплуатацию. Должно включать в себя:

- проведение технического обслуживания, ремонт и наладку технических средств;
- требования к автоматизированному рабочему месту оператора–технолога;
- наличие сенсорного экрана или функциональных клавиш;
- отображение информации о технологическом процессе на экране монитора в виде графических видеogramм [53].

Таким образом, требований к системам АСУТП – огромное количество. В случае же АСУ ТП изучаемого объекта можно сказать, что требования сводятся к следующим базовым:

- поддержку параметров в заданных пределах в соответствии с нормативным документом;
- надежность;
- качество синхронизации;
- пожаро – и взрывобезопасность;
- работоспособность [54].

Модернизированная система автоматического управления состоит из трех составляющих, охватывающих как автоматизацию технологического процесса и автоматизацию противоаварийной сигнализации, так и автоматизацию пожаротушения.

Кроме того, модернизированная система – более современная, трехуровневая.

Нижний уровень состоит из контрольно–измерительных приборов и автоматики, такой, как датчики уровня, расходомеры, датчики положения, датчики контроля нижнего концентрационного предела распространения пламени.

Далее мы рассмотрим состав систем ОПС. Для обеспечения повышенной отказоустойчивости (в ущерб экономической выгоде) будет увеличено количество периферийных устройств для изоляции отдельных сегментов системы. Количество дымовых датчиков, ручных пожарных извещателей и динамиков системы обеспечения в обеих системах будет одинаково. В обоих вариантах ОПС подключается к АРМ оператора, имеет систему резервированного питания. Рассчитываться будут только различные элементы ОПС.

Существующая система пожаротушения с водяной технологией строится из следующих элементов:

- пульт контроля и управления охранно–пожарный С2000М – 1 шт.
- контроллер двухпроводной линии связи С2000–КДЛ – 2 шт.
- блок индикации с клавиатурой С2000–БКИ – 1 шт.
- извещатель пожарный дымовой оптико–электронный адресно–аналоговый «ДИП–34А–04» со встроенным изолирующим блоком – 96 шт.
- извещатель пожарный ручной адресный «ИПР 513–3АМ» – 22 шт.
- блок сигнально–пусковой С2000–СП1 исп.01 – 1шт.
- блок сигнально–пусковой С2000–СП1 – 1 шт.
- преобразователь С2000–USB – 1 шт.

Экономическая характеристика системы представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Стоимость элементов системы

Наименование	Кол–во	Цена на шт.
С2000М	1	7028
С2000–КДЛ	2	2365
С2000–БКИ	1	4691

ДИП-34А-04	96	1114
ИПР 513-3АМ	22	595
С2000-СП1 исп.01	1	2127
С2000-СП1	1	1856
С2000-USB	1	1478

Общая стоимость элементов системы пожаротушения с усовершенствованной технологией составляет 137744 рублей.

Проектирование модернизированной ОПС с применением элементов Siemens Cerberus ECO FC1840-A3 строится из следующих элементов:

- панель управления Siemens FC1840-A3 (Cerberus ECO) – 1 шт.
- линейная карта Siemens FC11801-A1 – 8 шт.
- изолятор линий Siemens FDCL181 – 9 шт.
- дымовой извещатель Siemens FDO181 –96 шт.
- ручной извещатель Siemens FDM181 – 22 шт.
- преобразователь Siemens FCA1804 (USB/RS232) –1 шт.

Экономическая характеристика системы представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Стоимость элементов системы Siemens Cerberus ECO FC1840-A3

Наименование	Кол-во	Цена на шт.
Siemens FC1840-A3	1	105565
FC11801-A1	8	22879
FDCL181	9	1599
FDO181	96	1391
FDM181	22	1599
FCA1804 (USB/RS232)	1	7371

Общая стоимость элементов системы пожаротушения с усовершенствованной технологией составляет 384073 рублей.

Для анализа затрат на внедрение системы дымозащиты "Спрут" с автоматической системой управления в многоэтажное жилое здание необходимо провести следующие шаги:

Составить бизнес-план проекта, в котором будут оценены все затраты на приобретение и установку системы, а также операционные расходы.

Провести анализ рынка и конкурентов для определения оптимальной цены продажи услуг по установке и обслуживанию системы дымозащиты.

Оценить потенциальный доход от внедрения системы, исходя из прогнозируемого спроса на данную услугу.

Рассчитать окупаемость проекта и принять решение о его целесообразности.

Работодатель обязан делать эти затраты на основании документов, таких как:

Техническое задание на внедрение системы дымозащиты, утвержденное соответствующими органами и заказчиком.

Договор на поставку и установку системы с поставщиком.

Смета затрат на внедрение системы, подготовленная специалистами по проектированию и строительству.

Финансовый план проекта, включающий расходы на приобретение оборудования, оплату труда специалистов, налоги и другие операционные расходы.

На основании этих документов работодатель может сделать обоснованные затраты на внедрение системы дымозащиты и принять решение о реализации проекта.

Работодатель должен учитывать общую стоимость элементов системы пожаротушения с усовершенствованной технологией в размере 384073 рублей при планировании затрат на проект. Эти расходы должны быть отражены в документах, таких как техническое задание, договор на поставку и установку оборудования, смета затрат и финансовый план проекта. На основе этих данных можно сделать обоснованные расчеты и принять решение о реализации проекта.

Подводя итог, можно сделать следующие выводы:

В системе ОПС Siemens мы выделили 9 независимых, защищенных от перепадов напряжения благодаря изоляторам линий кабельных трасс, тогда как в системе пожаротушения с усовершенствованной технологией мы имеем 3 линии, без возможности дополнительной защиты.

Это играет важную роль в случае возникновения и распространения пожара. В первом случае при повреждении огнем кабельных линий ОПС, система оповещения продолжит исправно функционировать, тогда как во втором случае, из-за невозможности (без использования оборудования сторонних производителей) защиты линии, возможен её отказ [55].

С экономической точки зрения, системы пожаротушения с усовершенствованной технологией более привлекательна ввиду её дешевизны и повышенного эффекта пожарной безопасности.

Для оценки работоспособности и эффективности инновационной системы дымозащиты проводятся лабораторные испытания на примере конкретной организации или объекта. Этот процесс включает следующие этапы:

- подготовка объекта и моделирование ситуаций: определяется конкретный объект или здание, на котором будет установлена инновационная система дымозащиты. Определяется конкретный объект, а затем создается его модель с учетом физических характеристик и специфических условий, включая расположение помещений, структуру здания и потенциальные источники пожара.
- установка и настройка системы на объекте.
- проведение лабораторных испытаний, которые включают в себя симуляцию пожарных ситуаций и оценку работы системы дымозащиты в различных сценариях. Запускаются тестовые сценарии, и производится оценка эффективности работы системы в предотвращении распространения дыма и обеспечении безопасности эвакуации.
- анализ результатов. Полученные результаты сравниваются с требованиями и целями, поставленными перед системой дымозащиты.

– внесение корректировок и улучшений. Это может включать перенастройку параметров работы системы, внесение изменений в конструкцию или добавление дополнительных компонентов для повышения ее эффективности.

Проведение лабораторных испытаний инновационной системы дымозащиты на конкретном объекте позволяет проверить и оценить работоспособность системы, ее соответствие требованиям и эффективность предотвращения распространения дыма. Это позволяет уточнить конечный дизайн и настройки системы перед ее внедрением на реальном объекте.

Кроме жилого многоэтажного здания, апробация была проведена в торговом центре. Апробация инновационных систем дымозащиты в ТЦ «Авиапарк» в Москве является хорошим примером реальной практической проверки эффективности систем на крупном объекте. «Авиапарк» — это одно из крупнейших торговых центров в Европе, в котором пребывает множество посетителей. В рамках апробации системы дымозащиты были проведены различные испытания и симуляции.

Торгово–развлекательный центр «Авиапарк» обеспечен огнезащитными материалами из каменной ваты, произведенными компанией «ТехноНИКОЛЬ». Общая площадь объекта составляет 390 000 квадратных метров. В качестве теплоизоляционного слоя в кровельном пироге используется негорючий материал из каменной ваты. Каменная вата также используется в качестве нижнего теплоизоляционного слоя, обеспечивая пожаробезопасность конструкции.

