

ПК: 38
Г 93

Архив
В.М.ГУБИН
В.Ф.КУДАЛЕНКИН
М.Я.РОЙТМАН

Защита проемов

в противопожарных
преградах



171 93
В. М. ГУБИН,
В. Ф. КУДАЛЕНКИН,
М. Я. РОЙТМАН

Защита проемов в противопожарных преградах



Издательство литературы
по строительству
Москва — 1966

В брошюре излагаются причины распространения пожара через отверстия в противопожарных преградах и обобщаются современные проектные решения по защите проемов для пропуска кабелей, трубопроводов, конвейеров, а также дверных, оконных и других проемов.

Брошюра рассчитана на работников пожарной охраны.

Введение

В связи с внедрением в строительство сборного железобетона, а также в связи с разработкой новых конструктивно-планировочных решений зданий различного назначения появились новые типы противопожарных преград. Это обстоятельство требует нового подхода к решению вопроса о защите различного рода отверстий в противопожарных преградах.

Новые конструкции каркасных противопожарных стен связаны с наличием многочисленных стыков, швов, сочленений. Например, горизонтальные и вертикальные швы появляются между навесными панелями, а также между панелями и местами их сочленения с другими конструкциями здания. Проблема заделки швов и мест сочленений переросла в сложную инженерную проблему.

Существенное значение имеет также вопрос защиты отверстий для пропуска различного рода коммуникаций (трубопроводы отопления, водоснабжения, канализации, электрические кабели и др.). В этом случае отверстия могут иметь диаметр от нескольких сантиметров до нескольких метров.

Проектирование и строительство новых предприятий химической промышленности выдвинули новую задачу обеспечения не только дымонепроницаемости, но и газонепроницаемости ограждающих конструкций в нормальных условиях эксплуатации объектов.

Нельзя сказать, что на все поставленные вопросы имеются вполне удовлетворительные ответы. В этом направлении предстоит еще большая работа. Это объясняется тем, что проблема защиты отверстий в противопожарных преградах еще не подвергалась обстоятельной инженерной проработке. Однако имею-

щиеся решения, разработанные различными проектными институтами, могут представить известный интерес для читателя. В связи с этим в брошюре делается первая попытка обобщить сведения по защите проемов, полученные из различных проектных материалов и литературных источников.

Авторы обращаются с просьбой к читателям дать свои критические замечания по содержанию брошюры, а также по возможности прислать конкретные предложения по вариантам защиты проемов. Все замечания и предложения будут приняты с признательностью.

Глава I

Защита мелких отверстий в противопожарных преградах

1. Причины распространения пожаров

Защита проемов в противопожарных преградах имеет большое значение с точки зрения ограничения распространения пожара. При отсутствии защиты этих проемов пожар принимает большие размеры несмотря на наличие противопожарных преград и достаточную степень огнестойкости здания в целом. Следует заметить, что огонь переходит из одного помещения в другое через отверстия в стенах, имеющие относительно небольшие размеры.

Приведем такой пример. В одном из складов, выполненном из негорюемых конструкций и разделенном на секции противопожарными стенами, возник пожар. При пожаре конструкции покрытия падали на паровую трубу, проходящую через противопожарную стену. В результате этого в стене, в месте прохода трубы образовалась щель, которая явилась причиной распространения огня в соседнюю секцию.

Через оконные и дверные проемы, а также порталы проемы в противопожарных стенах, разделяющих сценический и зрительный комплексы театра, в случае отсутствия в них защиты, огонь беспрепятственно распространяется из одного помещения в другое.

Так в одном из производственных корпусов общей площадью 37 000 м² в противопожарной стене, разделяющей корпус, был незащищенный дверной проем.

При возникновении пожара противопожарная стена не оказала огнепреграждающего влияния и огонь через дверной проем распространился за пределы противопожарной стены.

Защитные устройства проемов должны обладать определенной огнестойкостью и сопротивлением к воз-

горанию. Заполнение проемов (двери, ворота, крышки люков, окна и др.) в противопожарных преградах должно быть несгораемым или трудносгораемым с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч (такие двери, ворота и т. п. обычно называют противопожарными). Нарушение этого требования может привести к распространению пожара.

