**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ В ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ БЕЗОПАСНЫХ ЗОН ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

Москва 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие ……..……..3
Введение 4
Обозначения и сокращения 6
1. Область применения 7
2. Нормативные ссылки 7
3. Термины и определения 8
4. Анализ применения требований свода правил (пояснения и комментарии) 9
4.1 Общие положения 9
4.2 Объемно-планировочные и конструктивные решения безопасных зон в общественных зданиях 12
4.3 Инженерно-технические решения безопасных зон в общественных зданиях 21
4.4 Эвакуация и спасение маломобильных групп населения 31
Приложение А. Расчет времени безопасной эвакуации маломобильных групп населения 32
Приложение Б. Расчет времени спасения маломобильных групп населения 76
Приложение В. Рекомендации по определению расчетной численности людей с ограниченными возможностями ……...……...79
Библиография…….80

Предисловие

Настоящее методическое пособие разработано в целях разъяснения особенностей проектирования безопасных зон для маломобильных групп населения в общественных зданиях и сооружениях в соответствии с требованиями Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СП 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» и нормативных документов по пожарной безопасности.

Пособие разработано Ассоциацией СРО «МОАБ» (д. т. н. Мирфатуллаев М.М.), ООО «Институт общественных зданий» (кандидат архитектуры, профессор Гарнец А.М.)

Введение

В настоящее время со стороны государства уделяется большое внимание вопросам организации доступной среды для граждан с ограниченными возможностями. Нормативные правовые акты, принятые за последнее время, свидетельствуют о серьезных намерениях изменить негативную сторону сложившейся ситуации и обеспечить, в части доступности, равные права маломобильных граждан по сравнению с другими категориями населения на современном уровне.

Целенаправленная государственная политика в этой области осуществляется сравнительно недавно. Законодательные и нормативные правовые акты Российской Федерации, обеспечивающие и регламентирующие создание доступной среды, возглавляет Конституция Российской Федерации, которая в статье 27 закрепляет право человека на свободу передвижения: каждый, кто законно находится на территории Российской Федерации, имеет право свободно передвигаться, выбирать место пребывания и жительства.

Реформирование системы социального обеспечения инвалидов началось с принятия в 1990 г. Закона СССР «Об основных началах социальной защищенности инвалидов в СССР». Впервые в законодательных актах понятие доступной среды было упомянуто в Указе Президента Российской Федерации от 2 октября 1992 г. «О мерах по формированию доступной для инвалидов среды жизнедеятельности». Далее с течением времени было также выпущено еще несколько документов по вышеуказанной проблеме. Это и Федеральный закон от 24 ноября 1995 г. № 181 «О социальной защите инвалидов в РФ» и соответствующие поправки к Градостроительному кодексу.

В настоящее время утверждена и реализуется государственная программа «Доступная среда». Сроки реализации программы – 2011–2020 гг. Целью программы является формирование условий для обеспечения равного доступа инвалидов, наравне с другими, к физическому окружению, к транспорту, к информации и связи, а также объектам и услугам, открытым или предоставляемым

для населения. При этом одной из главных задач программы определена разработка и внедрение нормативно-правовых документов, созданных с учетом принципов формирования доступной среды для инвалидов.

Разработка документов по вопросам обеспечения доступности маломобильных групп населения неразрывно связана с вопросом обеспечения их безопасности на объектах различного назначения. С этой точки зрения, разработка эффективных требований и документов по пожарной безопасности в части обеспечения безопасности инвалидов является актуальной задачей.

Настоящее методическое пособие развивает положения СП 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения», в части требований по устройству безопасных от воздействия опасных факторов пожара зон для маломобильных групп населения в зданиях и сооружениях общественного назначения.

При проектировании безопасных зон для маломобильных групп населения, в том числе в реконструируемых и капитально ремонтируемых зданиях и сооружениях, возникают проблемы с их размещением и инженерным обеспечением в существующих объемно-планировочных и конструктивных решениях.

Пособие разработано для разъяснения методологических основ проектирования безопасных зон для маломобильных групп населения в общественных зданиях, кроме зданий специализированных учреждений.

Пособие составлено по принципу пояснений к соответствующим пунктам свода правил, имеющим отношение к обеспечению пожарной безопасности маломобильных групп населения (МГН) в части проектирования безопасных зон. Пункт свода правил приводится курсивом с оригинальной нумерацией, далее обычным шрифтом приводятся пояснения и комментарии указанных в пункте требований пожарной безопасности.

Обозначения и сокращения

МГН – маломобильные группы населения;

ПДВ – противодымная вентиляция;

ПДЗ – противодымная защита;

ВПВ – вытяжная противодымная вентиляция;

ППВ – приточная противодымная вентиляция;

ППУ – прибор пожарный управления;

ОВиК – общеобменная вентиляция и кондиционирование.

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации;

АУП – автоматическая установка пожаротушения.

1 Область применения

Настоящее Пособие предназначено для проектирования безопасных зон в общественных зданиях и сооружениях.

Настоящее пособие разработано для специалистов проектно-изыскательских и строительных организаций, государственных и иных органов экспертизы, согласования, контроля (надзора), учреждений и служб заказчика (инвестора), а также других заинтересованных организаций, чья деятельность связана с обеспечением пожарной безопасности зданий общественного назначения.

2 Нормативные ссылки

ГОСТ Р 53296 «Установка лифтов для пожарных в зданиях и сооружениях. Требования пожарной безопасности»

СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»

СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»

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

СП 4.13130.2013 «Ограничение распространения пожара на объектах защиты»

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

СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности»

СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования»

СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности»

СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности»

СП 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения»

СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения»

СП 55-101-2000 «Ограждающие конструкции с применением гипсокартонных листов»

СП 163.1325800.2014 «Конструкции с применением гипсокартонных и гипсоволокнистых листов. Правила проектирования и монтажа»

3 Термины и определения

В целях реализации проектных решений по обеспечению пожарной безопасности МГН в настоящем пособии использованы следующие термины и их определения:

безопасная зона: зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют либо не превышают предельно допустимых значений [1].

4 Анализ применения требований свода правил (пояснения и комментарии)

4.1 Общие положения

3.4 безопасная зона: Зона, в которой люди защищены от воздействия опасных факторов пожара или в которой опасные факторы пожара отсутствуют либо не превышают предельно допустимых значений.

[1, статья 2, пункт 2].

Комментарий.

В анализируемой редакции свода правил приведен термин «безопасная зона», определение которого соответствует термину и определению, установленному в [1]. Ранее используемые термины «зона безопасности» и «пожаробезопасная зона» следует считать идентичными термину «безопасная зона» с точки зрения обеспечения пожарной безопасности людей.

Отличие указанных терминов заключается в более широком понятии, заложенном в термин по [1] и в настоящей редакции свода правил, а именно: безопасной зоной может являться прилегающая территория здания, специально оборудованный участок кровли, специально оборудованное помещение или система помещений, предназначенные для защиты людей, не обязательно относящихся к категории МГН.

Пожаробезопасной зоной (зоной безопасности), как правило, следует считать помещение, размещенное внутри здания, выделенное противопожарными преградами и имеющее соответствующее инженерное оборудование, обеспечивающее безопасность МГН при пожаре. В ряде случаев к пожаробезопасной зоне допускается относить примыкающие к ней балконы, галереи

и другие наружные конструкции здания, несущие аналогичную пожаробезопасной зоне функцию.

1.1 Настоящий свод правил предназначается для разработки проектных решений общественных, жилых и производственных зданий, которые должны обеспечивать для инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения – маломобильных групп населения (далее – МГН) равные условия жизнедеятельности с другими категориями населения, основанные на принципе универсального проекта (дизайна).

Комментарий.

Обеспечение равных условий жизнедеятельности МГН с другими категориями населения предполагает одинаковые возможности по доступности данной категории граждан к услугам, предоставляемым на объектах общественных зданий. При этом, в случае обеспечения доступности, должна быть предусмотрена безопасность МГН при пожаре. Следовательно, требования по обеспечению безопасности МГН при пожаре должны быть выполнены во всех частях здания, где предусматривается возможность пребывания МГН.

4.3 Проектные решения, предназначенные для МГН, должны обеспечивать повышенное качество их среды обитания при соблюдении:

- досягаемости ими кратчайшим путем мест целевого посещения и беспрепятственности перемещения внутри зданий и сооружений и на их территории;

- безопасности путей движения (в том числе эвакуационных и путей спасения), а также мест проживания, обслуживания и приложения труда МГН;

- эвакуации людей из здания или в безопасную зону до возможного нанесения вреда их жизни и здоровью вследствие воздействия опасных факторов;

- своевременного получения МГН полноценной и качественной информации, позволяющей ориентироваться в пространстве, использовать оборудование (в том

числе для самообслуживания), получать услуги, участвовать в трудовом и обучающем процессе и т.д.;

- удобства и комфорта среды жизнедеятельности для всех групп населения.

Комментарий 1.

Обеспечение безопасности путей движения предполагает выполнение путей эвакуации таким образом, чтобы процесс эвакуации МГН проходил беспрепятственно и в максимально короткий промежуток времени.

Комментарий 2.

Процесс эвакуации МГН в отличие от традиционного способа может осуществляться не только непосредственно наружу, но и в безопасные зоны.

Комментарий 3.

Устройство безопасных зон регламентируется положениями части 15 статьи 89 [1], согласно которой для эвакуации со всех этажей зданий групп населения с ограниченными возможностями передвижения допускается предусматривать на этажах вблизи лифтов, предназначенных для групп населения с ограниченными возможностями передвижения, и (или) на лестничных клетках устройство безопасных зон, в которых они могут находиться до прибытия спасательных подразделений. При этом к указанным лифтам предъявляются такие же требования, как к лифтам для транспортировки подразделений пожарной охраны. Такие лифты могут использоваться для спасения групп населения с ограниченными возможностями передвижения во время пожара.

В большинстве случаев, реализуемых на практике при проектировании путей эвакуации МГН, возможность устройства зон безопасности «на лестничных клетках», о которой идет речь в части 15 статьи 89 [1], означает устройство отдельных помещений с выходом на лестничную клетку. Такое размещение зон безопасности позволяет полностью реализовать требования нормативных документов, предъявляемые к ним, а главное – обеспечить безопасность МГН в процессе эвакуации при пожаре (отсутствие задержки при выходе на лестничную

клетку и т. д.) Кроме того, размещение МГН непосредственно на лестничной клетке может значительно затруднить процесс эвакуации по лестничной клетке остальных людей. Поэтому размещение зон безопасности в отдельных помещениях с выходом на лестничные клетки является оптимальным как с точки зрения эвакуации людей (в том числе МГН), так и с точки зрения спасения МГН пожарными подразделениями.

В части эвакуации и спасения свод правил не предусматривает четко регламентированных значений расстояний и параметров размещения безопасных зон. Таким образом, требование об обеспечении своевременной эвакуации МГН за необходимое время предполагает обязательное проведение расчетной оценки с целью расчетного определения соответствующих показателей. При определении предельно допустимых расстояний следует руководствоваться нахождением не наиболее удаленной точки помещений, а наиболее удаленного места размещения человека, относящегося к МГН.

Вопросы проектирования безопасных зон имеют свою специфику в случае специализированных общественных зданий, основным контингентом которых являются МГН (больницы, интернаты для престарелых и т. д.) В указанных случаях проектирование безопасных зон предложенными способами может являться крайне проблематичным, неэффективным и недостаточным. Для решения данного вопроса необходимо рассмотрение возможности проектирования иных видов безопасных зон и их более четкого описания.

4.2 Объемно-планировочные и конструктивные решения безопасных зон в общественных зданиях

6.2.25 Если с каждого из этажей здания или сооружения невозможно обеспечить своевременную эвакуацию всех инвалидов за необходимое время, то следует предусматривать на этих этажах безопасные зоны, в которых инвалиды могут находиться до их спасения пожарными подразделениями.

Предельно допустимые расстояния от наиболее удаленной точки этажей здания или сооружения с помещениями для инвалидов до двери в безопасную зону должны определяться расчетом.

Безопасные зоны следует предусматривать: в отдельных помещениях с выходами непосредственно в незадымляемую лестничную клетку; на расстоянии не более 15 м от незадымляемых лестничных клеток, лифтов для инвалидов; в холлах лифтов для МГН, в холлах лифтов для транспортирования пожарных подразделений по [1] или на площадках лестничных клеток. Число соответствующих лифтов определяется расчетом согласно приложению А.

Комментарий 1.

Способы проектирования безопасных зон

4.2.1 Помещения и лифтовые холлы

Устройство безопасных зон в лифтовых холлах является основным способом размещения указанных зон, предлагаемых нормативными документами.

К указанным безопасным зонам относятся следующие требования.

К лифтам предъявляются такие же требования, как к лифтам для транспортирования подразделений пожарной охраны. Такие лифты могут использоваться для спасения групп населения с ограниченными возможностями передвижения во время пожара (ч.15 ст.89 [1]). Данное требование означает, что размещение безопасной зоны для МГН в помещении лифтового холла может быть допущено только в том случае если исполнение лифтов соответствует требованиям ГОСТ Р 53296.

Зона безопасности должна быть отделена от других помещений и примыкающих коридоров противопожарными преградами, имеющими пределы огнестойкости: стены, перегородки, перекрытия – не менее REI 60, двери и окна – EI(E) 60.

4.2.2 Конструктивные решения стен и перегородок

В жилых зданиях межсекционные стены следует проектировать в соответствии с требованиями к противопожарным стенам 2 типа (REI 45 класс пожарной опасности К0) или к противопожарным перегородкам 1-го типа (EI 45 класс пожарной опасности К0).

Пределы огнестойкости для заполнения проемов (дверей, окон, люков и др.) в межсекционных стенах должны соответствовать табл. 24 [1]

При устройстве межсекционной стены в соответствии с требованиями к противопожарным стенам 2 типа допускается принимать противопожарные требования к секции в части устройства незадымляемых лестничных клеток, внутреннего противопожарного водопровода, необходимости устройства пожарного лифта в соответствии с высотой и этажностью данной секции без учета наличия в пожарном отсеке более высоких секций.