На объекте также применяются материалы для огнезащиты внутренних систем коммуникации и тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Для огнезащиты систем дымоудаления используется мат прошивной, способный выдерживать высокие температуры. Он покрыт стальной сеткой и прошит металлической проволокой, что упрощает его монтаж. Инженерные системы обеспечены огнезащитными материалами, которые эффективны в широком диапазоне температур (до +570 °С).

Результаты апробации системы дымозащиты в ТЦ «Авиапарк» позволили оценить эффективность тестирования действующей системы, а также выявить потенциальные проблемы и провести необходимые корректировки.

Разработка экспериментальной установки и проведение полноценных испытаний на объекте смоделированного пожара с участием пожарных служб являются важными этапами для оценки эффективности и безопасности системы дымозащиты.

Примером объекта, на котором проводились подобные испытания, является Burj Khalifa – самое высокое здание в мире, расположенное в Дубае. В 2014 году на этом объекте было проведено экспериментальное испытание системы дымозащиты. Целью испытаний было определить эффективность системы пожарной защиты и способность ее справиться с пожарной ситуацией на таком высотном объекте.

В ходе эксперимента был создан контролируемый смоделированный пожар в здании Burj Khalifa, с участием пожарных служб. Были активированы системы дымоудаления, пожаротушения, открыты аварийные выходы и активированы системы оповещения и эвакуации. Системы мониторинга и контроля собирали данные о работе системы и параметрах пожара.

Результаты испытаний Burj Khalifa позволили оценить эффективность и надежность системы дымозащиты в экстремальных условиях, определить ее соответствие требованиям безопасности и эффективности. Испытания такого масштаба позволяют разработчикам и инженерам улучшать системы и принимать меры для улучшения безопасности сооружений при возникновении пожарной угрозы.

Проанализировав результаты испытаний на объектах ТЦ «Атриум» и Burj Khalifa, можем провести оценку общих требований безопасности и эффективности инновационных систем дымозащиты.

Для систем дымозащиты важны следующие требования безопасности и эффективности:

– эвакуация и спасение: Разработанная система должна обеспечивать безопасность эвакуации людей, находящихся в зданиях, путем предотвращения распространения дыма и создания чистой эвакуационной зоны. Результаты испытаний должны показывать, что система успешно выполняет свою основную задачу — сохранение жизни людей в случае пожара.

– предотвращение пожара: Разработанная система должна иметь компоненты для обнаружения пожара и его быстрого тушения. Тестирование должно показать, что система эффективно реагирует на пожарные сигналы и предотвращает его распространение, минимизируя ущерб и риск для объекта.

– соответствие стандартам: Разработанная система должна соответствовать федеральным нормам и правилам требований пожарной безопасности.

Испытания должны проводиться, учитывая различные сценарии пожаров, типов, объемов помещений, чтобы убедиться в эффективности системы в разных условиях.

Оценка соответствия разработанной системы требованиям безопасности и эффективности играет ключевую роль и основывается на результате испытаний. Тщательные лабораторные испытания на реальных объектах, таких как торговые центры и многоэтажные здания, позволяют проанализировать данные, установить уровень безопасности и эффективности системы, а также внести необходимые улучшения для обеспечения безопасности всех присутствующих.

Вывод: в ходе анализа были рассмотрены различные аспекты безопасности, такие как информационная безопасность, физическая безопасность, защита от возможных аварий и катастроф, а также защита от внутренних и внешних угроз. Были проанализированы существующие

мероприятия и предложены новые, более эффективные способы обеспечения безопасности техносферы.

Вывод по 3 главе

В данной главе была проведена опытно–экспериментальная апробация программы внедрения систем дымозащиты зданий при пожарах в организации.

В разделе 3.1 была описана процедура программы внедрения инновационных систем дымозащиты зданий. Были определены этапы и последовательность действий, необходимых для успешной реализации программы. Также были указаны основные требования к системам дымозащиты и приведены примеры их использования.

В разделе 3.2 был проведен анализ и оценка эффективности предлагаемых мероприятий по внедрению систем дымозащиты. Были выявлены преимущества и недостатки систем дымозащиты, а также определены возможные риски и угрозы при их использовании. Были предложены рекомендации по улучшению эффективности систем дымозащиты и снижению рисков.

В целом, опытно–экспериментальная апробация программы внедрения систем дымозащиты зданий при пожарах в организации позволила оценить их эффективность и применимость в конкретных условиях. Результаты анализа и оценки помогут организации принять обоснованные решения по использованию систем дымозащиты и обеспечению техносферной безопасности.

Заключение

Выводы по исследованию и разработке инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах подтверждают их важность и значимость для обеспечения безопасности людей и защиты имущества. Исследование показало, что разработка и применение таких систем являются необходимыми шагами для минимизации рисков и угроз, связанных с пожарами.

Полученные результаты демонстрируют, что инновационные системы дымозащиты способны эффективно предотвращать распространение дыма и обеспечивать безопасную эвакуацию людей в случае пожара. Путем сравнения с существующими аналогами установлено, что разработанные системы обладают рядом преимуществ, включая более высокую эффективность, надежность и адаптивность к различным условиям.

На основе полученных результатов рекомендуется активно внедрять разработанные системы дымозащиты в зданиях различных типов, таких как торговые центры, высотные здания, офисные комплексы и другие объекты. Оптимизация системы может включать тщательное проектирование, основанное на хорошо обоснованных математических моделях, и ее дальнейшее улучшение на основе проведенных испытаний.

Одновременно с этим, рекомендуется проведение дальнейших исследований в области систем дымозащиты зданий при пожарах. Можно уделить внимание разработке и применению новых материалов, технологий и методов для еще более эффективной борьбы с дымом и пожарами, а также для улучшения процесса эвакуации людей.

Перспективы дальнейших исследований в данной области могут включать разработку интеллектуальных систем дымозащиты, использование искусственного интеллекта и аналитики данных для повышения

прогнозируемости и оптимальности работы системы, а также дальнейшую стандартизацию и нормативное регулирование в сфере систем дымозащиты зданий.

Разработанная программа внедрения инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах была эффективно апробирована и привела к достижению высоких результатов.

Процедура внедрения данных систем была разработана и успешно осуществлена в организации. Анализ эффективности предложенных мероприятий показал положительные результаты и подтвердил заметное улучшение техносферной безопасности в организации.

Таким образом, исследование и разработка инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах является ключевой областью, способствующей обеспечению безопасности людей и защите имущества. Необходимо продвигать разработанные системы, оптимизировать их на основе рекомендаций, а также продолжать исследования в этой сфере для постоянного улучшения и повышения эффективности систем дымозащиты.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аврахова А.П., Байдалина Л.А., Галимов И.А., Сметанкина Г.И., Чернов С.С., Черунова И.В., Ярковой В.А. Информационные технологии: приоритетные направления развития. Новосибирск, 2018.
2. Акимов В.А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах: Учебное пособие / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев. – М.[Текст]: Деловой экспресс, 2022.
3. Брушлинский Н.Н. Теоретические основы организации и управления деятельностью противопожарной службы. Моделирование процесса ее функционирования / Н.Н. Брушлинский и др. // Пожаровзрывобезопасность. – 2021. – № 1. – С. 3–15.
4. Брушлинский Н.Н. К вопросу о вычислении рисков / Н.Н. Брушлинский, Клепко Е.А. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – М.[Текст]: ВИНТИ. –2022, вып.1.
5. Брушлинский Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях [Текст]: Пожарная безопасность. – 2019, № 3.
6. Брушлинский Н.Н. О распределении эрланга и некоторых его приложениях / Е.М. Алехин, Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Пожаровзрывобезопасность. – 2018. – Т. 23, № 6. – С. 11–17.
7. Брушлинский Н.Н. Оргпроектирование противопожарной службы России / Н.Н. Брушлинский, С.В. Соколов // Проблемы управления безопасностью сложных систем: труды XXI Международной конференции / под редакцией Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. – М., 2020. – С. 34–36.
8. Брушлинский Н.Н. Оценка рисков пожаров и катастроф / Н.Н. Брушлинский, Глуховенко Ю.М. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.[Текст]: ВИНТИ. – 2019, вып.1 – С.13–39