При пожаре в здании гостиничного типа огонь за пределы противопожарной стены распространился через дверной проем, который был защищен металлической дверью (стальное полотно толщиной 2 мм). Под воздействием высокой температуры (700—800°C) через 20 мин металлическая дверь в верхней части деформировалась и утратила огнепреграждающую способность. Характерным в этом случае является то, что металлическая дверь не смогла надлежащим образом защитить дверной проем в противопожарной стене.

В противоположность сказанному можно привести примеры, подтверждающие эффективность защиты проемов противопожарными дверями.

В одном из клубов, представляющем собой одноэтажное деревянное здание с подвесным деревянным перекрытием, все строительные конструкции перерезались глухой толщиной в два кирпича противопожарной стеной, отделяющей зрительную и сценическую части клуба от помещений, предназначенных для кружковой работы, и библиотеки с читальным залом. В противопожарной стене был устроен дверной проем, который защищался противопожарной дверью, выполненной из двух слоев досок, обшитых вагонкой кровельной сталью по асбестовому картону. Пожар возник на сцене вблизи противопожарной двери.

Вследствие отсутствия противопожарного занавеса огонь перешел из сценической части в зрительную часть клуба и принял большие размеры, в результате чего обрушилось все подвесное перекрытие. Однако несмотря на большие размеры пожара распространения огня за пределы противопожарной стены не наблюдалось. Противопожарная дверь была закрыта и защищала дверной проем в противопожарной стене в течение часа. Таким образом, при длительном воздействии высокой температуры (1100°C) противопожарное дверное полотно не утратило огнепрегражда-

дающего свойства и предотвратило распространение огня через дверной проем. Деревянные детали этой двери лишь частично переуглились и в некоторых местах разошлись по швам.

В одном из незаконченных строительством жилым семизэтажным доме пожар возник на четвертом этаже и через проемы в перекрытии распространился на чердак, который был разделен капитальными стенами толщиной в полтора кирпича. В стенах были дверные проемы, защищенные противопожарными дверями той же конструкции, что и в вышеописанном примере. Дверь выдерживала воздействие температуры, достигающей 1000°С, более часа.

В помещениях с сильно разветвленной сетью воздухопроводов и незащищенными вентиляционными отверстиями огонь при пожаре может распространиться по всему производственному зданию.

Примером может служить пожар в одном из отделений фабрики, где снимали эмульсионный слой с целлулоидной пленки.

Пожар начался в складе отходов целлулоида. При горении большого количества целлулоида в закрытом и сравнительно небольшом по объему помещении склада в короткий промежуток времени создалось весьма большое давление, вследствие чего произошел выброс горячих продуктов горения через дверной проем в сторону вспомогательного склада. Из вспомогательного склада через вентиляционное отверстие, расположенное в противоположной от двери стене, огонь распространился в сторону боксов.

Причинами распространения пожара могут послужить технологические и монтажные проемы в противопожарных преградах. Через такие проемы обычно проходят конвейеры, трубопроводы отопления, водоснабжения, канализации, газоснабжения, электрические кабели и другие виды коммуникаций.

На одной из трикотажных фабрик огонь из гладильно-закройного в строчевышивальный цех проник через отверстие в капитальной стене, где проходила труба водяного отопления.

Через противопожарную стену, разделяющую два смежных цеха машиностроительного завода, проходил газопровод на значительной высоте. При пожаре металлическая труба деформировалась, что привело к

образованию неплотностей в месте пересечения ее с противопожарной стеной. Вслед за этим произошла утечка газа в смежном помещении, в результате чего образовался новый очаг пожара. Несколько работников пожарной охраны, находившихся в этот момент в помещении, получили серьезные ожоги.

Известны случаи распространения пожара через неплотности в кладке противопожарных стен, которые образовались в результате отсутствия перевязки швов между поперечной противопожарной стеной и продольными стенами здания.

Очень часто пожар получал распространение через места опирания строительных конструктивных элементов (балки, прогоны и т. п.) на противопожарные стены.

При разработке мероприятий по защите мелких отверстий следует иметь в виду, что в отдельных случаях мелкие отверстия следует защищать не только с целью создания дымонепроницаемости ограждения, но и с целью обеспечения его газонепроницаемости.

Проблема дымо-и газонепроницаемости стен и других ограждений возникла в связи с тем, что существенно изменилась конструкция самих стен, а также в связи с проектированием бесфонарных и высотных зданий и необходимостью обеспечения в них незадымляемости эвакуационных путей.