Межквартирные стены и перегородки, а также стены и перегородки, отделяющие внеквартирные коридоры, холлы и вестибюли от других помещений следует проектировать в соответствии с требованиями к строительным конструкциям с нормируемым пределом огнестойкости, не являющимися противопожарными преградами.

Межсекционные стены должны возвышаться над кровлей: не менее чем на 60 см, если хотя бы один из элементов чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнен из материалов групп Г3, Г4; не менее чем на 30 см, если элементы чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением кровли, выполнены из материалов групп Г1, Г2.

Указанные стены могут не возвышаться над кровлей, если все элементы чердачного или бесчердачного покрытия, за исключением водоизоляционного ковра, выполнены из материалов НГ.

Если при размещении межсекционных стен или перегородок 1-го типа (в том числе отделяющих в местах примыкания одной части здания к другой) образуется внутренний угол менее 135°, необходимо принять следующие меры:

- участки карнизных свесов крыш на длине не менее 4 м от вершины угла следует выполнять из материалов НГ либо выполнять обшивку данных элементов листовыми материалами НГ;

- участки наружных стен, примыкающих к противопожарной стене или перегородке, длиной не менее 4 м от вершины угла, должны быть класса пожарной опасности К0 и иметь предел огнестойкости, равный пределу огнестойкости противопожарной стены или противопожарной перегородки;

- расстояние по горизонтали между ближайшими гранями проемов, расположенных в наружных стенах по разные стороны вершины угла, должно быть не менее 4 м. При расстоянии между данными проемами менее 4 м они на вышеуказанном участке стены должны иметь соответствующее противопожарное заполнение (только в наружной стене одной части здания).

Перегородки, отделяющие пути эвакуации (общие коридоры, холлы, фойе, вестибюли, галереи), должны выделяться стенами или перегородками, предусмотренными от пола до перекрытия (покрытия).

Указанные стены и перегородки должны примыкать к глухим участкам наружных стен и не иметь открытых проемов, не заполненных дверями, люками, светопрозрачными конструкциями и др. (в том числе над подвесными потолками и под фальшполами). Светопрозрачные конструкции в данных перегородках и стенах следует предусматривать из негорючих материалов. Узлы пересечения указанных стен и перегородок инженерными коммуникациями должны герметизироваться материалами группы НГ.

Данные стены и перегородки в общественных зданиях высотой не более 28 м допускается проектировать с ненормируемыми пределами огнестойкости.

В общественных зданиях высотой более 28 м указанные стены и перегородки (в том числе из светопрозрачных материалов) следует предусматривать класса К0 с пределом огнестойкости не менее EI 45.

При использовании перегородок из гипсокартонных или гипсоволокнистых листов следует руководствоваться:

- СП 55-101-2000. Данный документ одобрен Управлением стандартизации, технического нормирования и сертификации Госстроя России (письмо от 12.04.2000 № 19-22/168 и согласован управлением Государственной противопожарной службы МВД России (письмо от 08.02.2000 г. № 20/2.2/460);

- СП 163.1325800, который утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации 07.08.2014 и введен в действие в 2014 г.

Под помещениями пожаробезопасных зон и над указанными помещениями не допускается размещать помещения иного функционального назначения.

При пожаре в помещении безопасной зоны должно создаваться избыточное давление 20 Па при одной открытой двери эвакуационного выхода.

В качестве безопасных зон следует принимать:

а) на 1 этаже – вестибюли или холлы, а также холлы лифтов для транспортирования пожарных подразделений и маломобильных групп населения, обеспеченные выходами непосредственно наружу;

б) на этажах, расположенных ниже 9 м – помещения, обеспеченные выходом непосредственно в лестничные клетки. Данные помещения должны иметь открывающиеся оконные проемы в наружных стенах с размерами створок шириной не менее 1 м и высотой не менее 1.5 м;

в) на этажах, расположенных выше 9 м – лифтовые холлы перед лифтами для транспортирования пожарных подразделений;

г) в цокольных или подвальных этажа – помещения, обеспеченные выходом непосредственно в эвакуационные лестницы, ведущие непосредственно наружу и соединяющие улицу только с одним этажом – подвальным или цокольным).

Направление открывания дверей безопасных зон предусмотреть внутрь зоны. Размеры зоны безопасности определяются расчетным числом людей, перемещаемых на средствах горизонтального транспортирования (каталках, кроватях, колясок) исходя из площади 3,5 м^2 для человека на кровати или каталке и 2,5 м^2 для человека на коляске.

Отделка безопасных зон должна предусматриваться негорючими

материалами.

Окна безопасных зон, расположенные на расстоянии менее 4 м от оконных и дверных проемов в наружных стенах здания, должны иметь предел огнестойкости EI 30 в зданиях I степени огнестойкости и EI 30 в остальных случаях.

Расстояние по путям эвакуации от дверей (палат) помещений с указанными выше пациентами до безопасных зон не должно превышать 25 м или должно быть обосновано расчетом пожарного риска.

Для эвакуации и спасения маломобильных групп населения группы мобильности М4 в общественных и жилых зданиях необходимо использовать лифтовые холлы перед пожарными лифтами, отвечающим приведенным выше требованиям.

Помещение безопасной зоны должно быть оснащено селекторной связью или другим устройством визуальной или текстовой связи с диспетчерской или с помещением пожарного поста (поста охраны).

4.2.3 Лестничные клетки и лестницы

Устройство безопасных зон для МГН в лестничной клетке должно выполняться при условии обеспечения беспрепятственной эвакуации по лестнице основного потока людей в случае пожара. С этой целью необходимо предусматривать дополнительные участки (зоны) для размещения МГН:

- на площадках лестничных клеток типа Н2 или Н3, которые не уменьшают требуемые нормативными документами размеры путей эвакуации;

- на площадках эвакуационных лестниц, ведущих из подвального или цокольного этажа непосредственно наружу (лестница соединяет только один подвальный или один цокольный этаж и улицу и проектируется без подпора и без тамбур-шлюза).

Размеры указанных дополнительных участков (зон) на площадках лестничных клеток и лестниц определяются расчетным числом людей, перемещаемых на средствах горизонтального транспортирования (каталках, кроватях, колясок), исходя из площади 3,5 м² для человека на кровати или каталке и

2,5 м² для человека на коляске.

Дверь входа в лестницу из коридора должна быть противопожарная дымогазонепроницаемая.

4.2.4 Покрытия зданий и сооружений

Устройство безопасных зон на площади эксплуатируемой кровли имеет следующие ограничения.

В силу необходимости выполнения условия о возможности нахождения в безопасной зоне продолжительное время, использование площади кровли для создания безопасной зоны может быть допущено только в соответствующих климатических районах (IV, IIIБ).

Для людей МГН, находящихся на этажах здания, должен быть обеспечен доступ к указанной безопасной зоне. Таким образом, использование безопасной зоны, размещенной на кровле, ограничивается только людьми, находящимися либо непосредственно на эксплуатируемой кровле, либо на этаже здания, имеющем один уровень с кровлей.

Необходимость осуществления возможности спасения людей подразумевает либо наличие вертикальных коммуникаций для доступа на кровлю (лестницы и лифты, используемые для традиционного способа спасения из помещений безопасных зон), либо наличие соответствующей пожарной техники, что фактически ограничивает возможную высоту размещения таких безопасных зон значением не более 9 м из-за трудных условий спасения на большей высоте с учетом наличия людей, относящихся к любым группам мобильности.

Кровля (верхний гидроизоляционный ковер), предназначенная для размещения людей, должна быть выполнена из негорючих материалов.

При использовании покрытия в качестве безопасной зоны (пожаробезопасной зоны) конструкции покрытий следует проектировать класса пожарной опасности К0 с пределом огнестойкости не менее REI 45.

Выходы на покрытие из лестничных клеток должны соответствовать требованиям к эвакуационным выходам.

Безопасная зона должна быть обеспечена проходом из негорючих материалов к площадке на границе покрытия, с которой будет обеспечено спасение людей с помощью автолестниц или автоподъемников (площадка с двойной калиткой).

При невозможности спасения с покрытия с помощью автолестниц или автоподъемников на покрытии должна быть предусмотрена площадка для спасательной кабины вертолета или площадка для вертолета.

При проектировании площадки для спасательных кабин вертолетов необходимо предусмотреть дополнительный выход на кровлю и ограждение кровли высотой 1,5 м (для обеспечения безопасности людей от индуктивного потока несущих винтов вертолета). Размер площадки для спасательных кабин должен быть не менее 5×5 м. Площадки следует проектировать ровными. Максимальный наклон площадок к горизонту не должен превышать 8°. Периметр площадок должен быть окрашен желтой полосой шириной 0,3 м. Над площадками и в непосредственной близости от них не должны располагаться антенны, электрооборудование, кабели и т.п. Максимальная высота препятствий относительно поверхности площадки в радиусе 10 м от ее центра не должна превышать 3 м. Площадки для кабин следует проектировать из расчета общей нагрузки от кабины 2500 кг.

В случае применения пожарных вертолетов для спасения людей размер площадки должен составлять не менее 20×20 м. Данная площадка должна находиться на расстоянии не менее 30 м от ближайшего выступа стены и не менее 15 м от края покрытия. При расчете нагрузки на покрытие необходимо учитывать статическую и динамическую нагрузки. (Статическая нагрузка для вертолетов класса К-32 составляет 11 т, а динамическая нагрузка – 22 т. Статическая нагрузка вертолета класса МИ-17 составляет 12 т, а динамическая – 24 т.)

Площадка должна иметь металлический поддон с глухим парапетом высотой не менее 0,1 м (из условия возможной аварийной ситуации с вертолетом), а также решетчатое ограждение высотой не менее 0,9 м. Площадку следует оборудовать стационарной автоматической установкой пенного пожаротушения по площади. Расчетное время работы установки – не менее 10 мин. при заполнении объема 20×20×0,1 в течение 1,5 мин. Кровля должна иметь решетчатое ограждение высотой

не менее 1,2 м.

Наземные вертолетные площадки следует предусматривать на расстоянии не более 500 м от здания.

6.2.26 Площадь безопасной зоны должна быть предусмотрена для всех инвалидов, остающихся по расчету на этаже, исходя из удельной площади, приходящейся на одного спасаемого, при условии возможности его маневрирования, м^2/чел.:

- инвалид в кресле-коляске 2,40;

- инвалид в кресле-коляске с сопровождающим лицом 2,65;

- инвалид, перемещающийся самостоятельно 0,75;

- инвалид, перемещающийся с сопровождающим лицом 1,00.

При обоснованном использовании в качестве зоны безопасности незадымляемой лестничной клетки, служащей путем эвакуации, размеры площадок лестничной клетки и пандуса необходимо увеличить исходя из размеров проектируемой зоны.

Комментарий 1.

Площадь безопасной зоны следует определять в соответствии с суммарной площадью проекций людей, относящихся к МГН, для которых предназначена данная зона. При расчете, а также для определения параметров размещения безопасных зон следует принимать расстояния от наиболее удаленных помещений с нахождением МГН до безопасных зон аналогичными расстояниям, указанным в СП 1.13130 для зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.1.

Комментарий 2.

Использование в качестве зон безопасности незадымляемых лестничных клеток только при увеличении площадей площадок лестничных клеток не допускается, поскольку требует выполнения дополнительных мероприятий и

зависит от количества эвакуирующихся людей, класса функциональной пожарной опасности здания и других параметров.

4.3 Инженерно-технические решения безопасных зон в общественных зданиях

6.2.25 ...

Безопасные зоны следует предусматривать: в отдельных помещениях с выходами непосредственно в незадымляемую лестничную клетку; на расстоянии не более 15 м от незадымляемых лестничных клеток, лифтов для инвалидов; в холлах лифтов для МГН, в холлах лифтов для транспортирования пожарных подразделений по [1] или на площадках лестничных клеток. Число соответствующих лифтов определяется расчетом согласно приложению А.

Комментарий.

В соответствии с положениями п. 7.14 р) СП 7.13130, для создания избыточного давления в помещениях безопасных зон, в том числе расположенных в лифтовых холлах лифтов для транспортирования пожарных подразделений, необходимо предусматривать системы приточной противодымной вентиляции. При этом положениями п. 7.1 СП 7.13130 запрещено обособленное использование приточной противодымной вентиляции. Помещения и коридоры, сообщающиеся через дверные проемы с такой зоной, подлежат защите системой вытяжной противодымной вентиляции, в соответствии с положениями п. 7.2 СП 7.13130. Для всех помещений здания, подлежащих защите системами вытяжной противодымной вентиляции, необходимо предусматривать компенсирующую подачу наружного воздуха для возмещения объемов удаляемых из них продуктов горения, в соответствии с положениями п. 7.14 к) СП7.13130. При этом должен быть обеспечен массовый баланс удаляемого объема и подаваемого для компенсации наружного воздуха, при допустимой величине отрицательного дисбаланса не более 30% (п. 7.4

СП7.13130). В указанном балансе должно учитываться поступление приточного воздуха через неплотности дверных проемов лифтовых шахт и лестничных клеток.

Температура воздуха, подаваемого приточной противодымной вентиляцией в помещения безопасных зон, должна определяться с учетом нормировано обусловленной необходимости поддержания температуры воздуха в защищаемых помещениях в диапазоне значений, установленных проектной технологией эксплуатации здания.

6.2.26 ...

При обоснованном использовании в качестве зоны безопасности незадымляемой лестничной клетки, служащей путем эвакуации, размеры площадок лестничной клетки и пандуса необходимо увеличить исходя из размеров проектируемой зоны.

Комментарий.

При размещении безопасной зоны на площадке лестничного марша необходимо подогревать воздух, подаваемый приточной противодымной вентиляцией, согласно требованиям п. 7.17 е) СП 7.13130.

6.2.27 Помещение безопасной зоны должно отделяться от других помещений, коридоров противопожарными стенами 2-го типа (перегородками 1-го типа), перекрытиями 3-го типа с заполнением проемов (двери, окна) – не ниже 2-го типа. Такое помещение должно быть незадымляемым.