9. Брушлинский Н.Н. Снова о рисках и управлении безопасностью систем // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.[Текст]: ВИНТИ. – 2022, вып.4
10. Брушлинский Н.Н., Вагнер П., Соколов С.В., Холл Д. Мировая пожарная статистика [Текст]: Академия ГПС МЧС России, 2022. – 126 с
11. Гаврилей В.М. К вопросу о техносферной безопасности [Электронный ресурс] / В.В. Белозеров, В.М. Гаврилей, Ю.В. Прус // Технологии техносферной безопасности: интернет–журнал. – 2010. – № 3 (31). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2010-3/11-03-10.ttb.pdf> (дата обращения: 24.12.2023).
12. Гаврилей В.М. О стратегии развития науки и инноваций с точки зрения безопасности жизнедеятельности / П.П. Баранов, В.М. Гаврилей // Глобальная безопасность. –2020. – № 1. – С. 144.
13. Глуховенко Ю.М. Пожарная безопасность зданий и сооружений в контексте действия двух федеральных законов: технического регламента о требованиях пожарной безопасности и технического регламента о безопасности зданий и сооружений / В.Б. Коробко, Ю.М. Глуховенко // Пожаровзрывобезопасность. – 2020. – Т. 19, № 7. – С. 43–57.
14. Данилов М.М., Денисов А.Н., Захаревский В.Б. Программно – алгоритмическое обоснование решения задачи управления и принятия решений при пожаротушении на объектах экономики. Материалы четвертой международной научно–практической конференции молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности–2018». – М: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 367 с. Стр. 246 – 248.
15. Данилов М.М. Алгоритм оценки принятия решения при ведении оперативно тактических действий / Денисов А.Н. // Материалы международной научно–практической конференции молодых ученых и

специалистов «Проблемы техносферной безопасности 2012». – М: Академия ГПС МЧС России, 2018. – 259 с. Стр. 197–199.

16. Данилов М.М. Действия гарнизона пожарной охраны в условиях возникновения чрезвычайной ситуации на объектах экономики. Тушения пожара на ОАО «ПОЛИМЕР»: Учебно–методическое пособие / в соавторстве. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. 115 с.

17. Данилов М.М. Некоторые аспекты принятия решений при управлении процессом тушения пожара / Денисов А.Н., Опарин Д.Е. // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в РФ. Материалы VI Всероссийской научно–практической конференции (30 мая 2012 года). В 2 частях. – Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2018. Ч.1. – 184 с. Стр. 143–145.

18. Данилов М.М. Оценка принятия решения руководителем тушения пожара на основе функции полезности / Денисов А.Н. // Материалы международной научнопрактической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации», – М: Академия ГПС МЧС России, 2019. 115 с. Стр. 124 – 128.

19. Данилов М.М. Теоретическое обоснование метода принятия решений в сложных иерархических системах / А.Н. Денисов // Материалы второй международной научно–технической конференции «Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации». М.: Академия ГПС МЧС России, 2020, 418 с. Стр. 156–158.

20. Демёхин Ф.В. Внедрение инновационных технологий в систему противопожарной защиты критически важных и сложных объектов / А.Н. Тупицын, Ф.В. Демёхин, А.Н. Членов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2020. – № 4. – С. 24–27.

21. Исследование вопросов построения критериев оценки эффективности деятельности пожарной охраны. Том № 2: отчёт МВД. Руководитель Н.Н. Брушлинский. Инв. № 909. – М., 2020.
22. Кирюханцев Е.Е., Иванов В.Н. О повышении эффективности тушения пожаров в высотных зданиях. Интернет–журнал «Технологии техносферной безопасности». Выпуск № 5 (51), 2020 г.
23. Ковалевич О.М. К вопросу об определении «степени риска»/ О.М. Ковалевич // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – М.[Текст]: ВИНТИ. – 2022, вып.1.
24. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. –М.: Академия ГПС МВД России, 2018. 118 с.
25. Официальный сайт МЧС. [Электронный ресурс]. Режим доступа [: <https://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/news/item/34144202>. Дата обращения: 24.12.2023 г.
26. Пожарные риски. Вып.4. Управление пожарными рисками / Под ред.Н. Н. Брушлинского, Ю.Н. Шебеко. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2019.
27. Пожарные риски: основные понятия/под ред. Н. Н. Брушлинского – М.[Текст]: Национальная академия наук пожарной безопасности, 2020.
28. Пожарные риски: основные понятия/под ред. Н. Н. Брушлинского – М.[Текст]: Национальная академия наук пожарной безопасности, 2022.
29. Порошин А. А., Харин В. В., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю., Кондашов А. А. Изучение факторов, влияющих на формирование обстановки с пожарами в сельских поселениях субъектов Российской Федерации с использованием факторного анализа // Безопасность техногенных и природных систем. «1–2, 2020 г. с. 69–85.

30. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 N 87 (ред. от 06.07.2019) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» // Консультант плюс: справочно-правовая система.

31. Приказ Министерства Российской Федерации № 156 «По делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» Введен 31.03.2018; [Электронный ресурс]. URL: <http://www.studfiles.ru/preview/5674908/> (дата обращения: 24.12.2023).

32. Приказ МЧС России от 03.07.2018 N 341 «Об утверждении свода правил «Пожарная охрана предприятий. Общие требования»; [Электронный ресурс]. URL: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-mchs-rossii-ot-03072018-n-341/> (дата обращения: 24.12.2023).

33. Приказ МЧС РФ от 21.11.2008 N 714 (ред. от 17.01.2012) «Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 12.12.2008 N 12842).

34. Разработка методики комплексной оценки эффективности пожарных подразделений: отчёт МВД. Руководитель Н.Н. Брушлинский. Инв. № 1012. –М., 2018.

35. Свод правил СП 4.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям»; [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/document/3743528> (дата обращения: 24.12.2023).

36. СИТИС–СПН–1 Пожарная нагрузка. Справочник. Редакция 3 от 20.06.2020.

37. Сметанкина Г.И., Дашко С.А. К вопросу об оптимизации системы государственного управления в области пожарной безопасности Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2019. № 1–2 (5). С. 333–335.

38. Сметанкина Г.И., Дашко С.А. Пожарная безопасность как составляющая национальной безопасности государства. Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2019. № 28. С. 153–158.

39. Сметанкина Г.И., Дорохова О.В., Дашко С.А. Организационно–управленческие проблемы обеспечения пожарной безопасности. В сборнике: Современные концепции развития науки. Сборник статей Международной научно–практической конференции. Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. 2019. С. 54–58.

40. Собурь С.В. Пожарная безопасность общественных и жилых зданий/ С.В. Собурь – М.[Текст]: Академия ГПС МЧС России, 2018.

41. СП 118.13330.2018 «Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31–06–2009». [Электронный ресурс]/ Компьютерная справочно–правовая система Кодекс// Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200092705>. (дата обращения: 24.12.2023)

42. Статья «Виды пожарных рисков» [Электронный ресурс].–Режим доступа: <http://www.audit01.com/pozharne-riski-otsenka-i-rastchet/details/vidy-rozharnyh-riskov/> (дата обращения: 24.12.2023).

43. Терещнев В.В., Подгрушный А.В., Артемьев Н.С. Пожаротушение в зданиях повышенной этажности: учеб. пособие. М.: Академия ГПС МЧС России, 2019. 117 с.

44. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69–ФЗ (ред. от 26.07.2019) «О пожарной безопасности» // Консультант плюс: справочно-правовая система. (дата обращения: 24.12.2023)

45. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123–ФЗ (ред. от 27.12.2020) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»// Консультант плюс: справочно-правовая система. Дата обращения: 24.12.2023.

46. Федеральный закон от 27.12.2002 N 184–ФЗ (ред. от 29.07.2018) «О техническом регулировании» // Консультант плюс: справочно-правовая система. Дата обращения: 24.12.2023.

47. Федеральный закон от 30.12.2009 N 384–ФЗ (ред. от 02.07.2020) «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» // Консультант плюс: справочно-правовая система. Дата обращения: 24.12.2023.