Так, например, в бесфонарных зданиях большой площади устраиваются эвакуационные коридоры. Ограждения этих коридоров по существу выполняют функции противопожарных преград, которые должны обладать дымонепроницаемостью во избежание задымления коридоров.

В проектах зданий взрыво- и пожароопасных производств предусматриваются так называемые разделительные зоны, в пределах которых размещаются вентиляционные камеры, электрощитовые, административно-бытовые и другие подсобные помещения, а также лестничные клетки и лифты. Стены разделительной зоны, как правило, являются противопожарными, кроме этого, они должны обладать дымонепроницаемостью.

В промышленных зданиях противопожарные стены должны обладать дымонепроницаемостью во избе-

жание проникновения продуктов горения в смежный цех.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей стены лестничных клеток также должны быть дымопроницаемыми.

В тех случаях, когда противопожарные стены или разделительные зоны отделяют взрывоопасные помещения от процессов или агрегатов, связанных с тепловыми источниками или искрообразованием, они должны обладать и газонепроницаемостью. Это необходимо для того, чтобы исключить возможность образования в смежных помещениях взрывоопасных смесей.

Таким образом, при проектировании и обследовании зданий следует обязательно учитывать необходимость защиты проемов в противопожарных преградах. При этом меры защиты могут начинаться с таких простых мероприятий, как плотная заделка швов в противопожарных стенах, и заканчиваться сложными инженерными сооружениями в виде противопожарных занавесов.

2. Защита стыков и швов в противопожарных стенах

Противопожарные стены являются наиболее распространенной противопожарной преградой. Они разделяют здания на противопожарные отсеки и на производственные процессы, различные по пожарной опасности и применяемым средствам тушения.

Конструктивно противопожарные стены могут быть капитальные и каркасные.

В капитальных стенах, выполняемых из кирпича или блоков, неплотности могут появляться в результате отсутствия перевязки швов в углах, плохого заполнения раствором вертикальных швов. Этот дефект может быть устранен соблюдением правил производства строительных работ и наблюдением за качеством кладки. Во время специальных опытов, которые были проведены в июне 1964 г. в Иванове, по определению эффективности дымоудаляющих устройств было обнаружено, что кирпичные стены толщиной в 38 см являются дымопроницаемыми. При опытном пожаре в одном из помещений дым проникал через кирпичную

кладку в соседние помещения настолько интенсивно, что через некоторое время значительно ухудшилась видимость и пребывание людей в этих помещениях стало невозможным. Вполне понятно, что такие стены не могут быть признаны газонепроницаемыми. Поэтому в производствах, относимых по пожарной опасности к категориям А и Б, должно предусматриваться обязательное оштукатуривание кирпичных и блочных противопожарных стен мокрой штукатуркой.

Каркасные противопожарные стены состоят из сборных железобетонных элементов каркаса и заполнения. Каркас представляет собой систему железобе-

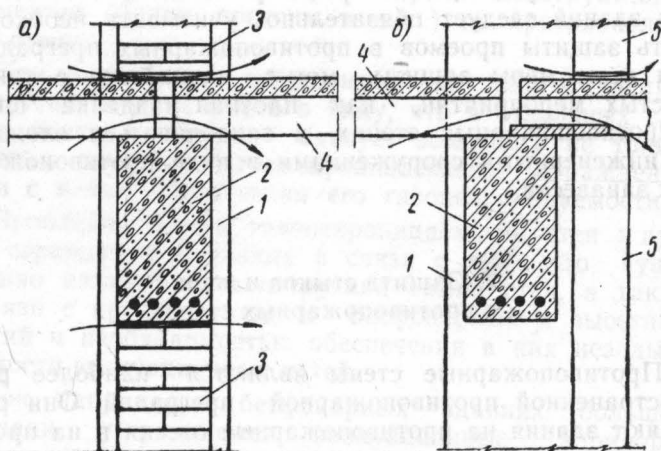


Рис. 1. Схема узла каркасной стены с указанием возможных мест проникновения продуктов горения при пожаре
 а — каркасная стена с заполнением (из мелких штучных камней);
 б — каркасная стена с навесными панелями; 1 — колонна; 2 — ригель; 3 — внутренняя стена; 4 — панель перекрытия; 5 — навесная панель

тонных колонн, сочленяемых ригелями. Этот каркас воспринимает нагрузки от перекрытий и покрытий и передает их основанию. Заполнение каркасных стен возможно из штучных камней и панелей.