6.2.28 Каждая безопасная зона здания или сооружения должна быть оснащена необходимыми приспособлениями и оборудованием для пребывания МГН, аварийным освещением, устройством двусторонней речевой и/или видеосвязи с диспетчерской, помещением пожарного поста или помещением с персоналом, ведущим круглосуточное дежурство.

Комментарий.

В соответствии с положениями п. 7.15 г) СП 7.13130, подача воздуха в помещения безопасных зон должна осуществляться из расчета необходимости обеспечения скорости истечения воздуха через одну открытую дверь защищаемого помещения не менее 1,5 м/с. При этом количество одновременно открытых дверных проемов в безопасной зоне, учитываемых в расчете параметров систем приточной противодымной вентиляции, принимается с учетом конкретных объемно-планировочных решений объекта и определяется индивидуально в каждом отдельном случае. Одновременно необходимо обеспечение избыточного давления в помещении безопасной зоны в пределах от 20 до 150 Па при всех закрытых дверях. В общем виде (независимо от расположения в лифтовом холле, незадымляемой лестничной клетке и пр.) примеры защиты безопасных зон приточно-вытяжной противодымной вентиляцией приведены на рисунках 1 – 4.

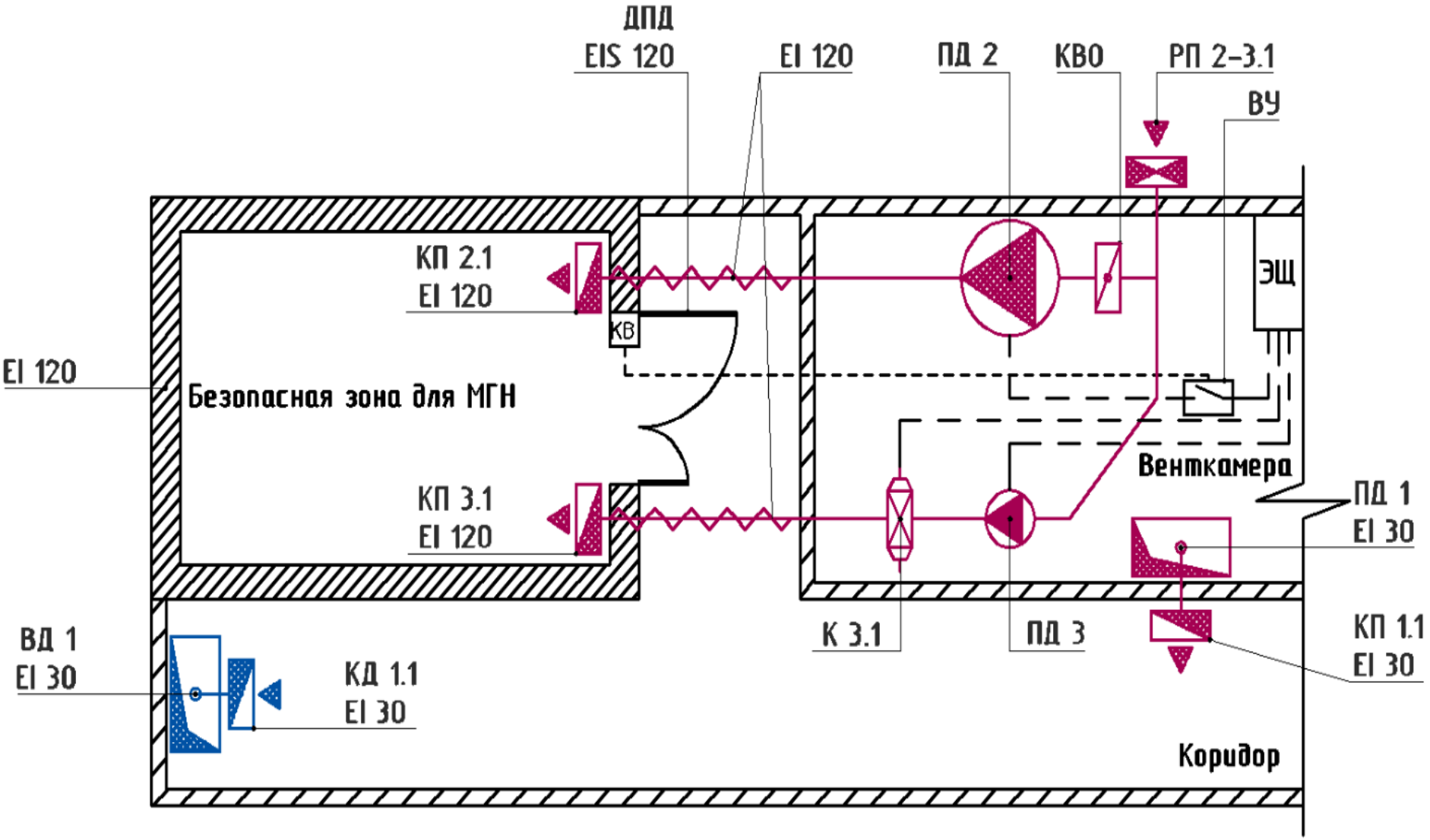


Рисунок 1 – Пример защиты безопасной зоны с применением концевого выключателя (КВ)

В целях обеспечения противодымной защиты безопасной зоны для маломобильных групп населения (МГН) при обнаружении пожара системой автоматической пожарной сигнализации (АПС) подлежат включению ВД1, ПД 1, ПД 2, ПД 3, К 3.1; открытию КД 1.1, КП 1.1, КП 2.1. По управляющему сигналу от концевого выключателя КВ, фиксирующему открытие–закрытие двери ДПД, подлежит отключению (при закрытии ДПД) и включению (при открытии ДПД) вентилятор системы ПД 2. При выключенном вентиляторе системы ПД 2 противопожарный нормально открытый клапан сохраняет открытое положение, при этом рециркуляция внутреннего воздуха исключается клапаном КВО. Приточный воздух в безопасной зоне при закрытых дверях нагревается до требуемого значения температуры.

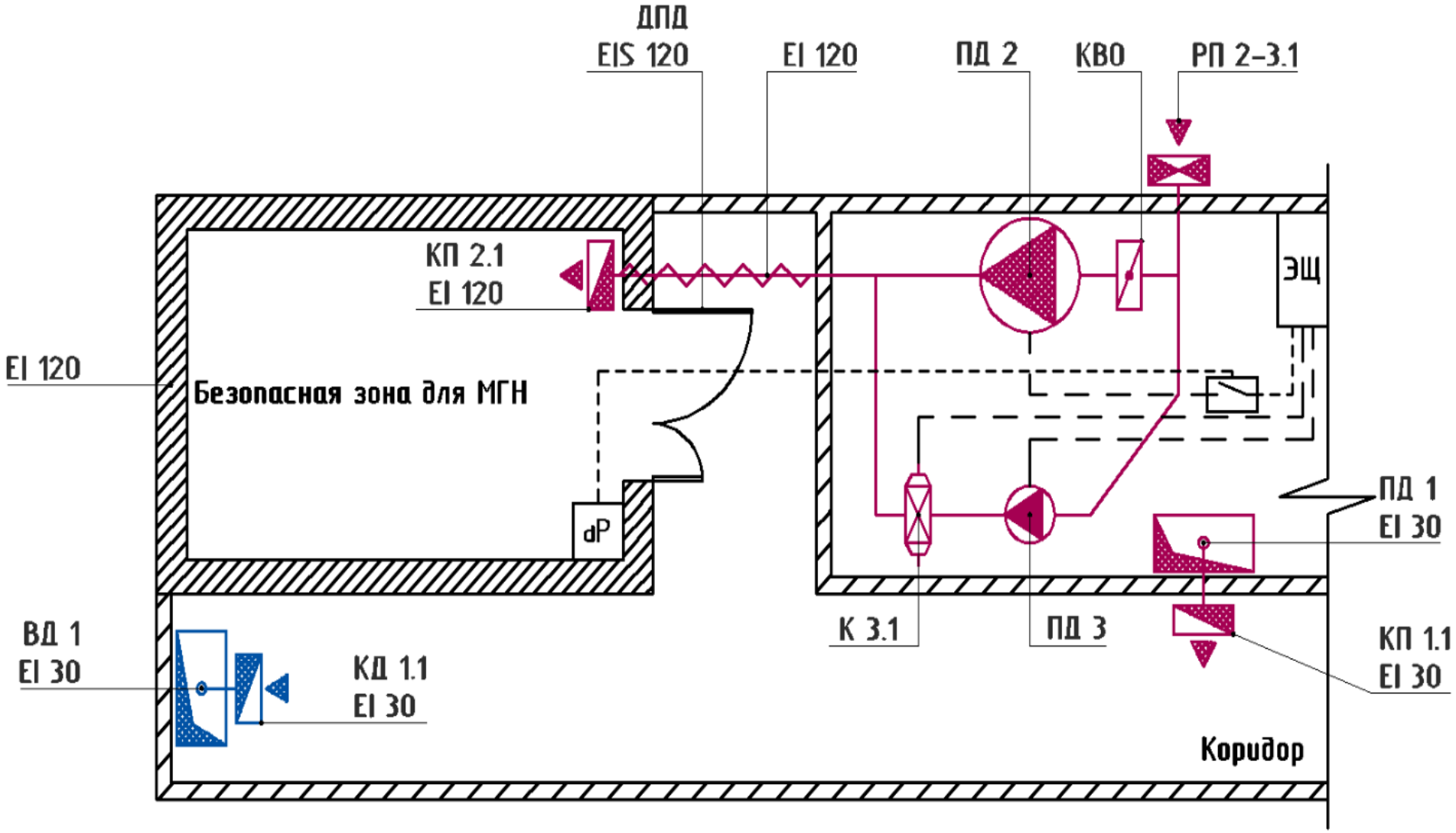


Рисунок 2 – Пример защиты безопасной зоны с применением датчика избыточного давления (dP)

В целях обеспечения противодымной защиты безопасной зоны для маломобильных групп населения (МГН) при обнаружении пожара системой автоматической пожарной сигнализации (АПС) подлежат включению ВД1, ПД 1, ПД 2, ПД 3, К 3.1; открытию КД 1.1, КП 1.1, КП 2.1. По управляющему сигналу от датчика избыточного давления dP, контролирующему избыточное давление в безопасной зоне в диапазоне значений от 20 Па до 150 Па, подлежит отключению (при увеличении давления до 150 Па и более) и включению (при снижении давления до 20 Па и менее) вентилятор системы ПД 2. При выключенном вентиляторе системы ПД 2, противопожарный нормально открытый клапан сохраняет открытое положение, при этом рециркуляция внутреннего воздуха исключается клапаном КВО. Приточный воздух в безопасной зоне при закрытых дверях нагревается до требуемого значения температуры.

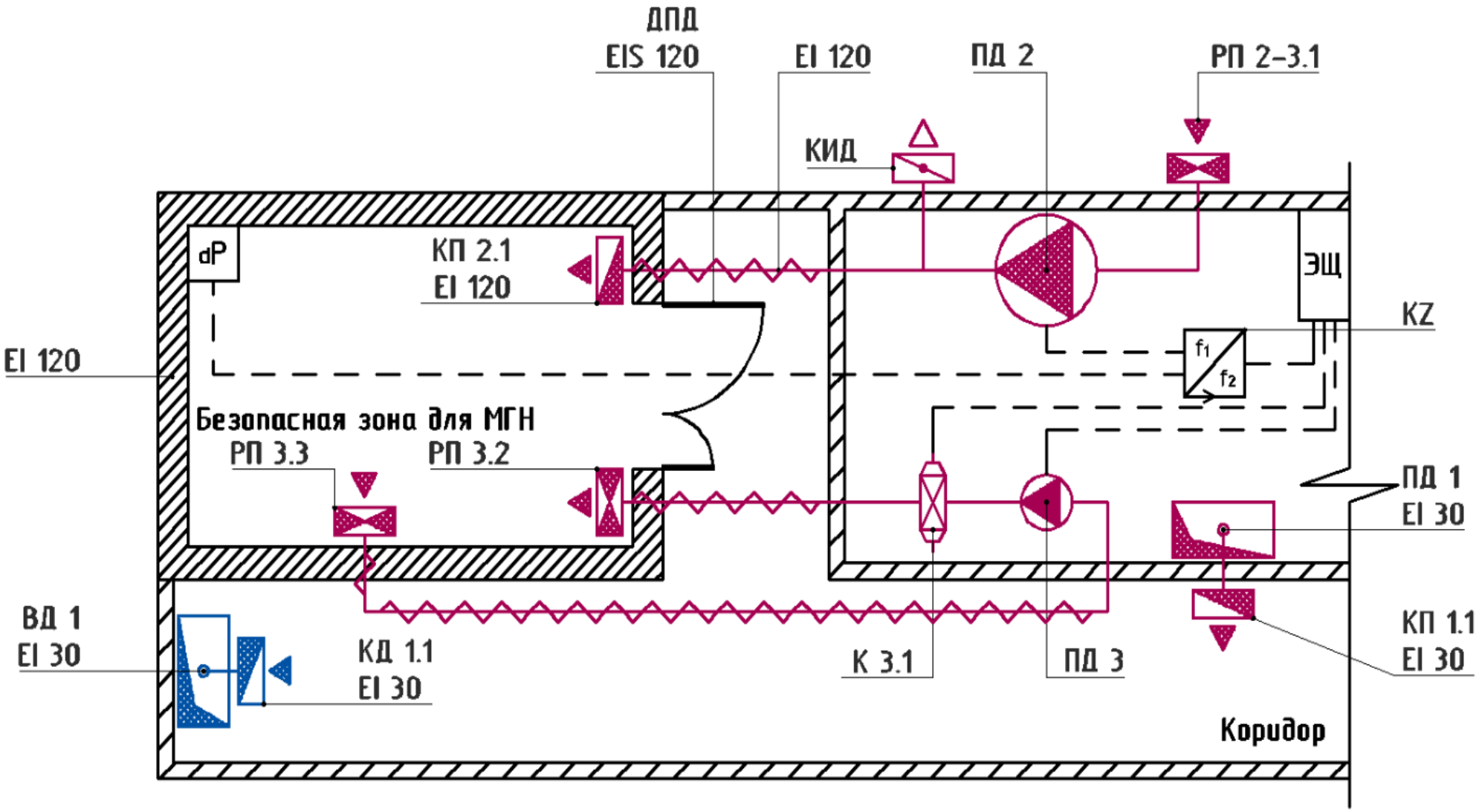


Рисунок 3 – Пример защиты безопасной зоны с применением датчика избыточного давления (dP) и инвертора (KZ)