48. Физкультурно–оздоровительные и спортивные сооружения: Нормы, правила, рекомендации по реконструкции, ремонту и техническому обслуживанию /Под общей ред. Л. В. Аристовой. – М.: Советский спорт, 2018.

49. Физкультурные и спортивные сооружения /Под ред. Л. В. Аристовой. – М., 2021.

50. Харисов Г.Х. Методические указания к решению задач и выполнению контрольных заданий по аварийно–спасательным работам. – М.: Академия ГПС МВД России, 2020. 45с

51. Choi H.S. et al. Reduction of submicron–sized aerosols emission in electrostatic precipitation by electrical attraction with micron–sized aerosols. Powder Technol. 2021

52. Hu L.H. et al. Modeling fire–induced smoke spread and carbon monoxide transportation in a long channel: fire dynamics simulator comparisons with measured data. J. Hazard. Mater. 2019

53. Jaworek A. et al. Two–stage electrostatic precipitators for the reduction of PM_{2.5} particle emission. Prog. Energy Combust. Sci. 2018

54. Kuroda Y. et al. Effect of electrode shape on discharge current and performance with barrier discharge type electrostatic precipitator. J. Electrostat. 2023

55. Long Z. et al. Evaluation of various particle charging models for simulating particle dynamics in electrostatic precipitators. J. Aerosol Sci. 2020

56. Гафуров А.А. Исследование и разработка инновационных систем дымозащиты зданий при пожарах // Актуальные аспекты развития современной науки. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». 2023. С 14-18.
URL: <https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/11/МК-1847.pdf>

57. Постановление Правительства РФ от 05.10.2015 N 1075 «Об утверждении правил по обеспечению пожарной безопасности при эксплуатации объектов капитального строительства» // Консультант плюс: справочно-правовая система.

Приложение А

Расчет и оценка внедрения для многофункционального здания

С целью обеспечения противодымной безопасности находящихся в комплексе людей предусматривается реализация систем вентиляции, выполняющих следующие функции:

- удаление дыма из подземных гаражей;
- удаление дыма из коридоров на этажах, лишенных дневного света, ведущих к вертикальным путям эвакуации (лестницам и лифтам) с этажа, возбужденного пожаром;
- подпор воздуха в тамбурах, обеспечивающих соединение между гаражами и другими помещениями подземных уровней [44].

Для противодымной защиты здания предусматриваются системы приточной вентиляции рисунка 6, которые обеспечат создание избыточного давления воздуха в лестничных пролетах и тамбурах, которые могут помешать распространению дыма на этажах.

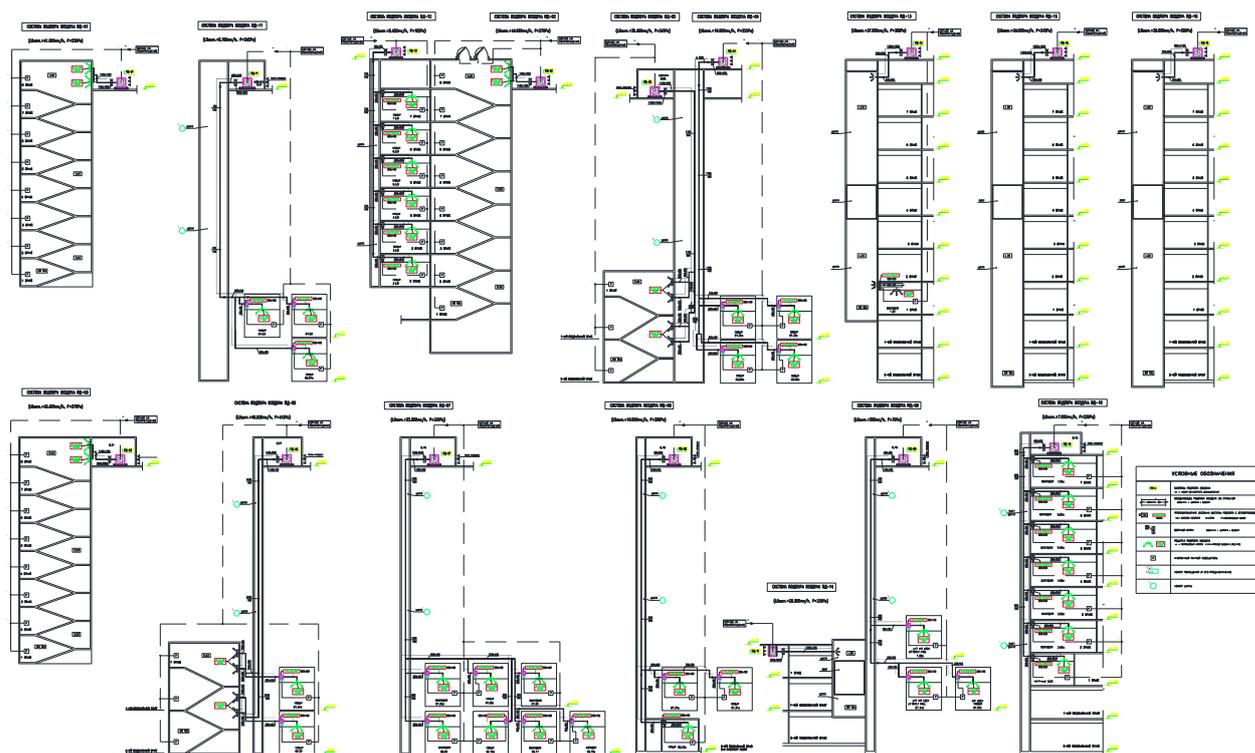


Рисунок А.1 – Система противодымной вентиляции (см. подробно графическую часть)

– Система ПД–01

Система противодымового притока ПД–01 обеспечивает создание сверхвысокого давления воздуха 20Ра внутри лестничной шахты между осями E'–G'/20–21 (помещение S01) уровней 1о÷7о, согласно пункту 5.15–В норматива СНиП 2.04.05–91 (лестничная шахта не подвластна скоплению дыма 2–го типа).

Количество воздуха, которое должно быть накачено в лестничный пролет, было определено следующим указанием, содержащимся в дидактическом руководстве 4.91 (применение систем, предусмотренных нормами СНиП В.2.5–67:2013) [45].

Было определено давление воздуха внутри вестибюля, на первом уровне здания, по формуле:

$$P_{вес} = P_{ул} = 0,7 \cdot v_2 \cdot \rho_n + 20, \quad (3)$$

где $P_{вес}$ - давление воздуха внутри вестибюля, Па;
 v – скорость ветра, принятая согласно приложению 8 к нормативу
 СНиП 2.04.05–91 [холодный период года – Параметры В];
 ρ_n – плотность наружного воздуха (кг/м^3) с расчетной
 температурой test [Холодный период года – Параметры В].

Было принято:

$V=4,2$ м/с.

$\rho_n = 1,364$ кг/ч³; (Test= –22 °С).

Итак, получаем:

$$P_{ул} = 0,7 \cdot 4,22 \cdot 1,364 + 20 = 36,8 \text{ Па}$$

Количество воздуха, которое следует вводить в лестничный пролет,
 было определено по формуле:

$$G_{об} = G_{ср} \cdot (N - 1) + G_{дв1} + G_{дм}, \quad (4)$$

где $G_{об}$ – количество воздуха, кг/ч;

$G_{ср}$ – объем воздуха, выходящего из щелей закрытой двери;

N – число этажей здания;

$G_{дв1}$ – объем воздуха, который проходит через открытую дверь
 входа (холл с прямым входом) первого уровня;

$G_{дм}$ – объем дыма, удаленного из коридора этажа, возбужденного
 пожаром.

Было определено:

$$G_{ср} = G_{spec} \cdot l_{дв1} \cdot P_{сх} 0.5, \quad (5)$$

где $G_{ср}$ – средний объем воздуха, кг/ч;

$G_{\text{спец}}$ – удельный объем воздуха, выходящий через дверные щели для 1 линейного метра периметра закрытой двери, принятого равным $16 \text{ кг/ч} \cdot \text{м}$ [Давление воздуха, действующее в направлении открытия (отверстия)];

$l_{\text{дв1}}$ – периметр двери, м;

$P_{\text{сх}}$ – давление внутри лестничного пролета на первом уровне, Па.