На рис. 1 показана принципиальная схема узлов сочленения каркаса внутренних стен с заполнением и перекрытиями. По аналогичной схеме устраиваются и каркасные противопожарные стены. Стрелками по-

казано направление и места возможного проникновения продуктов горения. Кроме указанных горизонтальных швов имеются вертикальные и горизонтальные швы между навесными панелями.

Значительные пустоты между плитами перекрытий и ригелями заделываются раствором и должны быть отнесены к числу скрытых работ, которые должны активироваться. Вертикальные и горизонтальные швы герметизируются.

В строительстве под герметизацией понимают мероприятия, обеспечивающие непроницаемость стыков между сборными элементами зданий и сооружений при воздействии на них влаги, воздуха, газа, тепла, звука, агрессивных сред и т. п.

В данном случае герметизация должна обеспечить непроницаемость стыков при воздействии на них продуктов горения при пожаре и паро-газовоздушных смесей. Материалы, применяемые для заделки стыков и швов, называются герметиками.

Строительные герметики представляют собой в большинстве случаев материалы, изготовленные на основе полимеров.

Герметизирующие материалы разделены на 4 группы: 1) высыхающие мастики и пасты; 2) пласто-эластичные невысыхающие мастики; 3) отверждающиеся самовулканизирующиеся пасты; 4) эластичные профильные изделия¹.

Рассмотрим профильные изделия, которые рекомендуются для герметизации стыков противопожарных стен.

Эластичные профильные изделия делят на эластичные пористые профильные прокладки, плотные эластичные профильные прокладки, комбинированные прокладки и термопластичные ленты и жгуты.

Всесоюзным научно-исследовательским институтом новых строительных материалов (ВНИИНСМ) совместно с НИИ резиновых и латексных изделий и заводом «Каучук» разработана технология производства пористых прокладок на основе отечественного полихлорвинилового каучука (наирита) — гернита. Прокладки представляют собой газонаполненный по-

¹ Подробное описание герметиков см. В а т а ж и н В. И. и др. Герметизирующие материалы для строительных конструкций. Стройиздат, 1965.

лимерный материал и герметизируют стыки при обжатии на 30%. В Советском Союзе также организовано производство прокладок пороизол на основе вторичной обработки старой резины.

Пороизол представляет собой пористый эластичный материал, выпускаемый в виде жгутов, трубок и лент. Основным сырьем для производства пороизола служат изношенные покрышки. Прокладки пороизола ставятся герметизирующим материалом в сочетании с мастикой изол (изготавливается также на основе старой резины) при условии обжатия в стыке на 50%.

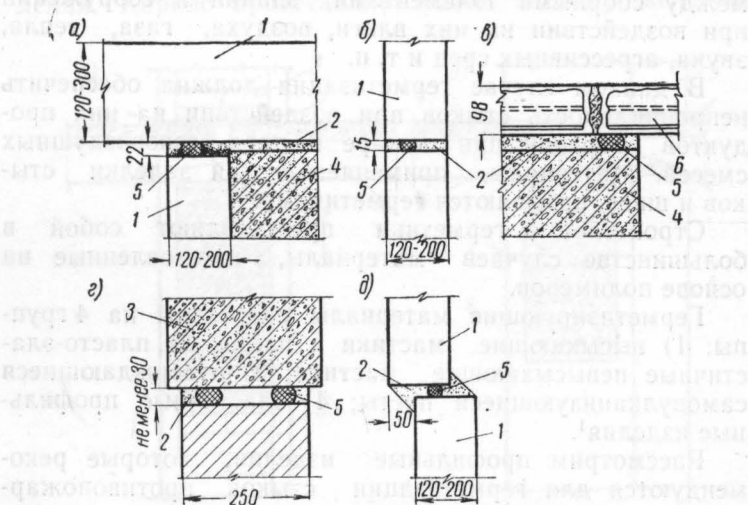


Рис. 2. Герметизация стыков панелей

а — вариант стыкования внутренней и наружной стен; б — стыкование стеновых панелей; в — стыкование колонны каркаса с панелью из стеклоблоков; г — стыкование ригеля с заполнением каркаса из штучных камней; д — стыкование смещенных панелей; 1 — стеновая панель; 2 — раствор; 3 — ригель; 4 — колонна; 5 — жгут; 6 — стеклоблоки