В целях обеспечения противодымной защиты безопасной зоны для маломобильных групп населения (МГН) при обнаружении пожара системой автоматической пожарной сигнализации (АПС) подлежат включению ВД1, ПД 1, ПД 2, ПД 3, К 3.1; открытию КД 1.1, КП 1.1, КП 2.1. По управляющему сигналу от датчика избыточного давления dP, контролирующему избыточное давление в безопасной зоне в диапазоне значений от 20 Па до 150 Па, подлежит снижению (при увеличении давления до 150 Па и более) и увеличению (при снижении давления до 20 Па и менее) частота вращения рабочего колеса вентилятора системы ПД 2, в цепи электроснабжения которого подлежит установке инвертор KZ. Остановка вентилятора ПД 2 не производится, при закрытых дверях безопасной зоны частота вращения рабочего колеса ПД 2 снижается до минимальных рабочих значений, избыточное давление в безопасной зоне в требуемом диапазоне значений осуществляется клапаном КИД. Внутренний рециркулируемый воздух в безопасной зоне при закрытых дверях нагревается до требуемого значения температуры.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

	– шахта системы вытяжной противодымной вентиляции;
	– клапан дымовой (КД);
	– шахта системы приточной противодымной вентиляции;
	– вентилятор системы приточной противодымной вентиляции (ВПД);
	– воздуховод в огнестойком исполнении;
	– противопожарный клапан (КП);
	– решетка воздухоприточная (РП);
	– электрический калорифер (К);
	– клапан вентиляционный обратный (КВО);
	– клапан избыточного давления (КИД);
	– электрический щит (ЭЩ);
	– управляющий выключатель (ВУ);
	– концевой выключатель (КВ);
	– датчик избыточного давления (Р);
	– инвертор (KZ).

Рисунок 4 – Условные обозначения к примерам на рисунках 1, 2, 3

Во всех описанных выше примерах:

- не допускается установка КИД в ограждающих строительных конструкциях безопасной зоны;

- в обязательном порядке на этаже с очагом пожара полежат включению системы ВД 1, ПД 1.

4.4 Эвакуация и спасение маломобильных групп населения

6.2.19 Проектные решения зданий и сооружений должны обеспечивать безопасность посетителей в соответствии с требованиями [1], [2] с обязательным учетом психофизиологических возможностей инвалидов различных категорий, их численности и места предполагаемого нахождения в здании или сооружении.

Комментарий.

Проектные решения, связанные с их расчетным подтверждением на основании определения времени эвакуации людей, следует обосновывать в соответствии с методами расчета, приведенными в Методике [2].

6.2.20 Места обслуживания и постоянного нахождения МГН следует располагать на минимально возможных расстояниях от эвакуационных выходов из помещений зданий наружу.

Комментарий.

Требование рассматриваемого пункта имеет отношение не только к выходам из помещений наружу здания, но и к эвакуационным выходам из помещений в принципе (в коридор, на лестничную клетку и т. д.). В настоящее время значения указанных «минимально возможных расстояний» не регламентируются. Таким образом, данная формулировка означает, что при проектировании мест обслуживания расстояния до эвакуационных выходов следует выбирать с наименьшими значениями, указанными в соответствующих таблицах СП 1.13130.

Приложение А

Расчет времени безопасной эвакуации маломобильных групп населения

В соответствии с пунктом 6.2.25 СП 59.13330.2016: «Если с каждого из этажей здания или сооружения невозможно обеспечить своевременную эвакуацию всех инвалидов за необходимое время, то следует предусматривать на этих этажах безопасные зоны, в которых инвалиды могут находиться до их спасения пожарными подразделениями.

Предельно допустимые расстояния от наиболее удаленной точки этажей здания или сооружения с помещениями для инвалидов до двери в безопасную зону должны определяться расчетом».

Своевременная эвакуации МГН при пожаре обеспечивается, если сумма расчетного времени эвакуации и времени начала эвакуации не превышает необходимого времени эвакуации:

$$t_р + t_{н.э.} \leq t_н, \quad (1)$$

где $t_р$ – расчетное время эвакуации людей; $t_{н.э.}$ – время начала эвакуации (период времени от возникновения пожара до начала эвакуации); $t_н = 0{,}8t_{бл}$ – необходимое время эвакуации; $t_{бл}$ – время блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара (ОФП).

При расчете указанных величин необходимо руководствоваться математическими моделями и методами, приведенными в Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности (Приказ МЧС России № 382 от 30 июня 2009 г.) [2] с учетом изменений внесенных Приказом МЧС России №749 от 12.12. 2011 г. и Приказом МЧС России № 632 от 02.12.2015 г.

При этом время начала эвакуации $t_{н.э.}$ определяется в соответствии с п. 1 Приложения 5 Методики [2] следующим образом.

Значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ (с) для помещения очага пожара следует определять по формуле:

$$t_{НЭ} = 5 + 0{,}01 \cdot F, \qquad (2)$$

где F – площадь помещения, м^2.

В случае, если время начала эвакуации, рассчитанное по указанной формуле, превышает время начала эвакуации, определенное в соответствии с табл. А.1, время начала эвакуации из помещения очага пожара следует принимать по табл. А.1.

Для остальных помещений значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ следует определять по табл. А.1.

Таблица А.1

№ п/п	Класс функциональной пожарной опасности зданий и характеристика контингента людей	Значение времени начала эвакуации людей $t_{нэ}$, мин.		
		Здания, оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей		Здания, не оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей
		I–II типа	III–V типа	
1	Здания дошкольных образовательных организаций, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных организаций с наличием интерната и детских организаций; многоквартирные жилые дома; одноквартирные жилые дома, в том числе блокированные (Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4). Люди могут находиться в состоянии сна, но знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	6,0	4,0	9,0
2	Гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов (Ф1.2). Жильцы могут находиться в состоянии сна и не достаточно знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	3,0	2,0	6,0
3	Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений; здания организаций по обслуживанию населения (Ф2, Ф3).	3,0	1,0	6,0

	Посетители находятся в бодрствующем состоянии, но могут быть не знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов			
4	Здания научных и образовательных учреждений, научных и проектных организаций, органов управления учреждений (Ф4). Посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	3,0	1,5	6,0
5	Пожарные отсеки производственного или складского назначения с категорией помещений по взрывопожарной и пожарной опасности В1-В4, Г, Д, входящие в состав зданий с функциональной пожарной опасностью Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, в том числе Ф5.2 – стоянки для автомобилей без технического обслуживания и ремонта	2,0	0,5	6,0

Время блокирования путей эвакуации $t_{бл.}$ определяется в соответствии с Приложением 6 Методики [2].

Определение расчетного времени эвакуации $t_р$ возможно проводить с помощью любой из трех представленных в Методике [2] моделей эвакуации, а именно упрощенной аналитической модели движения людского потока (Приложение 2), модели индивидуально-поточного движения людей из здания (Приложение 3) и имитационно-стохастической модель движения людских потоков (Приложение 4). Однако при совместной эвакуации людей, относящихся к различным группам мобильности, рекомендуется использовать модель индивидуально-поточного движения людей.

Ниже представлены приведенные в Приложении 5 Методики [2] данные для людей различных групп мобильности (сохранена нумерация пунктов Приложения 5).

При однородном составе людского потока групп мобильности М2, М3 и М4 значения величин *D*, *V* и *q* следует принимать в соответствии с данными таблицы А.2.

Таблица А.2 – Расчетные значения параметров для групп мобильности М2 – М4

Группа мобильности	Вид пути										
	D, м^2/м^2	Горизонтальный		Лестница вниз		Лестница вверх		Пандус вниз		Пандус вверх	
		V, м/мин.	q, м^2/м·мин.	V, м/мин.	q, м^2/м·мин.	V, м/мин.	q, м^2/м·мин.	V, м/мин.	q, м^2/м·мин.	V, м/мин.	q, м^2/м·мин.
М2	0,01	30,00	0,30	30,00	0,30	20,00	0,20	45,00	0,45	25,00	0,25
	0,05	30,00	1,50	30,00	1,50	20,00	1,00	45,00	2,25	25,00	1,25
	0,1	30,00	3,00	30,00	3,00	20,00	2,00	45,00	4,50	25,00	2,50
	0,2	26,05	5,21	26,22	5,24	16,78	3,36	41,91	8,38	21,98	4,40
	0,3	21,97	6,59	22,01	6,60	13,96	4,19	33,92	10,18	18,09	5,43
	0,4	19,08	7,63	19,03	7,61	11,96	4,78	28,25	11,30	15,32	6,13
	0,5	16,84	8,42	16,71	8,36	10,41	5,20	23,85	11,93	13,18	6,59
	0,6	15,01	9,01	14,82	8,89	9,14	5,48	20,26	12,16	11,43	6,86
	0,7	13,46	9,42	13,22	9,25	8,07	5,65	17,22	12,05	9,95	6,97
	0,8	12,12	9,69	11,83	9,47	7,14	5,71	14,59	11,67	8,67	6,94
	0,9	10,93	9,84	10,61	9,55	6,32	5,68	12,27	11,04	7,54	6,79
М3	0,01	70,00	0,70	20,00	0,20	25,00	0,25	105,00	1,05	55,00	0,55
	0,05	70,00	3,50	20,00	1,00	25,00	1,25	105,00	5,25	55,00	2,75
	0,1	70,00	7,00	20,00	2,00	25,00	2,50	105,00	10,50	55,00	5,50

	0,2	53,50	10,70	20,00	4,00	20,57	4,11	83,41	16,68	45,54	9,11
	0,3	43,57	13,07	16,67	5,00	17,05	5,12	65,70	19,71	35,59	10,68
	0,4	36,52	14,61	14,06	5,62	14,56	5,82	53,13	21,25	28,54	11,41
	0,5	31,05	15,53	12,04	6,02	12,62	6,31	43,39	21,69	23,06	11,53
	0,6	26,59	15,95	10,38	6,23	11,04	6,62	35,42	21,25	18,59	11,15
	0,7	22,81	15,97	8,98	6,29	9,70	6,79	28,69	20,08	14,81	10,37
	0,8	19,54	15,63	7,77	6,21	8,54	6,83	22,86	18,28	11,53	9,23
	0,9	16,65	14,99	6,70	6,03	7,52	6,77	17,71	15,94	8,64	7,78
M4	0,01	60,00	0,60	–	–	–	–	115,00	1,15	40,00	0,40
	0,05	60,00	3,00	–	–	–	–	115,00	5,75	40,00	2,00
	0,1	60,00	6,00	–	–	–	–	115,00	11,50	40,00	4,00
	0,2	50,57	10,11	–	–	–	–	99,65	19,93	35,17	7,03
	0,3	40,84	12,25	–	–	–	–	79,88	23,97	28,36	8,51
	0,4	33,93	13,57	–	–	–	–	65,86	26,34	23,52	9,41
	0,5	28,58	14,29	–	–	–	–	54,98	27,49	19,77	9,89
	0,6	24,20	14,52	–	–	–	–	46,09	27,65	16,71	10,03
	0,7	20,50	14,35	–	–	–	–	38,57	27,00	14,12	9,88
	0,8	17,30	13,84	–	–	–	–	32,06	25,65	11,88	9,50
	0,9	14,47	13,02	–	–	–	–	26,32	23,68	9,90	8,91

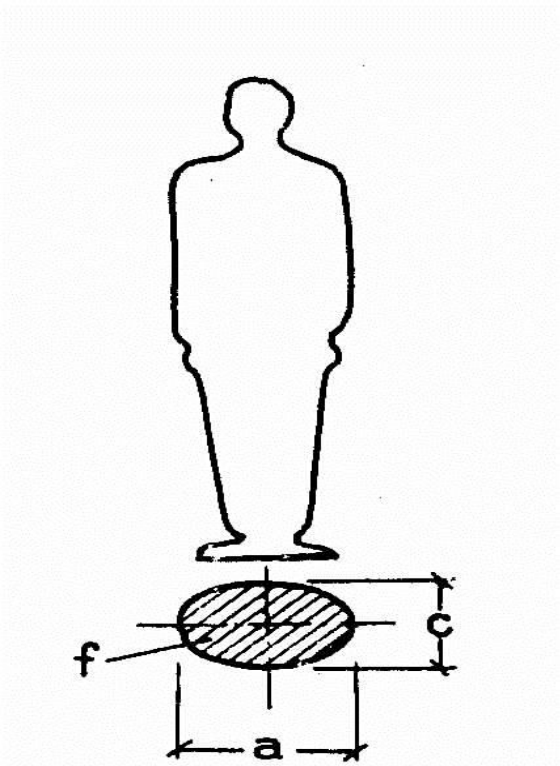
Примечание:

М2 – немощные люди, мобильность которых снижена из-за старения организма (инвалиды по старости); инвалиды на протезах; инвалиды с недостатками зрения, пользующиеся белой тростью; люди с психическими отклонениями;

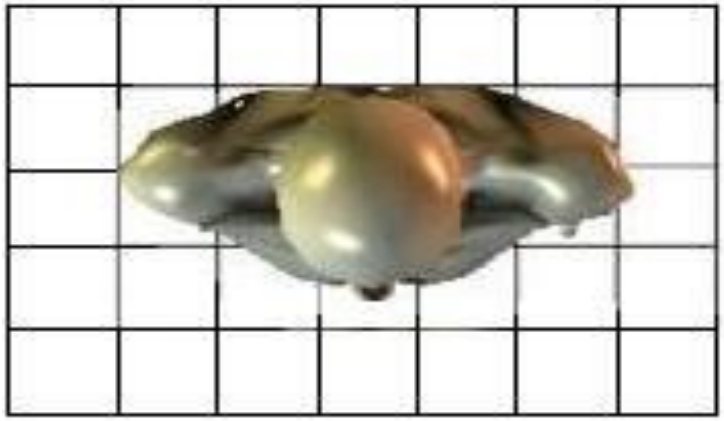
М3 – инвалиды, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, палки);

М4 – инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную.