В нашем случае, с тамбуром прямого типа (а не в виде «Z») данный коэффициент принимается равным 0,707.

$$P_{\text{сх}} = P_{\text{ш}} + 2,1 \cdot H_{\text{сх}}/2 + 20, \quad (6)$$

где $P_{\text{сх}}$ – давление внутри лестничного пролета на первом уровне, Па;

$H_{\text{сх}}$ – высота лестничного пролета, м.

Итак получаем:

$$P_{\text{сх}} = 36,8 + 2,1 \cdot 29/2 + 20 = 87,25 \text{ Па};$$

$$G_{\text{ср}} = 16,0 \cdot ([0,9+2,0] \cdot 2) \cdot 87,250.5 = 860 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{обл}} = 2875 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 87,250.5 \cdot 0,707 = 34175 \text{ кг/ч};$$

$$G_{\text{ом}} = 9960 \text{ кг/ч}$$

Отсюда:

$$G_{\text{об}} = 860 \cdot (7-1) + 34175 + 9960 = 49295 \text{ кг/час.}$$

Мощность, производимая вентилятором системы ПД–01, может создавать сверхдавление в 20 Па, в нижней части лестничного пролета, (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНиП 2.04.05–91) достигает:

$$L = 49.295/1,2 = 41.080 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Давление воздуха введено вентилятором в лестничный пролет достигает:

$$P_{\text{вент,сх}} = P_{\text{сх}} + P_{\text{сист}} + N_H (\gamma_H - \gamma_{\text{ш}}), \quad (7)$$

где $P_{\text{вент,сх}}$ - Давление воздуха в лестничном пролете, Па;
 $P_{\text{сист}}$ – усадка давления системы от решетки до точки ввода воздуха в лестницу (Па);
 N – № этажей здания;
 H – высота одного этажа здания (м);
 $\gamma_H - \gamma_{\text{ш}}$ – разница между удельным весом наружного воздуха и воздуха внутри лестничного пролета = 1,1 ($t_H = -22$ °С).

Отсюда:

$$P_{\text{вент, сх}} = 86,2 + 112 + 29 \cdot 1,1 = 230 \text{ Па.}$$

Согласно пункту 5.17д СНиП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па и достигает 230–112 = 118 Па.

– Система ПД–02

Система противодымового притока ПД–02 обеспечивает создание сверхвысокого давления воздуха 40 Па внутри лестничной шахты между осями С'–Е'/13–14 (помещение S06) уровней 1о÷7о, согласно пункту 5.15–В норматива СНиП 2.04.05–91 (лестничная шахта не подвластна скоплению дыма 2-го типа).

Количество воздуха, которое должно быть накачено в лестничный пролет, было определено следующими указаниями, содержащимися в дидактическом руководстве 4.91 (применение систем, предусмотренных нормами СНиП В.2.5–67:2013):

Было определено давление воздуха внутри вестибюля, на первом уровне здания, по формуле:

$$P_{вес} = P_{шл} = 0,7 \cdot v_2 \cdot \rho_n + 40, \quad (8)$$

где $P_{вес}$ - давление воздуха внутри вестибюля, Па;

V – скорость ветра, принятая согласно приложению 8 к нормативу СНиП 2.04.05–91 [холодный период года – Параметры В];

ρ_n – плотность наружного воздуха (кг/ч³) с расчетной температурой test [Холодный период года – параметры В].

Было принято:

$$V=4,2 \text{ м/с.}$$

$$\rho_n(t) = 1,364 \text{ кг/ч}^3; (T_{test}=-22 \text{ }^\circ\text{C}).$$

Итак получаем:

$$P_{шл} = 0,7 \cdot 4,22 \cdot 1,364 + 40 = 56,8 \text{ Па}$$

Количество воздуха, которое следует вводить в лестничный пролет, было определено по формуле выше. Итак, получаем:

$$P_{сх} = 56,8 + 2,1 \cdot 29/2 + 20 = 107,25 \text{ Па};$$

$$G_{ср} = 16,0 \cdot ([0,9+2,0] \cdot 2) \cdot 107,250.5 = 960 \text{ кг/ч};$$

$$G_{дв1} = 2875 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 107,250.5 \cdot 0,707 = 37870 \text{ кг/ч};$$

$$G_{дм} = 9960 \text{ кг/час.}$$

Отсюда:

$$G_{об} = 960 \cdot (7-1) + 37870 + 9960 = 53590 \text{ кг/час.}$$

Мощность, производимая вентилятором системы ПД–02, может создавать сверхдавление в 40 Па, в нижней части лестничного пролета, (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНиП 2.04.05–91) достигает:

$$L=53.590/1,2=44.660 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в лестничный пролет по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, вс}} = 107,25 + 131 + 29 \cdot 1,1 = 270 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНиП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па и достигает $270 - 131 = 139$ Па.

– Система ПД–03

Система противодымного притока ПД–03, обеспечивающая достижение сверхвысокого давления воздуха 20 Па внутри лестничного пролета, заключенного между осями J'–L'/7–8 (помещение S03) уровней 1о÷7о, согласно пункту 5.15–В норматива СНиП В.2.5–67:2013 (лестничные пролеты не подвержены скоплению дыма 2–го типа).

Данный лестничный пролет характеризуется конструктивными особенностями полностью сходными с лестничным пролетом пом. S01, рассмотренное ранее, исключение сделано для дополнительных дверей на каждом этаже (две вместо одной); поэтому:

$$G_{об} = 860 \cdot (7 - 1) \cdot 2 + 34175 + 9960 = 54\,460 \text{ кг/час}.$$

Мощность, достигнутая вентилятором системы ПД–03, способна создавать сверхвысокое давление 20 Па, в нижней части лестничного

пролета, (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНИП В.2.5–67:2013) достигает:

$$L=54.460/1,2=45.400 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха введено вентилятором в лестничный пролет формулой достигает:

$$P_{\text{вент, сж}} = 86,2 + 152 + 29 \cdot 1,1 = 270 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па и достигает $270 - 152 = 118$ Па.

– Система ПД–04

Система противодымного притока ПД–04, обеспечит создание избыточного давления воздуха в размере 20 Па в тамбурах сообщения между лестничным пролетом и S02 и вспомогательными помещениями подземных уровней. Такие тамбуры есть ум. В1.25с на первом подземном уровне и шт. В2.08b на втором подземном уровне.

Количество воздуха, который будет введен через тамбур на этаже, где разгорается пожар, принимается на основе пункта 5.16 норматива СНИП В.2.5–67:2013, скорость воздуха, пересекающего открытую дверь на подземном этаже, устанавливает в 1,3 (м/с).

Между автогаражами и зоной вспомогательных помещений на подземных уровнях находится несколько тамбуров соединения, которые герметизируются при пожаре. Два из этих помещений находятся вблизи лестничного пролета S02, в том числе помещения В1.25а (первый подземный уровень) и В2.08а (второй подземный уровень) будут обслуживаться системой, возглавляющей которую, и является ведущим в ней, вентилятор ПД–04 [45].

Количество воздуха, который будет введен через тамбур на этаже, где разгорается пожар, принимается на основе пункта 5.16 норматива СНиП В.2.5–67:2013, скорость воздуха, пересекающего открытую дверь на подземном этаже, устанавливает в 1,3 (м/с).

Поэтому:

$$L_{\text{тамбур}} = V \cdot A \cdot 3600, \quad (9)$$

где $L_{\text{тамбур}}$ – расстояние, пройденное воздухом в тамбуре, м/ч;

A – поверхность большей дверной створки, м²;

V – скорость воздуха, пересекающего открытую дверь на подземном этаже (1,3 м/с);

Отсюда:

$$L_{\text{тамбур}} = 1,3 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 3600 = 8.450 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Суммарный объем, представленный вентилятором системы ПД–04, достигает:

$$L = 8.450 + 8.450 = 16.900 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах, достигает:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20 + P_{\text{сист}}, \quad (10)$$

где $P_{\text{вент, тамбур}}$ – давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах, Па;

$P_{\text{сист}}$ – усадка давления системы от решетки до точки ввода воздуха в лестницу (Па);

Отсюда:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20 + 205 = 255 \text{ Па.}$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па.