Герметизирующие прокладки выполняют из горючих веществ, имеющих сравнительно небольшую теплостойкость. Можно полагать, что при нагреве герметика до температуры 150—200°C будет происходить его размягчение, разложение и потеря герметизирующих свойств. Поэтому прокладка должна защищаться от действия высоких температур с двух сторон слоем цементного раствора марки «100» толщиной 50 мм.

Стыкование внутренних стеновых панелей с наружными, а также с ригелями и колоннами показано на рис. 2. В узлах примыкания внутренних стен к перекрытиям герметизация осуществляется замоноличиванием мест стыкования бетоном или прокладкой жгутов пороизола с защитой их с двух сторон цементным раствором.

Герметизация горизонтальных и вертикальных швов панелей, а также других сочленений с наружными стенами, перекрытиями и покрытиями должна быть включена в перечень скрытых работ. В процессе производства строительных работ, а также при приемке объектов в эксплуатацию нужно тщательно проверять качество защиты швов, стыков и т. п.

3. Защита отверстий при пропуске электрических кабелей

Электрические кабели при пропуске через противопожарные преграды могут быть проложены как непосредственно через отверстия в преградах, так и в гильзах (в первом и втором случае с соответствующей герметизацией).

Проходы из помещений класса В-1 с газами легче воздуха следует устраивать на расстоянии 20—30 см от пола, а при наличии газов тяжелее воздуха — под междуетажным перекрытием.

Способом, показанным на рис. 3, могут быть выполнены проходы для одного—трех кабелей при переходах из помещений класса В-Ia, В-Iб, В-IIa. Отверстия в стенах заделывают пластифицированным цементом и, как правило, оштукатуривают с двух сторон (с затиркой).

Электрические кабели удобно пропускать через гильзу в виде куска асбоцементной трубы с уплотнением свободного пространства джутом и белой глиной (рис. 4).

Заслуживает внимания решение герметизации отверстий путем устройства затворов из несгораемых сыпучих материалов и бетонных плит со стальными гильзами и без гильз.

Затворы из несгораемых сыпучих материалов устраивают как непосредственно в стене, так и сна-

ружи (рис. 5). Такой затвор может послужить препятствием распространению пожара из помещения в помещение по горящему кабелю.

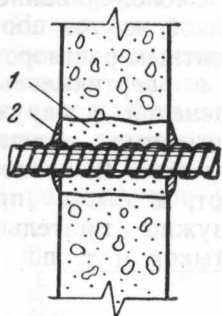


Рис. 3. Защита отверстия в стене вяжущим материалом с последующей затиркой при пропуске электрического кабеля

1 — белая глина с органическим или неорганическим волокнистым наполнителем; 2 — штукатурка с затиркой

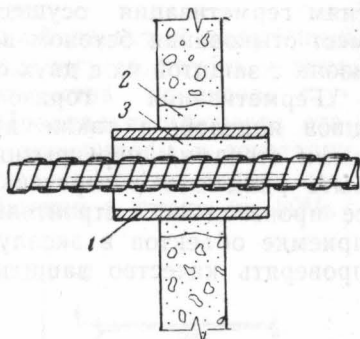


Рис. 4. Защита отверстия при пропуске электрического кабеля через стену с применением асбоцементных труб

1 — асбоцементная труба; 2 — заделка пластифицированным цементным раствором; 3 — заделка джутом и белой глиной

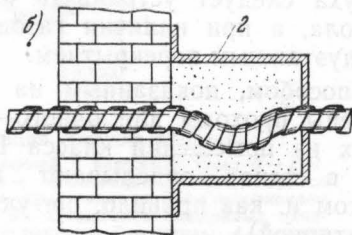
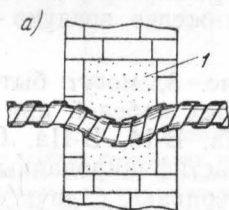


Рис. 5. Устройство затворов из сыпучих негорючих материалов при пропуске электрических кабелей через стены

а — внутри стены; б — на поверхности стены; 1 — сыпучий негорючий материал; 2 — стальной кожух

Бетонные однорядные проходные плиты со стальными гильзами и одинарными сальниками (рис. 6) применяют при проходе более двух-трех кабелей из помещений класса В-I в помещения подстанций, ши-

товых и другие помещения с искрящим или образующим дугу невзрывозащищенным оборудованием.