Площадь горизонтальной проекции человека f, $м^2$/чел. принимается в зависимости от состава людей в потоке в соответствии с приведенными ниже данными.



а)



б)

Рисунок А.1 – Площадь горизонтальной проекции человека: *а*) расчетная; *б*) действительная

Размеры людей изменяются в зависимости от физических данных, возраста и одежды. В таблицах А.3, А.4, А.5 и на рис. А.2 приводятся усредненные размеры людей разного возраста, в различной одежде и с различным грузом. При этом приведены значения площади горизонтальной проекции инвалидов с нарушением опорно-двигательного аппарата.

Таблица А.3 – Площади горизонтальной проекции взрослых людей

Тип одежды	Ширина (a), м	Толщина (c), м	Площадь горизонтальной проекции, $м^2$/чел.
летняя	0,46	0,28	0,100
весенне-осенняя	0,48	0,30	0,113
зимняя	0,50	0,32	0,125

Таблица А.4 – Площади горизонтальной проекции детей и подростков

Тип одежды	Возрастные группы		
	Младшая до 9 лет	Средняя 10–13 лет	Старшая 14–16 лет
домашняя одежда	0,04	0,06	0,08
домашняя одежда со школьной сумкой	0,07	0,10	0,14
уличная одежда	0,09	0,13	0,16

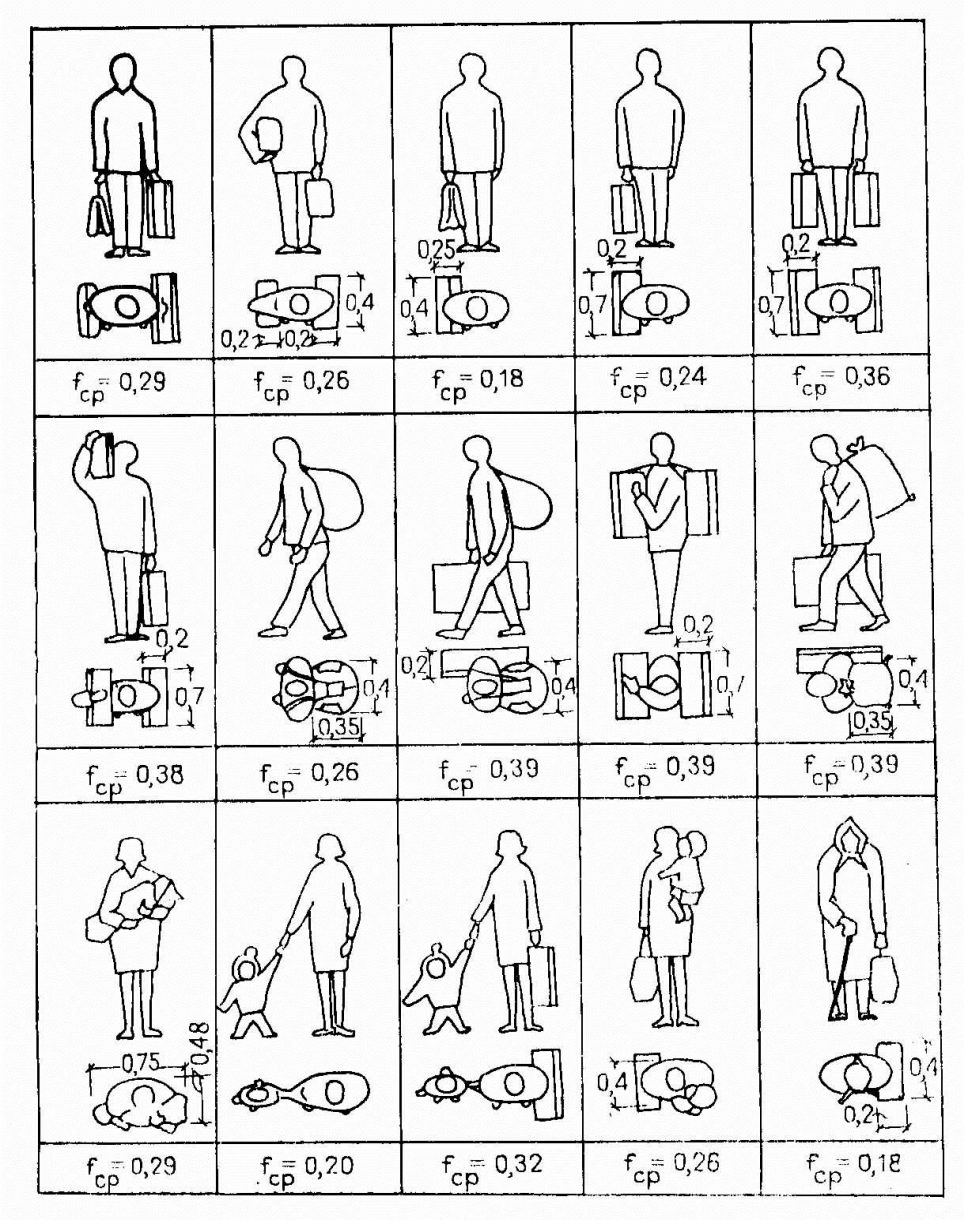
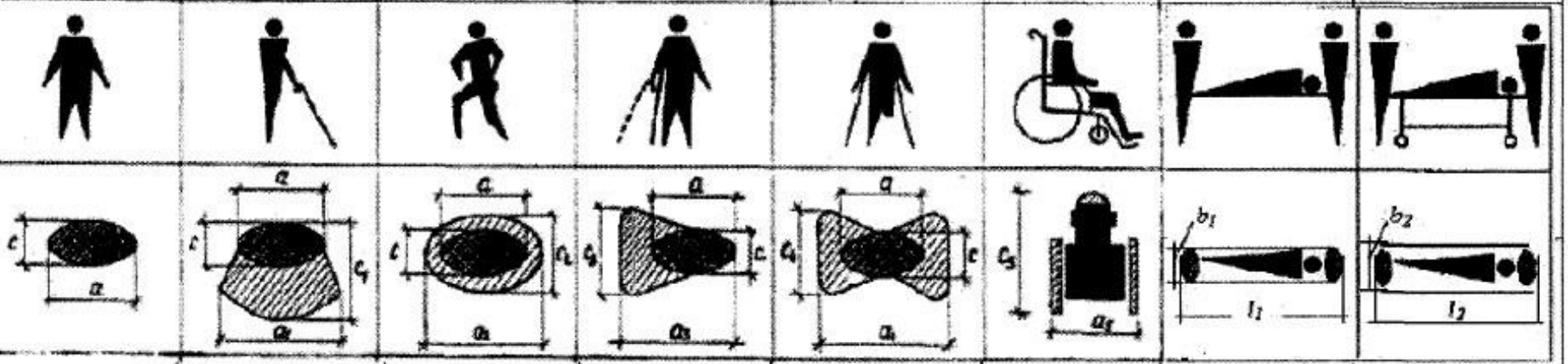


Рисунок А.2 – Площадь горизонтальной проекции людей с различным грузом

Таблица А.5 – Площадь горизонтальной проекции людей с ограниченной мобильностью, $м^2$/чел.

Здоровые люди, слабослышащие, с ограничением	Слепые	С поражением опорно-двигательного аппара-					
		передвигающиеся без дополни-	передвигающиеся с одной дополнительной опо-	передвигающиеся с двумя дополнительными	передвигающиеся на креслах-колясках	транспортируемые на носилках	транспортируемые на каталках
1	2	3	4	5	6	7	8
							
$a = 0,28$	$a_1 = 0,72$	$a_2 = 0,40$	$a_3 = 0,50$	$a_4 = 0,50$	$a_5 = 0,80$	$b_1 = 0,50$	$b_2 = 0,75$
$c = 0,46$	$c_1 = 0,82$	$c_2 = 0,75$	$c_3 = 0,65$	$c_4 = 0,90$	$c_5 = 1,20$	$l_1 = 2,10$	$l_2 = 2,10$
$f = 0,10$	$f = 0,40$	$f = 0,25$	$f = 0,20$	$f = 0,30$	$f = 0,96$	$f = 1,05$	$f = 1,58$

Расчетные значения параметров движения людских потоков в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1.

Значения величин a_j, D_{0j} и V_{0j} при использовании имитационно-стохастической модели представлены в табл. А.6

.

Таблица А.6

Вид пути	a_j	D_{0j}, чел./м^2	V_{0j},м/мин.	σ(V_{0j}), м/мин.
Дети дошкольного возраста (здания детских дошкольных образовательных учреждений)				
Горизонтальный	0,275	0,78	60	10
Проем	0,350	1,20	60	
Лестница вниз	0,190	0,64	47	
Лестница вверх	0,275	0,76	47	
Дети с ограниченными возможностями (специализированные дома инвалидов)				
Горизонтальный	0,29	0,60	51	20
Проем	0,30	0,67	47	26
Лестница вниз	0,21	0,63	23	12
Лестница вверх	0,30	0,69	20	8
Люди трудоспособного возраста в стационарах больниц (стационары больниц)				
Горизонтальный	0,414	0,77	44	10

Проем	0,345	0,57	38	8
Лестница вниз	0,422	0,96	24	7
Лестница вверх	0,313	0,74	14	5
Престарелые люди (специализированные дома престарелых)				
Горизонтальный	0,428	0,96	25	5
Проем	0,456	1,02	20	
Лестница вниз	0,505	1,26	20	
Лестница вверх	0,338	0,56	20	
Пандус вниз	0,353	0,58	25	
Пандус вверх	0,368	0,72	15	
Слепые и слабовидящие люди (специализированные дома инвалидов)				
Горизонтальный	0,371	0,73	26	7
Проем	0,271	0,77	17	6
Лестница вниз	0,519	0,97	21	6
Лестница вверх	0,387	0,82	18	6

Глухие и слабослышащие люди (специализированные дома инвалидов)				
Горизонтальный	0,301	0,58	82	15
Проем	0,328	0,73	82	15
Лестница вниз	0,380	0,91	82	15
Лестница вверх	0,344	0,72	54	15

Значения параметров движения людских потоков для расчета путей эвакуации по упрощенной аналитической и индивидуально-поточной моделям приведены в табл. А.7 – А.9.

При определении плотности людского потока D_i через площадь горизонтальной проекции человека f значение f, м^2/чел., принимается в соответствии с приведенными ниже данными:

0,03 м^2/чел. – для детей дошкольного возраста;

0,15 м^2/чел. – для детей с ограниченными возможностями;

0,2 м^2/чел. – для людей трудоспособного возраста в стационарах больниц;

0,1 м^2/чел. – для слепых и слабовидящих людей;

0,1 м^2/чел. – для глухих и слабослышащих людей;

0,2 м^2/чел. – для престарелых людей;

0,13 м^2/чел. – для беременных женщин.

Таблица А.7

D, $м^2/м^2$	Горизонтальный путь		Проем	Лестница вниз		Лестница вверх	
	V, м/мин.	q, /мин.	q, м/мин.	V, м/мин.	q, м/мин.	V, м/мин.	q, м/мин.
Дети дошкольного возраста (здания детских дошкольных образовательных учреждений)							
0,01	60,00	0,60	0,60	47,00	0,47	47,00	0,47
0,05	47,19	2,36	2,66	38,36	1,92	36,96	1,85
0,1	35,75	3,58	3,85	32,17	3,22	28,00	2,80
0,2	24,31	4,86	4,80	25,98	5,20	19,05	3,81
0,3	17,62	5,29	4,64	-	-	-	-
0,4	12,88	5,15	3,77	-	-	-	-
0,5	9,19	4,60	2,37	-	-	-	-
Дети с ограниченными возможностями (специализированные дома инвалидов)							
0,01	50,59	0,51	0,47	23,33	0,23	19,94	0,20
0,05	50,59	2,53	2,34	23,33	1,17	19,94	1,00

0,1	48,97	4,90	4,68	23,06	2,31	20,19	2,02
0,2	38,88	7,78	7,42	19,64	3,93	16,02	3,20
0,3	32,97	9,89	9,41	17,64	5,29	13,57	4,07
0,4	28,78	11,51	10,93	16,22	6,49	11,84	4,74
0,5	25,54	12,77	12,08	15,12	7,56	10,50	5,25
0,6	22,88	13,73	12,96	14,22	8,53	9,40	5,64
0,7	20,64	14,45	13,60	13,46	9,42	8,47	5,93
0,8	18,69	14,95	14,04	12,80	10,24	7,67	6,14
0,9	16,98	15,28	14,30	12,22	11,00	6,96	6,26
Люди трудоспособного возраста (стационары больниц)							
0,01	44,03	0,44	0,38	24,09	0,24	13,69	0,14
0,05	44,03	2,20	1,88	24,09	1,20	13,69	0,68
0,1	44,03	4,40	3,77	24,09	2,41	13,69	1,37
0,2	44,03	8,81	7,53	24,09	4,82	13,69	2,74
0,3	41,42	12,43	11,30	20,37	6,11	13,24	3,97
0,4	36,18	14,47	14,39	17,44	6,98	12,01	4,80