– Система ПД–05

Система противодымной подачи ПД–05 обеспечивает нагнетание сверхвысокого давления воздуха 40Па внутри лестничного пролета, заключенного между осями CD/3–5 (помещение S02), соединяющего 2–й подземный уровень с 1–ти подземным уровнем в соответствии с пунктом 5.15–В. норматива СНИП В.2.5–67:2013 (лестничные пролеты неподвластны скоплению дыма 2о типа).

Количество воздуха, которое должно быть подано в лестничную клетку, было определено, следуя указаниям, содержащимся в дидактическом руководстве 4.91 (прикладное применение систем, предусмотренных нормами СНИП В.2.5–67:2013):

Было определено давление воздуха внутри вестибюля, на первом уровне здания по формуле:

$$P_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 4,22 \cdot 1,364 + 40 = 56,8 \text{ Па}$$

Количество воздуха, которое следует подать в лестничный пролет, было определено с помощью формул. Таким образом, получаем:

$$P_{\text{сх}} = 56,8 + 2,1 \cdot 11,3/2 + 20 = 88,7 \text{ Па;}$$

$$G_{\text{ср}} = 16,0 \cdot ([0,9 + 2,0] \cdot 2) \cdot 88,70.5 = 875 \text{ кг/ч;}$$

$$G_{\text{обл}} = 2875 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 88,70.5 \cdot 0,707 = 34460 \text{ кг/ч;}$$

$$G_{\text{ом}} = 9960 \text{ кг/час.}$$

Отсюда:

$$G_{об} = 875 \cdot (3-1) + 34460 + 9960 = 46.170 \text{ кг/час.}$$

Объем воздуха, нагнетаемый вентилятором системы ПД–05, может создавать сверхвысокое давление в размере 40 Па, в низкой части лестничного пролета (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНИП В.2.5–67:2013) и достигает:

$$L = 46.170 / 1,2 = 38.480 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Лестничные пролеты S02, непосредственно сообщаемый с внешней средой первого уровня через помещение 1.16.

Давление воздуха введено вентилятором в лестничные пролеты по формуле.

$$P_{вент, вс} = 88,7 + 245 + 11,3 \cdot 1,1 = 345 \text{ Па.}$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па и достигает $340 - 240 = 100$ Па.

– Система ПД–06

Система противодымной подачи ПД–06 обеспечит осуществление сверхвысокого давления воздуха 40 Па внутри лестничного пролета, заключенного между осями К'–М'/8–9 (помещение S03), которое обеспечивает сообщением 2го и 1го подземных уровней, согласно пункту 5.15–В норматива СНИП В.2.5–67:2013 (лестничные пролеты не подвержены скоплению дыма 2–го типа).

Данный лестничный пролет отличается конструктивными характеристиками, полностью сходными с ранее рассмотренным лестничным пролетом.

Он соединяется со вспомогательными помещениями подземных уровней с помощью двух тамбуров, по одному на каждом уровне (ум. В1.34b и В2.22); количество воздуха, которое будет введено через тамбур на этаже, где разгорается пожар, определяется на основе пункта 5.16 норматива СНиП В.2.5–67:2013, устанавливающего в 1,3 м/с скорость воздуха, проходящего через открытую дверь на подземном этаже [46].

Объем воздуха, нагнетаемый вентилятором системы ПД–06, может создавать сверхвысокое давление 40 Па в низкой части лестничного пролета (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНиП В.2.5–67:2013) и достигает:

$$L=38.480+8.450=46.930 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Лестничный пролет S03, непосредственно сообщаемый с внешней средой первого уровня через помещение 1.30.

Давление воздуха, введенного вентилятором в лестничный пролет по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, вс}} = 88,7 + 325 + 11,3 \cdot 1,1 = 415 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНиП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150Па и достигает 430–340 = 90 Па.

– Система ПД–07

Система противодымной подачи ПД–07 обеспечивает достижение сверхвысокого давления воздуха 20 Па внутри вспомогательных помещений,

обеспечивающих сообщение между автогаражом и техническими службами подземных этажей: помещение В2.15b – второй подземный уровень;

- помещение. В1.26с – первые подземные уровни;
- внутри тамбуров, находящихся перед лифтом L01, всегда подземных уровней (В1.24, В2.17 и В2.15с);
- тамбур при лифте обслуживания L02 второго подземного уровня В2.09;
- тамбур при лифте обслуживания L02 первого подземного уровня В1.25d.

Объем воздуха, который будет введен через тамбуры на этаже, где разгорается пожар, принимается на основе пункта 5.16 нормативная СНиП 2.04.05–91 скорость воздуха, пересекающего открытую дверь на подземном этаже, он устанавливает в 1,3 (м/с).

Поэтому из формулы получаем:

$$L_{\text{тамбур}} = 1,3 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 3600 = 8.450 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Объемная производительность, которая будет введена через прим. В2.15с принимается в соответствии с пунктом 4.44 норматива СНиП В.2.5–67:2013, согласно которому минимальная производительность для подачи должна составлять 250 м³/час.

Суммарный объем, представленный вентилятором системы ПД–07, достигает:

$$L = 8.450 + 8.450 + 8.450 + 250 = 25.600 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20 + 310 = 330 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па.

– Система ПД–08

Система противодымной подачи ПД–08 позволяет достичь сверхвысокого давления воздуха 20Па внутри помещения выгрузки товара, помещения В1.34а, расположенные между автогаражом и вспомогательными помещениями подземных этажей в тамбурах, расположенных против лестничного пролета S04 соответственно первого подземного уровня В1.31а и тамбура на втором уровне В 2.23.

Количество воздуха, который будет введен через тамбуры на этаже, где разгорается пожар, принимается на основе пункта 5.16 норматива СНИП В.2.5–67:2013, скорость пересекающего открытую дверь на подземном этаже устанавливает в 1,3 (м/с).

Поэтому по формуле получаем:

$$L_{\text{тамбур}} = 1,3 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 3600 = 8.450 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Полнообъемная суммарная подача воздуха, обеспечиваемая вентилятором системы ПД–08, достигает:

$$L = 8.450 + 8.450 = 16.900 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20 + 240 = 260 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150Па.

– Система ПД–09

Система противодымной подачи ПД–09 гарантирует достижение сверхвысокого давления воздуха в двух тамбурах, расположенных напротив лифта L06, соответственно на первом уровне, шт. 1.32b, на первом подземном уровне В1.34d, а также тамбур В 1.53с. Считается тамбурами «с всегда закрытой дверью» в случае пожара.

Объемная производительность принимается в соответствии с пунктом 4.44 норматива СНИП В.2.5–67:2013, согласно которому минимальная производительность для подачи должна составлять 250 м³/час.

Полнообъемная суммарная подача воздуха, обеспечиваемая вентилятором системы ПД–09, достигает:

$$L=250+250=500 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20+50=70 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па.

– Система ПД–10

Система противодымной подачи ПД–10 гарантирует достижение сверхвысокого давления воздуха 20 Па внутри тамбуров, расположенных напротив лифта L03 уровней 1-7 и лестничной клетки S04 на первом уровне.

Мощность подачи воздуха, которая будет введена в тамбур на этаже, где возникнет пожар, принимается на основе пункта 5.16 норматива СНИП В.2.5–67:2013; устанавливает скорость воздуха в 1,3 м/с, что пересекает открытую дверь на подземном этаже.

Поэтому по формуле:

$$L_{\text{тамбур}} = 1,3 \cdot (0,75 \cdot 2,0) \cdot 3600 = 7.050 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20 + 210 = 230 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па.

– Система ПД–11

Лестничный пролет S01 соединится с автогаражом на первом подземном уровне при помощи тамбура В1.02; мощность подачи воздуха, которая будет проходить через тамбур на этаже, где разгорится пожар, принимается на основе пункта 5.16 норматива СНИП В.2.5–67:2013, фиксирующего скорость воздуха, пересекающего открытую дверь на подземном этаже, равную 1,3 м/с.