Бетонные однорядные проходные плиты без гильз (рис. 7) применяются для прохода более двух-трех кабелей из помещений:

а) класса В-I — в другие взрывоопасные помещения;

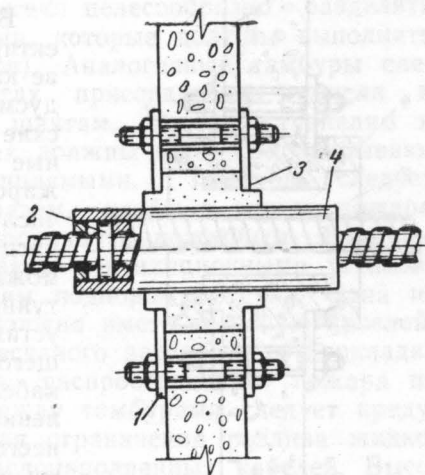


Рис. 6. Защита отверстия в стене при пропуске электрического кабеля с помощью бетонных плит со стальными гильзами

1 — стальные планки; 2 — сальник; 3 — заделка пластифицированным цементным раствором; 4 — стальная гильза

б) класса В-Ia, В-Iб, В-II, В-IIa — в другие такие же помещения, в невзрывоопасные помещения и наружу (с выходом под землю).

Приведенные выше варианты прокладки электрических кабелей через стены во взрывоопасных помещениях отвечают требованиям ПУЭ и могут быть применены для заделки отверстий при прокладке электрических кабелей в противопожарных стенах.

Значительную пожарную опасность представляют кабельные туннели, встречающиеся на электростанциях и крупных предприятиях. Эти туннели отличаются значительной протяженностью и предназначаются для прокладки электрических кабелей. Пожары в кабельных туннелях возникают чаще всего в результате неисправности электротехнических устройств и могут сопровождаться значительным ущербом. Опасность туннелей заключается в том, что они соединяют ряд производственных или энергетических узлов, вследствие чего пожар может распространиться на ряд объектов. Тушение пожара сопровождается значительны-

ми трудностями в связи с возможным задымлением туннеля на большой протяженности, а также с возможностью быстрого распространения горения по кабелям и по разлившемуся маслу (при прокладке маслонаполненных кабелей), что связано с повышением температур и невозможностью проникнуть в туннель.

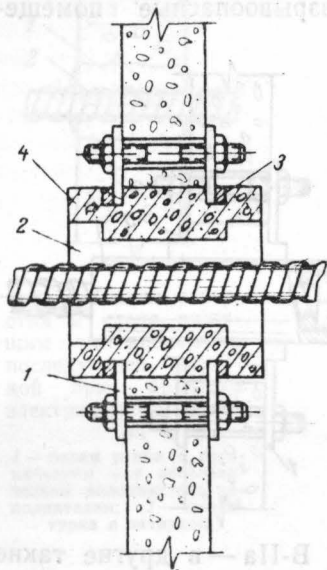


Рис. 7. Защита отверстия в стене при пропуске электрического кабеля с помощью бетонных плит без гильз

1 — стальные планки; 2 — заделка джутом и белой глиной; 3 — заделка пластифицированным цементным раствором; 4 — плита

В связи с этим при проектировании и строительстве кабельных туннелей предусматриваются технические решения, направленные на предупреждение пожаров и их ограничение. К числу мер, ограничивающих распространение пожара, можно отнести разделение туннеля на отсеки и секции, установление соответствующего порядка расположения кабелей в туннелях с разделением их горизонтальными негоряемыми перегородками, предусмотрение мер, ограничивающих разлив масла при пожаре, защиту различного рода отверстий и проемов в туннелях, предназначенных для сообщения между отсеками туннеля и между туннелем и зданиями, а также для пропуска кабелей. В соответствии с

ПУЭ 11—3 кабельные этажи и помещения, коллекторы и туннели отделяются от других помещений, соседних коллекторов, туннелей, шахт и каналов негоряемыми перегородками с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч.