0,5	32,11	16,05	16,54	15,17	7,59	11,05	5,52
0,6	28,79	17,27	18,42	13,32	7,99	10,27	6,16
0,7	25,98	18,18	20,09	11,75	8,23	9,61	6,73
0,8	23,54	18,83	21,57	10,40	8,32	9,04	7,23
0,9	21,40	19,26	22,89	9,20	8,28	8,53	7,68
Престарелые люди (специализированные дома престарелых)							
0,01	25,00	0,25	0,20	20,00	0,20	20,00	0,20
0,05	25,00	1,25	1,00	20,00	1,00	20,00	1,00
0,1	25,00	2,50	2,00	20,00	2,00	20,00	2,00
0,2	24,56	4,91	4,00	20,00	4,00	16,08	3,22
0,3	20,22	6,07	4,94	18,24	5,47	13,34	4,00
0,4	17,15	6,86	5,54	15,33	6,13	11,39	4,56
0,5	14,76	7,38	5,91	13,08	6,54	9,89	4,94
0,6	12,81	7,68	6,10	11,24	6,74	8,65	5,19
0,7	11,16	7,81	6,13	9,68	6,78	7,61	5,33
0,8	9,73	7,78	6,03	8,33	6,67	6,71	5,37

0,9	8,47	7,62	5,82	7,14	6,43	5,91	5,32
Слепые и слабовидящие люди (специализированные дома инвалидов)							
0,01	26,34	0,26	0,17	21,37	0,21	18,00	0,18
0,05	26,34	1,32	0,85	21,37	1,07	18,00	0,90
0,1	23,26	2,33	1,58	21,03	2,10	16,62	1,66
0,2	16,49	3,30	2,52	13,34	2,67	11,79	2,36
0,3	12,53	3,76	3,22	8,85	2,65	8,96	2,69
0,4	9,72	3,89	3,77	5,66	2,26	6,96	2,78
0,5	7,54	3,77	4,19	3,18	1,59	5,41	2,70
Глухие и слабослышащие люди (специализированные дома инвалидов)							
0,01	82,36	0,82	0,82	82,36	0,82	53,81	0,54
0,05	82,36	4,12	4,12	82,36	4,12	53,81	2,69
0,1	68,86	6,89	7,39	79,41	7,94	47,73	4,77
0,2	51,67	10,33	11,03	57,72	11,54	34,90	6,98
0,3	41,62	12,49	13,25	45,03	13,51	27,39	8,22

0,4	34,49	13,80	14,56	36,02	14,41	22,07	8,83
0,5	28,96	14,48	15,19	29,04	14,52	17,94	8,97
0,6	24,44	14,66	15,27	23,33	14,00	14,56	8,74
0,7	20,62	14,43	14,90	18,51	12,96	11,71	8,20
0,8	17,31	13,84	14,15	14,33	11,46	9,24	7,39
0,9	14,39	12,95	13,05	10,64	9,58	7,06	6,35

Примечание: в табл. А.7 представлены данные о параметрах движения престарелых людей, передвигающихся без дополнительных опор и с одной дополнительной опорой, а также детей с ограниченными возможностями, способных к самостоятельной эвакуации.

Таблица А.8 – Расчетные значения параметров движения по пандусам престарелых людей в специализированных домах престарелых

D, $м^2/м^2$	Пандус вниз		Пандус вверх	
	V, м/мин	*q*, м/мин	*V*, м/мин	*q*, м/мин
0,01	25,00	0,25	15,00	0,15
0,05	25,00	1,25	15,00	0,75
0,1	25,00	2,50	15,00	1,50
0,2	20,19	4,04	13,19	2,64
0,3	16,61	4,98	10,95	3,28
0,4	14,08	5,63	9,36	3,74
0,5	12,11	6,05	8,13	4,06
0,6	10,50	6,30	7,12	4,27
0,7	9,14	6,40	6,27	4,39
0,8	7,96	6,37	5,53	4,43
0,9	6,92	6,23	4,88	4,40

Таблица А.9 – Расчетные зависимости между плотностью и интенсивностью движения людского потока, состоящего из людей, передвигающихся на креслах-колясках

Плотность потока, D, м^2/м^2	Интенсивность движения, q, м/мин.
0	0,0
0,1	15,2
0,2	22,7
0,3	24,2
0,4	21,5
0,5	18,4
0,6	16,1
0,7	13,9
0,8	12,4
0,9	11,0
0,96	9,7

Площадь горизонтальной проекции беременных женщин следует принимать по данным рис. А.3 и табл. А.10.

Таблица А.10 – Значения *a*, *b*, *c*, *d* для расчета площади горизонтальной проекции беременной женщины

Обозначение	Размер, м
a	0,355
b	0,56
c	0,30
d	0,205

Рисунок А.3 – Площадь горизонтальной проекции беременной женщины f = 0,13 м^2/чел

Необходимо отметить, что индивидуально-поточная и имитационно-стохастическая модели могут применяться только в случае однородных людских потоков. При наличии различных категорий МГН, а также лиц, не относящихся к МГН, следует использовать только индивидуально-поточную модель движения.

Порядок проведения расчета и математические модели для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара

Требованиями пункта 6.2.25 СП 59.13330.2016 установлено, что устройство безопасных зон в зданиях и сооружениях предусматривается при невозможности обеспечения своевременной эвакуации всех МГН за необходимое время. В соответствии с положениями статьи 2 [1]: «...14) необходимое время эвакуации – время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда жизни и здоровью людей в результате воздействия опасных факторов пожара;...».

В Методике [2] понятие времени блокирования ($t_{бл}$) – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин. Данный параметр является ключевым при определении вероятности своевременной эвакуации людей, в том числе МГН, при пожаре.

Время блокирования путей эвакуации $t_{бл}$ вычисляется путем расчета времени достижения ОФП предельно допустимых значений на эвакуационных путях в различные моменты времени.

Порядок проведения расчета

Производится экспертный выбор сценария или сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей.

Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

- выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;
- задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете

системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, задание состояния проемов);

- задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

Выбор места нахождения очага пожара производится экспертным путем. При этом учитывается количество горючей нагрузки, ее свойства и расположение, вероятность возникновения пожара, возможная динамика его развития, расположение эвакуационных путей и выходов.

Наиболее часто при расчетах рассматриваются три основных вида развития пожара: круговое распространение пожара по твердой горючей нагрузке, линейное распространение пожара по твердой горючей нагрузке, неустановившееся горение горючей жидкости.

Скорость выгорания для этих случаев определяется формулами:

$$\Psi = \begin{cases} \psi_{уд} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2 \text{ - для кругового распространения пожара} \\ \psi_{уд} \cdot 2 \cdot v \cdot t \cdot b \text{ - для линейного распространения пожара,} \\ \psi_{уд} \cdot F \cdot \sqrt{\frac{t}{t_{ст}}} \text{ - для неустановившегося горения ГЖ} \end{cases}, \quad (3)$$

где $\Psi_{уд}$ – удельная скорость выгорания (для жидкостей установившаяся), кг/(с·м^2); v – скорость распространения пламени, м/с; b – ширина полосы горючей нагрузки, м; $t_{ст}$ – время стабилизации горения горючей жидкости, с; F – площадь очага пожара, м^2.

При наличии в помещении очага пожара установки автоматического пожаротушения, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, при проведении расчетов значение скорости выгорания принимается уменьшенным в 2 раза.

С учетом раздела «Классификация и область применения методов математического моделирования пожара» выбирается метод моделирования, формулируется математическая модель, соответствующая данному сценарию, и производится моделирование динамики развития пожара. На основании полученных

результатов рассчитывается время достижения каждым из опасных факторов пожара предельно допустимого значения на путях эвакуации.

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

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

- по повышенной температуре – 70 °С;
- по тепловому потоку – 1400 Вт/м^2;
- по потере видимости – 20 м (для случая, когда оба горизонтальных линейных размера помещения меньше 20 м, предельно допустимое расстояние по потере видимости следует принимать равным наибольшему горизонтальному линейному размеру);
- по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м^3;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения: CO_2 – 0,11 кг/м^3; CO – $1{,}16 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3; HCL – $2{,}3 \cdot 10^{-6}$ кг/м^3.

Необходимо отметить, что при использовании полевой модели определение критического времени имеет существенные особенности, связанные с тем, что критическое значение в различных точках помещения достигается не одновременно. Для помещений с соизмеримыми горизонтальными размерами критическое время определяется как максимальное из критических времен для эвакуационных выходов из данного помещения (время блокирования последнего выхода).

Определяется время блокирования $t_{бл}$:

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^{T}, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.}\}. \quad (4)$$

Классификация и область применения методов математического моделирования пожара

Для описания термогазодинамических параметров пожара применяются три основных группы детерминистических моделей: интегральные, зонные (зональные) и полевые.

Выбор конкретной модели расчета времени блокирования путей эвакуации

следует осуществлять исходя из следующих предпосылок:

- **интегральный метод:** для зданий, содержащих развитую систему помещений малого объема простой геометрической конфигурации; для помещений, где характерный размер очага пожара соизмерим с характерными размерами помещения и размеры помещения соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в 5 раз); для предварительных расчетов с целью выявления наиболее опасного сценария пожара;

- **зонный (зональный) метод:** для помещений и систем помещений простой геометрической конфигурации, линейные размеры которых соизмеримы между собой (линейные размеры помещения отличаются не более чем в 5 раз), когда размер очага пожара существенно меньше размеров помещения; для рабочих зон, расположенных на разных уровнях в пределах одного помещения (наклонный зрительный зал кинотеатра, антресоли и т. д);

- **полевой метод:** для помещений сложной геометрической конфигурации, а также помещений с большим количеством внутренних преград (атриумы с системой галерей и примыкающих коридоров, многофункциональные центры со сложной системой вертикальных и горизонтальных связей и т.д.); для помещений, в которых один из геометрических размеров гораздо больше (меньше) остальных (тоннели, закрытые автостоянки большой площади и т. д.); для иных случаев, когда применимость или информативность зонных и интегральных моделей вызывает сомнение (уникальные сооружения, распространение пожара по фасаду здания, необходимость учета работы систем противопожарной защиты, способных качественно изменить картину пожара, и т. д.).

При использовании интегральной и зонной моделей для помещения, один из линейных размеров которого более чем в пять раз превышает хотя бы один из двух других линейных размеров, необходимо это помещение делить на участки, размеры которых соизмеримы между собой, и рассматривать участки как отдельные помещения, сообщающиеся проемами, площадь которых равна площади сечения на границе участков. Использование аналогичной процедуры в случае, когда два линейных размера превышают третий более чем в 5 раз, не допускается.

Интегральная математическая модель расчета газообмена в здании, при пожаре

Для расчета распространения продуктов горения по зданию составляются и решаются уравнения аэрации, тепло- и массообмена как для каждого помещения в отдельности, так и для всего здания в целом.

Уравнения движения, связывающие значения перепадов давлений на проемах с расходами газов через проемы, имеют вид:

$$G_{ji} = \text{sign}\,(\Delta P_{ji}) \cdot \xi \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot |\Delta P_{ji}|}, \qquad (5)$$

где G_{ji} – расход газов через проем между двумя (j-м и i-м) смежными помещениями, кг/с; ξ – коэффициент расхода проема (ξ = 0,8 для закрытых проемов и ξ = 0,64 для открытых); F – площадь сечения проема, м^2; ρ – плотность газов, проходящих через проем, кг/м^3; ΔP_{ji} – средний перепад полных давлений между j-м и i-м помещением, Па.

Направление (знак) расхода определяется знаком разности давлений ΔP_{ji}. В зависимости от этого плотность ρ принимает различные значения.

Знак расхода газов (входящий в помещение расход считается положительным, выходящий – отрицательным) и значение ρ зависят от знака перепада давлений:

$$\text{sign}\ (\Delta P), \rho = \begin{cases} -1,\ \rho = \rho_j, \text{при} \Delta P < 0 \\ +1,\ \rho = \rho_i, \text{при} \Delta P > 0 \end{cases}. \qquad (6)$$

Для прогнозирования параметров продуктов горения (температуры, концентраций токсичных компонентов продуктов горения) в помещениях многоэтажного здания на этажах, расположенных выше этажа, на котором может возникнуть пожар, рассматриваются процессы распространения продуктов горения в вертикальных каналах (лестничные клетки, шахты лифтов, вентканалы и т.п.).

Вертикальную шахту по высоте разделяют на зоны, которые представляют узлы в гидравлической схеме здания. Зона по высоте может охватывать несколько этажей здания. В этом случае расход газа между зонами можно выразить формулой

вида:

$$G = \sqrt{\frac{\Delta p}{S}}, \qquad (7)$$

где $S = \frac{1}{2 \cdot g \cdot \rho \cdot k \cdot F^2}$ – характеристика гидравлического сопротивления на границе зон; F – площадь поперечного сечения шахты; *k* – коэффициент (допускается принимать равным 0,05 $с^2/м$); g = 9,81 $м/с^2$ – ускорение свободного падения; Δp – перепад давлений между узлами.

Здание представляют в виде гидравлической схемы, узлы которой моделируют помещения, а связи – пути движения продуктов горения и воздуха. Каждое помещение здания описывается системой уравнений, состоящей из уравнения баланса массы, уравнения сохранения энергии и уравнения основного газового закона (Менделеева – Клайперона).

Уравнение баланса массы выражается формулой:

$$d(\rho_j \cdot V_j) / dt = \psi + \sum_k G_k - \sum_i G_i, \qquad (8)$$

где V_j - объем помещения, $м^3$; t – время, с; $\sum_k G_k$ – сумма расходов, входящих в помещение, кг/с; $\sum_i G_i$ – сумма расходов, выходящих из помещения, кг/с; Ψ – скорость выгорания пожарной нагрузки, кг/с.

Уравнение сохранения энергии выражается формулой:

$$d\left(C_v \cdot \rho_j \cdot V_j \cdot T_j\right) / dt = C_p \cdot \sum_k \left(T_k \cdot G_k\right) - C_p \cdot T_j \cdot \sum_i G_i + Q_r - Q_w, \qquad (9)$$

где C_v, C_p – удельная изохорная и изобарная теплоемкости, кДж/(кг·К); T_i, T_j – температуры газов в i-м и j-м помещениях, К; Q_r – количество тепла, выделяемого в помещении при горении, кВт; Q_w – тепловой поток, поглощаемый конструкциями и излучаемый через проемы, кВт.