Поэтому по формуле:

$$L_{\text{тамбур}} = 1,3 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 3600 = 8.450 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Согласно пункту 3.15 норматива МГСН 5.01–94 тамбуры в находящихся внутри гаража технических помещениях должны быть оборудованы системами герметизации «с всегда закрытой дверью» в случае пожара.

В нашем случае, с этой характеристикой определяются два помещения В1.03 и В2.01b, соответственно, на первом и втором подземных уровнях, что обеспечивает соединение между автогаражами и двумя техническими помещениями вентиляции.

Мощность подачи воздуха принимается в соответствии с пунктом 4.44 норматива СНИП В.2.5–67:2013, устанавливающим, что минимальный объем, который следует подавать, составляет 250 м³/час.

Объемная производительность системы достигается сочетаниями, касающимися защиты, обеспечиваемой фронтальными тамбурами в лестничных пролетах, действующей в течение пожара, а также соответствующая функция тамбура между автогаражами и техническим помещением вентиляции (на уровне, где возникает пожар).

Поэтому полная объемная производительность, предоставленная вентилятором системы ПД–11 достигает:

$$L=8.450+250=8.700 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20+225=245 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па.

– Система ПД–12

Система противодымной подачи ПД–12 гарантирует достижение сверхвысокого давления воздуха 20Па внутри тамбуров, расположенных напротив лестничного пролета S06 уровней 2°÷7°. Мощность подачи воздуха, которая будет проходить через тамбур на этаже, где разгорится пожар, принимается на основе пункта 5.16 норматива СНИП В.2.5–67:2013, фиксирующего скорость воздуха, пересекающего открытую дверь на подземном этаже, равную 1,3 м /с.

Поэтому по формуле:

$$L_{\text{тамбур}} = 1,3 \cdot (0,9 \cdot 2,0) \cdot 3600 = 8.450 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Поэтому полная объемная производительность, предоставленная вентилятором системы ПД–12 достигает:

$$L = 8.700 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха, введенного вентилятором в тамбурах по формуле, достигает:

$$P_{\text{вент, тамбур}} = 20 + 145 = 165 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНиП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па.

– Система ПД 13

Система противодымной подачи ПД–13 предназначена для создания сверхвысокого давления воздуха 40 Па в лифтовой шахте лифта L03, который будут использовать пожарные в случае пожара.

Количество воздуха, которое должно быть направлено в лифтовой пролет, было определено, следуя указаниям, содержащимся в дидактическом руководстве 4.91 (применение систем, предусмотренных нормами СНиП В.2.5–67:2013).

Было определено давление воздуха внутри вестибюля, на первом уровне здания, по формуле:

$$P_{\text{ш}} = 0,7 \cdot 4,22 \cdot 1,364 + 40 = 56,8 \text{ Па}$$

Количество воздуха, которое следует вводить в пролет лифта, было определено формулой:

$$G_{\text{об}} = G_{\text{ш}} + [G_{\text{сп}} - 5(t_{\text{Н}} + 25)] \cdot (N - 1), \quad (11)$$

где $G_{\text{об}}$ - количество воздуха в пролете лифта, кг/ч;

$G_{ш}$ – объем воздуха выходит из дверных щелей и стен пролета на этаже, нарушенный пожаром, кг/ч;

$G_{ср}$ – среднее значение расхода воздуха на каждом этаже, начиная со второго до последнего уровня, кг/ч.

Было определено:

$$G_{ш1} = 1930 + 103 \cdot (11,0 P_{ш} - 10) \times 0,5 \cdot [\text{вход в здание «прямой»} - 2 \text{ лифта}], \quad (12)$$

где $G_{ш1}$ - объем воздуха выходит из дверных щелей и стен пролета на этаже, нарушенный пожаром, кг/ч;

$P_{ш}$ – давление внутри лестничного пролета на первом уровне (Па).

$$G_{ср} = 1050 + 5,2 P_{ш} \cdot 0,5 + 20 \cdot (N - 1) + 30 (n - 4), \quad (13)$$

где $G_{ср}$ – среднее значение расхода воздуха на каждом этаже, начиная со второго до последнего уровня, кг/ч;

$P_{ш}$ – давление внутри лестничного пролета на первом уровне, Па;

N – № этажей здания;

n – № двери открываются в коридор.

Итак, получаем:

$$G_{ш1} = 1930 + 103 \cdot (12,0 \cdot 56,8 - 10) \cdot 0,5 = 27850 \text{ кг/ч};$$

$$G_{ср} = 1050 + 5,2 \cdot 56,8 \cdot 0,5 + 20 \cdot (7 - 1) + 30 \cdot (12 - 4) = 1310 \text{ кг/ч};$$

$$G_{об} = 27850 + [1310 - 5(-22 + 24)] \cdot (7 - 1) = 35650 \text{ кг/ч}$$

Объем воздуха, пересекающий открытую дверь машинного помещения лифта, определяется следующей формулой:

$$G_{дверь} = G_{дв} \cdot l_{дв} \cdot \Delta P_{ш} \cdot 0,5, \quad (13)$$

где $G_{\text{дверь}}$ - объем воздуха, пересекающий открытую дверь машинного помещения лифта, кг/ч;

$G_{\text{ср}}$ – удельный объем воздуха, выходящий через дверные щели, на 1 м периметра закрытой двери, принятый равным $16 \text{ кг/ч} \cdot \text{м}$.
[Давление воздуха, которое давит в направлении открытия];

$l_{\text{дв}}$ – периметр двери, м;

$\Delta P_{\text{ш}}$ – разность давления между сторонами закрытой двери, $P_a = P_{\text{сав}} + 20$.

Соответственно получаем:

$$G_{\text{ср}} = 16,0 \cdot [(1,2 + 2,0) \cdot 2] \cdot (56,8 + 20) 0,5 = 900 \text{ кг/ч.}$$

Лифт L03 соединяется с помещением на первом этаже через тамбур, пом.1.22; мощность подачи воздуха, которая будет проходить через тамбур на этаже, где разгорится пожар, принимается на основе пункта 5.16 норматива СНИП В.2.5–67:2013, фиксирующего скорость воздуха, пересекающего открытую дверь на подземном этаже, равную $1,3 \text{ м/с}$.

Поэтому по формуле:

$$L_{\text{тамбур}} = 1,3 \cdot (0,75 \cdot 2,0) \cdot 3600 = 6.550 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Лифт L03 сообщается с помещениями других этажей с помощью тамбуров избыточным давлением воздуха, обслуживаемых системой ПД–10.

Объем воздуха, нагнетаемый вентилятором системы ПД–13, может создавать сверхвысокое давление 40 Па , в низкой части лестничного пролета (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНИП В.2.5–67:2013) и достигает:

$$L = 35.650 + 900/1,2 = 30.450 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Суммарный объем, представленный вентилятором системы ПД–04, достигает:

$$L=30.450+6.550=37.000 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха введено вентилятором в лестничный пролет по формуле:

$$P_{\text{вент, вс}} = 56,8 + 195 + 26,3 \cdot 1,1 = 300 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150Па и достигает 295–190 = 105 Па.

– Система ПД 14

Система противодымной подачи ПД–14 предназначена для создания сверхвысокого давления воздуха 20Па в лифтовой шахте лифта L06.

Количество воздуха, которое должно быть направлено в лифтовой пролет, было определено, следуя указаниям, содержащимся в дидактическом руководстве 4.91 (применение систем, предусмотренных нормами СНИП В.2.5–67:2013):

Было определено давление воздуха внутри вестибюля, на первом уровне здания. Получаем:

$$P_{\text{в}} = 0,7 \cdot 4,22 \cdot 1,364 + 20 = 36,8 \text{ Па}$$

Количество воздуха, которое следует вводить в лифтовой пролет, было определено с помощью формулы:

$$G_{\text{об}} = G_{\text{ул}} + G_{\text{сп}} \cdot (N-1) + G_{\text{двл}}, \quad (14)$$

где $G_{\text{об}}$ - количество воздуха в пролете лифта, кг/ч;

$G_{ш1}$ – объем воздуха выходит из щелей между кабиной лифта и шахтой лифта, кг/ч;

$G_{ср}$ – объем воздуха выходит из щелей закрытой двери, кг/ч;

N – № этажей здания;

$G_{дв1}$ – объем воздуха проходит через открытую входную дверь (холл с прямым входом) на первом уровне, кг/ч.