Для помещения очага пожара величина Q_r определяется по формуле:

$$Q_r = (\eta \cdot Q_н + I)\Psi, \qquad (10)$$

где η – коэффициент полноты горения; $Q_н$ – низшая теплота сгорания, кДж/кг; $I = c_p \cdot T$ – энтальпия газифицированной горючей нагрузки, кДж/кг; c_p – удельная

теплоемкость продуктов пиролиза, кДж/(кг·К); T – температура продуктов пиролиза, К.

Для остальных помещений $Q_r = 0$.

Коэффициент полноты горения η определяется по формуле:

$$\eta = \eta_0 \cdot K + (1 - K)\frac{\sum_k X_{ox,k} \cdot G_k}{\Psi \cdot L_{ox}}, \quad (11)$$

где η_0 – коэффициент полноты горения в режиме пожара, регулируемом горючей нагрузкой, определяемый формулой:

$$\eta_0 = 0{,}63 + 0{,}2 \cdot X_{ox,0} + 1500 \cdot X_{ox,0}^6. \quad (12)$$

Коэффициент К рассчитывается по формуле:

$$K = \left(\frac{X_{ox,m}}{X_{ox,0}}\right)^B \exp\left(B \cdot \left(1 - \frac{X_{ox,m}}{X_{ox,0}}\right)\right), \quad (13)$$

где $B = \left(\frac{X_{ox,0}}{X_{ox,0} - 0{,}01}\right)^2$; $X_{ox,0}$ – начальная концентрация кислорода в помещении очага пожара, кг/кг; $X_{ox,m}$ – текущая концентрация кислорода в помещении очага пожара, кг/кг; L_{ox} – количество кислорода, поглощаемого при сгорании 1 кг горючей нагрузки, кг/кг.

Уравнение Менделеева – Клайперона выражается формулой:

$$P_j = \rho_j \cdot T_j \cdot \frac{R}{M}, \quad (14)$$

где P_j – давление газа в j-м помещении, Па; T_j – температура газа в j-м помещении, К; R = 8,31 – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); M – молярная масса газа, моль.

Параметры газа в помещении определяются из уравнения баланса масс отдельных компонентов продуктов горения и кислорода и уравнения баланса оптической плотности дыма.

Уравнение баланса масс отдельных компонентов продуктов горения и кислорода:

$$d\left(X_{L,j} \cdot \rho_j \cdot V_j\right)/dt = \psi \cdot L_L + \sum_k \left(X_{L,k} \cdot G_k\right) - X_{L,j} \cdot \sum_i G_i, \quad (15)$$

где $X_{L,i}$, $X_{L,j}$ – концентрация L-го компонента продуктов горения в i-м и j-м помещениях, кг/кг; L_L – количество L-го компонента продуктов горения (кислорода), выделяющегося (поглощающегося) при сгорании одного килограмма пожарной нагрузки, кг/кг.

Уравнение баланса оптической плотности дыма:

$$V_j \cdot d\mu_j/dt = \psi \cdot D_m + \sum_k (\mu_k \cdot G_k)/\rho_k - \mu_j \cdot \sum_i G_i/\rho_j, \quad (16)$$

где μ_j – оптическая плотность дыма в i-м и j-м помещениях, Нп·м$^{-1}$; D_m – дымообразующая способность пожарной нагрузки, Нп·м^2/кг.

Оптическая плотность дыма при обычных условиях связана с расстоянием предельной видимости в дыму формулой:

$$l_{пр} = 2{,}38/\mu. \quad (17)$$

Для помещений без источника тепла система уравнений (18), (19) и (20) упрощается и представляется в виде:

$$\begin{cases} G_{ij}(\tau) = \text{sign}\,(\Delta P_{ij}(\tau)) \cdot \mu \cdot F \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_k \cdot |\Delta P_{ij}(\tau)|} \\ \sum_{i=1}^{n} \dfrac{G_{ij}(\tau)}{\rho_k} = 0 \end{cases}, \quad (18)$$

где $\rho_k = \frac{1}{2} \cdot \left[\rho_i + \text{sign}\,(\Delta P_{ij}) \cdot \rho_i + \rho_j - \text{sign}\,(\Delta P_{ij}) \cdot \rho_j\right]$.

Первое уравнение связывает перепады давлений на соединяющих помещение проемах с расходом газа через эти проемы. Второе выражает постоянство объема для данного помещения. Таким образом, для всего здания требуется решать систему, состоящую из $(m_{гс} + m_{вс}) \cdot n_{эт}$ нелинейных уравнений вида (15) и $n_у \cdot n_{эт}$ линейных уравнений вида (16). Здесь $m_{гс}$ и $m_{вс}$ – соответственно число горизонтальных и вертикальных связей на этаже; $n_у$ – число узлов; $n_{эт}$ – число этажей.

Система уравнений, включающая в себя уравнения (8), (9) для помещения очага пожара и (15), (16) для остальных помещений и уравнение (14), описывающая гидравлическую схему здания, решается численно методом итерации в совокупности с методом секущих.

Основные уравнения для определения температуры газа и концентрации продуктов горения в помещениях здания получены из уравнений сохранения энергии и массы.

Температура газа в помещении, где отсутствует очаг пожара определяется из уравнения теплового баланса, которое можно получить из уравнения сохранения энергии (9). Формула для определения температуры газа в j-м помещении здания в n-й момент времени:

$$T_{nj} = \frac{\sum_{k=1}^{n}(C_{PB}\cdot G_k\cdot T_k)+Q_j}{C_{vz}\cdot\left(\sum_{k=1}^{n}G_k-\sum_{i=1}^{m}G_i\right)+C_{pz}\cdot\sum_{i=1}^{m}G_i+\alpha^*_{jn}\cdot F_{jn}+\alpha^*_{j\,cr}\cdot F_{j\,cr}}+$$

$$+\left[T_{(n-1)j}-\frac{\sum_{k=1}^{n}(C_{PB}\cdot G_k\cdot T_k)+Q_j}{C_{vz}\cdot\left(\sum_{k=1}^{n}G_k-\sum_{i=1}^{m}G_i\right)+C_{pz}\cdot\sum_{i=1}^{m}G_i+\alpha^*_{jn}\cdot F_{jn}+\alpha^*_{j\,cr}\cdot F_{j\,cr}}\right]\cdot \tag{19}$$

$$\cdot\exp\left[-\frac{C_{vz}\cdot\left(\sum_{k=1}^{n}G_k-\sum_{i=1}^{m}G_i\right)+C_{pz}\cdot\sum_{i=1}^{m}G_i+\alpha^*_{jn}\cdot F_{jn}+\alpha^*_{j\,cr}\cdot F_{j\,cr}}{C_{vz}\cdot\rho_j\cdot V_j}\cdot\Delta\tau\right],$$

где Q_j (19) сумма источников (стоков) тепла в объеме j-го помещения и тепла, уходящего в ограждающие конструкции; $\alpha^* = \alpha\cdot\left[\frac{T(\tau)-T_w(\tau)}{T(\tau)-T_0}\right]$ – приведенный коэффициент теплоотдачи; T_0 – начальная температура в помещении; F_{jcr} – площадь поверхности ограждающих конструкций в j-м помещении.

Коэффициент теплоотдачи α может быть рассчитан по эмпирической формуле:

$$\alpha = \begin{cases} 4{,}07\cdot\sqrt[3]{T_m - T_w} & \text{при} T_m \le 60^\circ C \\ 11{,}63\cdot\exp\left[0{,}0023\cdot(T_m - T_0)\right] & \text{при} T_m > 60^\circ C \end{cases}. \tag{20}$$

Концентрация отдельных компонентов газовых смесей в помещениях здания вычисляется из уравнения баланса массы данного компонента (15). Концентрация L-го компонента продуктов горения в j-м помещении в n-й момент времени определяется уравнением:

$$X_{Lj(n)} = \frac{\sum_{k=1}^{n}(X_{Lk} \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^{n} G_k} + \left(X_{Lj(n-1)} - \frac{\sum_{k=1}^{n}(X_{Lk} \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^{n} G_k} \right) \cdot \exp\left(- \frac{\sum_{k=1}^{n} G_k}{\rho_j \cdot V_j} \cdot \Delta\tau \right). \quad (21)$$

Оптическая концентрация дыма в помещениях определяется из балансового уравнения (22). Натуральный показатель ослабления среды в j-м помещении в n-й момент времени определяется уравнением:

$$\mu_{(n)j} = \frac{\sum_{k=1}^{n}(\mu_k \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^{n} G_k} + \left(\mu_{(n-1)j} - \frac{\sum_{k=1}^{n}(\mu_k \cdot G_k)}{\sum_{k=1}^{n} G_k} \right) \cdot \exp\left(- \frac{\sum_{k=1}^{n} G_k}{\rho_j \cdot V_j} \cdot \Delta\tau \right). \quad (22)$$

Аналитические соотношения для определения критической продолжительности пожара

Для одиночного помещения высотой не более 6 м, удовлетворяющего условиям применения интегральной модели, при отсутствии систем противопожарной защиты, влияющих на развитие пожара, допускается определять критические времена по каждому из опасных факторов пожара с помощью аналитических соотношений:

- по повышенной температуре

$$t_{кр}^{T} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln\left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n}, \quad (23)$$

- по потере видимости

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln\left[1 - \frac{V \cdot \ln(1{,}05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (24)$$

- по пониженному содержанию кислорода

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln\left[1 - \frac{0{,}044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0{,}27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (25)$$

- по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

$$t_{кр}^{т.г} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (26)$$

где $B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1-\varphi) \cdot \eta \cdot Q_н}$ – размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг; t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °С; n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени; А – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг/с^n; Z – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения; $Q_н$ – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг; C_p – удельная изобарная теплоемкость дымовых газов, МДж/(кг·К) (допускается принимать равной теплоемкости воздуха при 45 °С); φ – коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,55); η – коэффициент полноты горения (определяется по формуле 11); V - свободный объем помещения, м^3; a – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации; Е – начальная освещенность, лк; $l_{пр}$ – предельная дальность видимости в дыму, м; D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нп·м^2/кг; L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг; Х – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг м$^{-3}$ (X_{CO2} = 0,11 кг/м^3; $X_{CO} = 1{,}16 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3; $X_{HCL} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м); L_{O2} $^{-3}$ удельный расход кислорода, кг/кг.

Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный ОФП не представляет опасности.

Параметр z вычисляют по формуле:

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1{,}4 \cdot \frac{h}{H}\right) \text{ при } H \le 6 \text{ м}, \quad (27)$$

где h – высота рабочей зоны, м; Н – высота помещения, м.

Определяется высота рабочей зоны:

$$h = h_{ш} + 1{,}7 - 0{,}5\delta, \quad (28)$$

где $h_{пл}$ – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м; δ – разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Следует иметь в виду, что большей опасности при пожаре подвергаются люди, находящиеся на более высокой отметке. Поэтому, например, при определении необходимого времени эвакуации людей из партера зрительного зала с наклонным полом значение h следует находить, ориентируясь на наиболее высоко расположенные ряды кресел. Параметры A и n вычисляют так:

- для случая горения жидкости с установившейся скоростью:

$$A = \psi_{уд} \cdot F \quad n = 1,$$

где $\psi_{уд}$ – удельная массовая скорость выгорания жидкости, кг/(м^2·с);

- для случая горения жидкости с неустановившейся скоростью:

$$A = \frac{0,67 \cdot \psi_{уд} \cdot F}{\sqrt{t_{cm}}} \quad n = 1,5;$$

- для кругового распространения пожара:

$$A = 1,05 \cdot \psi_{уд} \cdot V^2 \quad n = 3,$$

где V – линейная скорость распространения пламени, м/с;

- для вертикальной или горизонтальной поверхности горения в виде прямоугольника, одна из сторон которого увеличивается в двух направлениях за счет распространения пламени (например, распространение огня в горизонтальном направлении по занавесу после охвата его пламенем по всей высоте):

$$A = \psi_{уд} \cdot V \cdot b \quad n = 2,$$

где b – перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м.

При отсутствии специальных требований значения a и E принимаются равными 0,3 и 50 лк соответственно, а значение $l_{пр}$ = 20 м.

Математическая двухзонная модель пожара в здании

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

задымленной зоны:

T – температура среды в задымленной зоне, K;

μ – оптическая плотность дыма, Нп/м;

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

$x_к$, – массовая концентрация кислорода, кг/кг;

Z – высота нижней границы слоя дыма, м.

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

$$Q_з = \int_0^T m \cdot c_p(T) \cdot dT, \tag{29}$$

$$x_i = \frac{m_i}{m}, \; x_к = \frac{m_к}{m}, \tag{30}$$

$$\mu = \frac{S}{V_Д}, \tag{31}$$

$$\rho = \frac{m}{V_Д}, \; Z = H - \frac{V_Д}{A}, \tag{32}$$

где m, m_i – общая масса дыма и соответственно i-го токсичного продукта горения в задымленной зоне, кг; $m_к$ – масса кислорода в задымленной зоне, кг; $Q_З$ – энтальпия продуктов горения в задымленной зоне, кДж; S – оптическое количество дыма, Нп·м^2; ρ – плотность дыма при температуре T, кг/м^3; $V_Д$ – объем задымленной зоны, м^3; H, A – высота и площадь помещения, м; c_p – удельная теплоемкость дыма, кДж/(K·кг).