Было определено:

$$G_{ш1} = (34 \cdot l + 0,1) \cdot \Delta P_{ш} \cdot 0,5, \quad (15)$$

где $G_{ш1}$ – объем воздуха выходит из щелей между кабиной лифта и шахтой лифта;

l – длина щели между кабиной лифта и шахтой лифта;

$\Delta P_{сав}$ – разность давления между сторонами закрытой двери $P_{а} = P_{сав} + 20$.

$$G_{ср} = G_{spec} \cdot l_{дв} \cdot \Delta P_{ш} \cdot 0,5, \quad (16)$$

где $G_{ср}$ – объем воздуха выходит из щелей закрытой двери, кг/ч;

G_{spec} – объем воздуха выходит из дверных щелей по 1 м периметра закрытой двери – равное 16 кг/ч · м (давление воздуха на сторону открытия двери);

$l_{дв}$ – периметра одной двери, м;

$\Delta P_{ш}$ – разность давления между сторонами закрытой двери $P_{а} = P_{сав} + 20$.

$$G_{дв1} = 2875 \cdot A \cdot \Delta P_{ш} \cdot 0,5 \cdot K, \quad (17)$$

где $G_{дв1}$ – объем воздуха проходит через открытую входную дверь (холл с прямым входом) на первом уровне, кг/ч;

A – поверхность большей створки двери (m^2);

$\Delta P_{ш}$ – разность давления между сторонами закрытой двери Па =
 $P_{cav} + 20$;

K – пространственный коэффициент, с учетом типа входного тамбура. В нашем случае, (тамбур «прямого» типа а не типа «Z» пространственный коэффициент принят 0,707).

Итак, получаем:

$$G_{ul1} = 34 \cdot 9,6 + 0,1 \cdot (36,8+20) \cdot 0,5 = 2460 \text{ кг/ч};$$
$$G_{cp} = 16,0 \cdot ([0,95+2,0] \cdot 2) \cdot (36,8+20) \cdot 0,5 = 230 \text{ кг/ч};$$
$$G_{об1} = 2875 \cdot (0,95 \cdot 2,0) \cdot (56,8) \cdot 0,5 \cdot 0,707 = 29120 \text{ кг/ч}.$$

Отсюда:

$$G_{об} = 2460 + 230 \cdot (2 - 1) + 29120 = 31.810 \text{ кг/ч}.$$

Объем нагнетаемого вентилятором системы ПД–14 воздуха может создавать сверхвысокое давление 20 Па, в низкой части лестничного пролета, (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНиП В.2.5–67:2013) и достигает:

$$L = 31.810 / 1,2 = 26.500 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха введено вентилятором в лестничный пролет по формуле.

$$P_{вент, вс} = 56,8 + 180 + 7,0 \cdot 1,1 = 245 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5–67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150Па и достигает 280–215 = 65 Па.

– Система ПД 15

Система противодымной подачи ПД–15 предназначена для создания сверхвысокого давления воздуха 20Па в лифтовой шахте лифта L01.

Количество воздуха, которое должно быть направлено в лифте пролет, было определено, следуя указаниям, содержащимся в дидактическом руководстве 4.91 (применение систем, предусмотренных нормами СНИП В.2.5–67:2013).

Было определено давление воздуха внутри вестибюля на первом уровне здания по формуле.

Было принято:

$$V=4,2 \text{ м/с.}$$

$$\rho_n = 1,364 \text{ кг/ч}^3; (t_n = -22 \text{ }^\circ\text{C}).$$

Соответственно получаем:

$$P_{ин} = 0,7 \cdot 4,22 \cdot 1,364 + 20 = 36,8 \text{ Па.}$$

Количество воздуха, которое следует вводить в лифтовой пролет, было определено с помощью формулы:

$$G_{об} = G_{ин} + [G_{ср} - 5 (t_n + 25)] \cdot (N - 1), \quad (18)$$

где $G_{об}$ - количество воздуха в пролете лифта, кг/ч;

$G_{ин}$ – объем воздуха выходит из дверных щелей и стен пролета на этаже, нарушенный пожаром, кг/ч;

$G_{ср}$ – среднее значение расхода воздуха на каждом этаже, начиная со второго до последнего уровня, кг/ч.

Итак, получаем:

$$G_{ul} = 3230 + 103 \cdot (18,5 \cdot 36,8 - 12)0,5 = 29090 \text{ кг/ч};$$

$$G_{cp} = 1050 + 5,2 \cdot 36,80,5 + 20 \cdot (9-1) + 30 \cdot (12-4) = 1480 \text{ кг/ч};$$

$$G_{об} = 29090 + [1480 - 5(-22+24)] \cdot (9-1) = 40850 \text{ кг/ч};$$

Объем воздуха, нагнетаемый вентилятором системы ПД–15, может создавать сверхвысокое давление 20 Па, в низкой части лестничного пролета (как предусмотрено пунктом 5.16–В норматива СНиП В.2.5–67:2013) и достигает:

$$L = 40.850 / 1,2 = 34.050 \text{ м}^3/\text{час}.$$

Давление воздуха введено вентилятором в лестничный пролет по формуле:

$$P_{\text{вент, вс}} = 56,8 + 150 + 32,9 \cdot 1,1 = 245 \text{ Па}.$$

В соответствии с пунктом 5.17d СНиП 2.04.05–91, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па и остывает $245 - 150 = 95$ Па.

– Система ПД 16

Система противодымной подачи ПД–16 предназначена для создания сверхвысокого давления воздуха 20 Па в лифтовой шахте лифта L02.

Количество воздуха, которое должно быть направлено в лифтовой пролет, было определено, следуя указаниям, содержащимся в дидактическом руководстве 4.91 (применение систем, предусмотренных нормами СНиП В.2.5–67:2013).

Было определено давление воздуха внутри вестибюля, на первом уровне здания, по формуле:

$$P_{ш} = 0,7 \cdot 4,22 \cdot 1,364 + 20 = 36,8 \text{ Па}$$

Количество воздуха, которое следует вводить в лифтовой пролет, было определено с помощью формулы:

$$G_{шл} = 1930 + 103 \cdot (11,0 \cdot 36,8 - 10) \cdot 0,5 = 21800 \text{ кг/ч};$$

$$G_{ср} = 1050 + 5,2 \cdot 36,80,5 + 20 \cdot (9-1) + 30 \cdot (12-4) = 1480 \text{ кг/ч};$$

$$G_{об} = 21800 + [1480 - 5(-22+24)] \cdot (9-1) = 33560 \text{ кг/ч}.$$

Объем воздуха, нагнетаемый вентилятором системы ПД-16, может создавать сверхвысокое давление 20 Па, в низкой части лестничного пролета (как предусмотрено пунктом 5.16-В норматива СНИП В.2.5-67:2013) и достигает:

$$L = 33.560/1,2 = 28.000 \text{ м}^3/\text{час}$$

Давление воздуха введено вентилятором в лестничный пролет по формуле.

$$P_{вент, вс} = 56,8 + 170 + 32,9 \cdot 1,1 = 280 \text{ Па}.$$

Согласно пункту 5.17d СНИП В.2.5-67:2013, давление воздуха на закрытую дверь эвакуационных путей будет ниже 150 Па и достигает $280 - 170 = 100$ Па.

Для выполнения необходимого пунктом 5.18-а, б, с и d норматива СНИП В.2.5-67:2013 принимают следующие меры задействования для систем защиты от задымленности.

Вентиляторы центробежного типа установлены на крыше здания в отдельных от других вентиляционных установок помещениях, отделенных от последних противопожарных перегородок 1о типа.

Предусматривается установка стопорной заслонки на выходной стороне каждого вентилятора подпора воздуха.

Каналы распределения воздуха по защищаемым помещениям выполнены из листовой оцинкованной стали с огнестойкостью не менее (1 час) получаса.

Решетка забора наружного воздуха систем противодымной защиты расположена в более чем 5 линейных метрах от точек выброса систем дымоудаления.