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

- общая масса компонентов задымленной зоны с учетом дыма, вносимого в зону конвективной колонкой, и дыма, удаляемого через проемы в соседние помещения:

$$\frac{dm}{dt} = G_К - G_П, \tag{33}$$

где t – текущее время, с; $G_К$, $G_П$ – массовый расход дыма соответственно через

конвективную колонку и открытые проемы в помещении, кг/с;

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

$$\frac{dQ}{dt} = Q_К - Q_П - Q_{кон}, \quad (34)$$

где $Q_К$, $Q_П$, $Q_{кон}$ – тепловая мощность, соответственно, вносимая в задымленную зону конвективной колонкой, удаляемая с дымом через открытые проемы и теряемая в конструкции, кВт;

- масса кислорода с учетом потерь на окисление продуктов пиролиза горючих веществ:

$$\frac{dm_{ox}}{dt} = 0{,}23 \cdot (G_К - \eta \cdot \psi \cdot L_{ox}) - x_{ox} \cdot G_П, \quad (35)$$

где η – полнота сгорания горючего материала, кг/кг; Ψ – скорость выгорания горючего материала, кг/с; L_{ox} – потребление кислорода при сгорании единицы массы горючего материала, кг/кг; оптического количества дыма с учетом дымообразующей способности горящего материала:

$$\frac{dS}{dt} = \psi \cdot D_m - G_П \cdot \frac{\mu}{\rho}, \quad (36)$$

где D_m – дымообразующая способность горючего материала, Нп /(м^2·кг);

- масса i-го токсичного продукта горения:

$$\frac{dm_i}{dt} = \Psi \cdot L_i - x_i \cdot G_П, \quad (37)$$

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

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

$$G_K = \begin{cases} 0{,}011 \cdot Q \cdot \left(\dfrac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{0{,}566} & \text{для области факела} \\ 0{,}026 \cdot Q \cdot \left(\dfrac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{0{,}909} & \text{для переходной области} \\ 0{,}124 \cdot Q \cdot \left(\dfrac{Z}{Q^{2/5}}\right)^{1{,}895} & \text{для области колонки} \end{cases}, \quad (38)$$

где Q – мощность очага пожара, кВт.

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

$$Q = \eta \cdot \psi_{y\partial} \cdot Q_н \cdot F(t). \quad (39)$$

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

$$\frac{\partial T_i(y)}{\partial \tau} = \frac{1}{C(T)\cdot\rho} \cdot \frac{\partial \lambda(T)\cdot \partial T_i(y)}{\partial^2 \cdot y} \quad (40)$$

с граничными и начальными условиями:

$$(\alpha_K + \alpha_Л)\cdot(T_c - T_w) = -\lambda_w \cdot \left.\frac{\partial T_i(y)}{\partial y}\right|_{y=0}, \quad (41)$$

$$(\alpha_K + \alpha_Л)\cdot(T_0 - T_i(\delta)) = -\lambda(T)\cdot \left.\frac{\partial T_i(y)}{\partial y}\right|_{y=0}, \quad (42)$$

$$T_i(0,y) = T_0,\ 0 \le y \le \delta, \quad (43)$$

где α_K, $\alpha_Л$ – соответственно конвективный и лучистый коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·К); δ – толщина ограждающей конструкции, м; C(T) – теплоемкость материала конструкции при температуре T(y), Дж /(кг^2·°К); $\lambda(T)$ – теплопроводность материала конструкции при температуре T(y), Вт/(м·К); T_w, T_0 – температура соответственно обогреваемой части конструкции и среды у необогреваемой поверхности, К; ρ – плотность материала конструкции, кг/м.

Тепловые и массовые потоки через проем в каждый момент времени

рассчитываются с учетом текущего перепада давления по высоте проема, состава и температуры газовой среды по обе стороны проема (схема расчета на рис. П6.1). Так, массовый расход дыма из помещения очага пожара в соседнее помещение рассчитывается следующим образом:

$$G_{П} = B \cdot \xi \cdot \int_{Y_{min}}^{Y_{max}} \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P(h) - P_2(h))} \cdot dh, \qquad (44)$$

где B – ширина проема, м; ξ – аэродинамический коэффициент проема; $P(h) - P_2(h)$ – разница давлений в помещениях на высоте h; ρ – плотность дыма в задымленной зоне соседнего помещения при температуре дыма T.

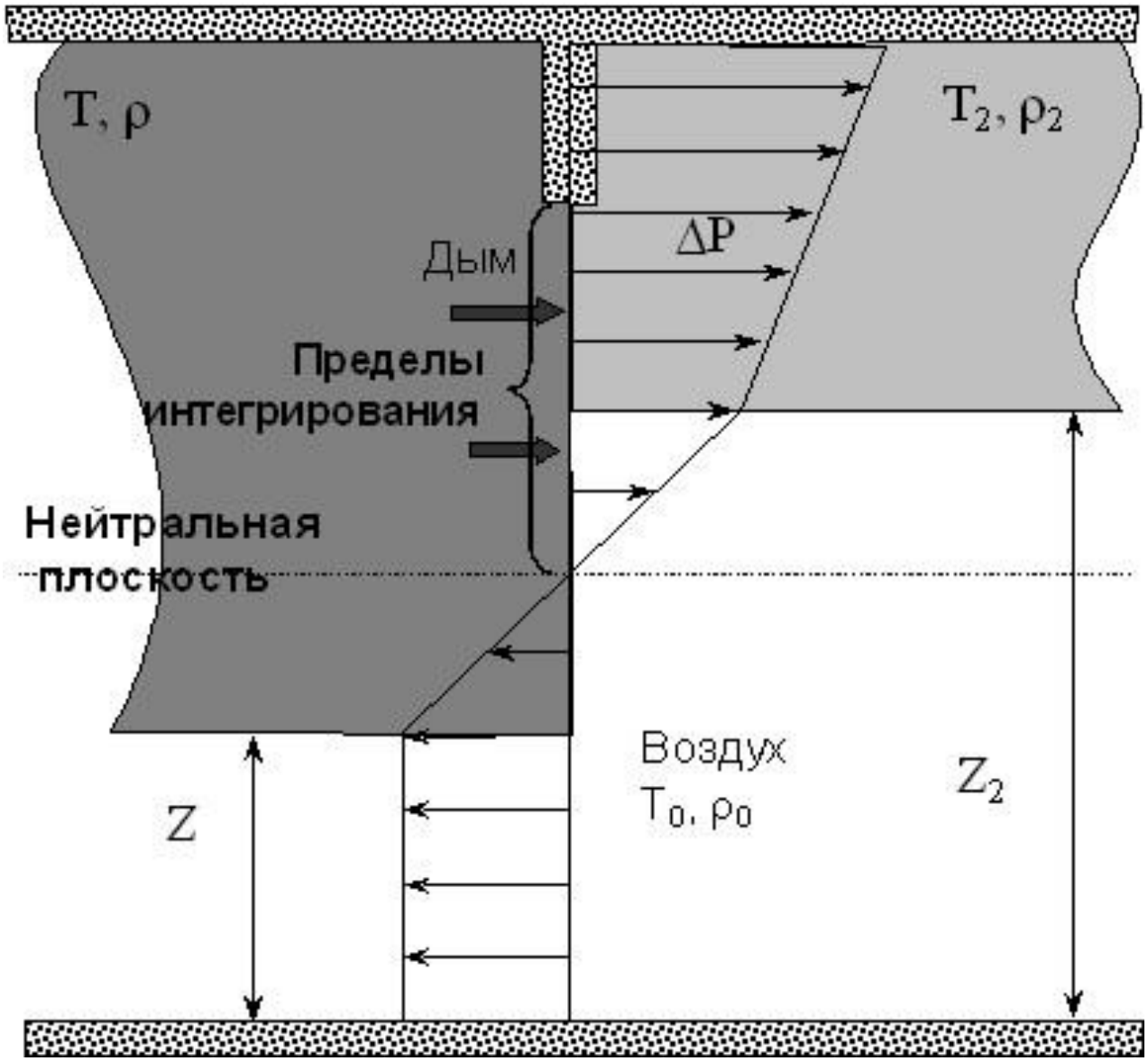


Рисунок А.4 – Массопотоки через проем

Пределы интегрирования Y_{max} и Y_{min} выбираются в пределах створа проема, слоя дыма помещения очага пожара и там, где избыточное давление $\triangle P = (P(h) – P(h)_2) > 0$, как это указано на рис. А.4.

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

$$P_i(h) = \begin{cases} P_{i0} - \rho_0 \cdot g \cdot h & \text{если } h \le Z_i \\ P_{i0} - \rho_0 \cdot g \cdot Z_i - \rho_i \cdot g \cdot h & \text{если } h > Z_i \end{cases}, \quad (45)$$

где P_{i0} – текущее давление в i-ом помещении на нулевой отметке (или приведенное к нулевой отметке, если уровень пола помещения выше нулевой отметки); ρ_o – плотность воздуха при начальной температуре T_0; Z_i – текущая высота незадымленной зоны в i-ом помещении.

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

Полевой метод моделирования пожара в здании

Основой для полевых моделей пожаров являются уравнения, выражающие законы сохранения массы, импульса, энергии и масс компонентов в рассматриваемом малом контрольном объеме.

Уравнение сохранения массы:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \cdot u_j) = 0. \quad (46)$$

Уравнение сохранения импульса:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \cdot u_j \cdot u_i) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \rho \cdot g_i. \quad (47)$$

Для ньютоновских жидкостей, подчиняющихся закону Стокса, тензор вязких напряжений определяется формулой:

$$\tau_{ij} = \mu \cdot \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \cdot \delta_{ij}. \quad (48)$$

Уравнение энергии:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot h) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \cdot u_j \cdot h) = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\frac{\lambda}{c_p} \cdot \frac{\partial h}{\partial x_j}\right) - \frac{\partial q_j^R}{\partial x_j}, \quad (49)$$

где $h = h_0 + \int_{T0}^{T} c_p \cdot dT + \sum_K (Y_k \cdot H_k)$ – статическая энтальпия смеси; H_k – теплота образования k-го компонента; $c_p = \sum_K Y_k \cdot c_{p,k}$ – теплоемкость смеси при постоянном давлении; q_j^R – радиационный поток энергии в направлении x_j.

Уравнение сохранения химического компонента k:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \cdot Y_k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \cdot u_j \cdot Y_k) = \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\rho \cdot D \cdot \frac{\partial Y_k}{\partial x_j}\right) + S_k. \quad (50)$$

Для замыкания системы уравнений (46) – (50) используется уравнение состояния идеального газа. Для смеси газов оно имеет вид:

$$p = \rho \cdot R_0 \cdot T \cdot \sum_K \frac{Y_k}{M_k}, \quad (51)$$

где R_0 – универсальная газовая постоянная; M_k –молярная масса k-го компонента.

Приложение Б

Расчет времени спасения маломобильных групп населения

Расчет времени спасения немобильных групп населения, а также маломобильных групп, неспособных к самостоятельной эвакуации по имеющимся эвакуационным путям (лестничным клеткам и т. д.) производится в соответствии с п. 7 Приложения 5 Методики [2].

7. Для людей различного возраста, не способных к самостоятельной эвакуации (далее – немобильные люди), необходимо определять расчетное время спасения из лечебно-профилактических и социальных учреждений при помощи носилок.

При расчете эвакуации необходимо учитывать транспортировку немобильных людей из лечебно-профилактических и социальных учреждений силами персонала при помощи носилок.

Расчетное время транспортировки немобильных людей с определенного этажа здания определяется по формуле:

$$t_{\text{рсп}} = (t_1 + t_2 + \frac{L_1}{\text{V}_1^{\text{c}}} + \frac{L_2}{\text{V}_2^{\text{c}}} + \frac{L_1}{\text{V}_1} + \frac{L_2}{\text{V}_2}) \cdot \frac{\text{N}_{\text{нм}}}{0,5 \cdot \text{N}_{\text{перс}}} - (\frac{L_1}{\text{V}_1} + \frac{L_2}{\text{V}_2}), \qquad (3)$$

где t_1 – время укладывания человека на носилки, мин.; t_2 – время перекладывания человека с носилок на подготовленную поверхность, мин.; $N_{\text{нм}}$ – количество немобильных людей; $N_{\text{перс}}$ – количество персонала; L_1 – длина пути спасения по горизонтали, м; L_2– длина пути спасения по лестнице, м; V_1 – скорость передвижения медперсонала по горизонтали с носилками без спасаемого человека, м/мин; V_1^{c}– скорость передвижения медперсонала по горизонтали со спасаемым человеком, лежащим на носилках, м/мин.; V_2 – скорость передвижения медперсонала по лестнице вверх с носилками без спасаемого человека, м/мин.; V_2^{c} – скорость передвижения медперсонала по лестнице вниз со спасаемым человеком, лежащим на носилках, м/мин.

При отсутствии необходимых исходных данных для определения скорости переноски персоналом носилок с человеком, следует воспользоваться данными приведенными в табл. Б.1.

Таблица Б.1 – Скорость движения персонала при переноске носилок с немобильным человеком, м/мин.

Вид пути	С человеком	Без человека
Горизонтальный путь	70	100
Лестница вниз	30	80
Лестница вверх	20	60

При осуществлении переноски немобильных людей по лестнице с различных этажей здания, количество рейсов, осуществляемых одной парой человек из числа персонала, следует определять по табл. Б.2.

Таблица Б.2 – Количество рейсов по переноске немобильных людей на носилках с различных этажей здания, осуществляемое одной парой человек из числа персонала

Этаж	Максимальное количество рейсов для переноски немобильных людей на носилках
15	1
14	1
13	1
12	2
11	2
10	2
9	2
8	2
7	3
6	3
5	5
4	5
3	8
2	11
1	20

Время укладывания человека на носилки или перекладывания с носилок на подготовленную поверхность, осуществляемое одной парой спасателей из числа персонала, составляет 0,15 мин.

Приложение В

Рекомендации по определению расчетной численности людей с ограниченными возможностями

Таблица В.1 – Расчетная численность маломобильных групп населения в общественных зданиях

Группа мобильности в соответствии с Приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. №382	Вид дисфункции организма	% от общего количества человек в здании
М3	Люди молодого и среднего возраста, передвигающиеся с двумя дополнительными опорами	0,16
М4	Люди молодого и среднего возраста, самостоятельно передвигающиеся на креслах-колясках с ручным приводом	0,08
М2	Слепые и слабовидящие, передвигающиеся по неизвестному пути	0,12
ёМ1	Глухие и слабослышащие	0,05
М2	Пожилые люди, передвигающиеся без дополнительной опоры и с одной дополнительной опорой в соотношении 50/50%	9,34
Всего МГН в здании от расчетной численности		9,75

Библиография

[1] Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»

[2] Приказ МЧС России от 30.06.2009 N 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (Зарегистрировано в Минюсте России 06.08.2009 № 14486)