Таковыми же перегородками протяженные коллекторы и туннели должны разделяться по длине на отсеки длиной не более 200 м с устройством в них дверей или люков.

Что касается защиты дверных проемов и отверстий для прокладки кабелей, то в ПУЭ имеются указания о том, что двери должны иметь предел огнестойкости

не менее 1,5 ч, а проход кабелей через перегородки и стены должен осуществляться в несгораемых трубах с надежным уплотнением проходных отверстий несгораемым материалом. Авторы полагают целесообразным внести следующие дополнительные предложения, связанные с ограничением возможного пожара в туннелях и обеспечением условий для их тушения.

Противопожарные отсеки целесообразно разделять двойными перегородками, которые должны выполнять роль тамбуров (шлюзов). Аналогичные тамбуры следует устраивать в местах присоединения туннеля к зданиям, помещениям, шахтам, другим туннелям и т. п. Двери в тамбурах должны быть самозакрывающимися и дымонепроницаемыми. Тамбуры следует устраивать таким образом, чтобы в случае пожара в них можно было проникнуть пожарным. Тамбуры должны быть оборудованы вентиляционными установками с соответствующим подпором воздуха. Одна из перегородок тамбура должна иметь песчаную прослойку для образования песчаного затвора при прокладке кабелей и ограничения распространения пожара по ним. В промежутке между тамбурами следует предусматривать бортики для ограничения разлива жидкости при прокладке маслonaполненных кабелей. Высоту бортиков в пределах секции определяют из условий размещения в секции разлившейся жидкости и она должна быть не менее 15 см. Расстояние между бортиками допускается в пределах 40—50 м.

Для удаления дыма при пожарах и обеспечения незадымляемости смежных отсеков и помещений необходимо предусматривать дымоудаляющие устройства. К числу таких устройств могут быть отнесены специальные вытяжные шахты или специальные вентиляционные вытяжные системы. Сечение вытяжных шахт может быть определено по расчету и должно быть не менее 0,5% возможной площади поверхности горения. Конструкция вытяжной шахты и дымового клапана должна обеспечивать надежное срабатывание при возникновении пожара¹.

¹ Подробно об устройстве и расчете дымовых вытяжных шахт см. Аммосов Ф. А. и др. Противопожарная защита бесфонарных зданий. Стройиздат, 1965.

4. Защита отверстий при прокладке трубопроводов

Противопожарные стены чаще всего служат для разделения помещений, в которых размещены производства с различной пожарной опасностью. В этом случае требуется герметическая заделка отверстий при прокладке различного вида трубопроводов.

Вариант защиты отверстия при пропуске трубопровода через стену с помощью сварного стального сальника представлен на рис. 8. Закладной фланец выполнен с упорами для его крепления в стене. Трубопровод проходит внутри закладного фланца. Герметизация

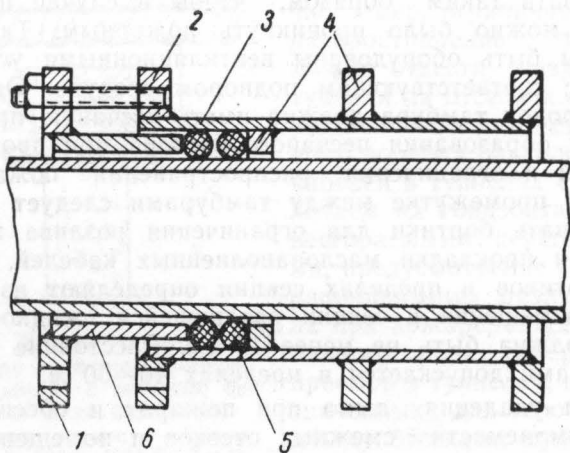


Рис. 8. Защита отверстия при пропуске трубопровода через стену с помощью стального сварного сальника

1 — зажимное кольцо; 2 — кольцо закладного фланца; 3 — закладной фланец; 4 — упоры закладного фланца; 5 — резиновый жгут; 6 — зажимной фланец

тизация отверстия создается за счет уплотнения набивки путем завинчивания болтов, соединяющих зажимное кольцо с закладным фланцем. В качестве уплотняющей набивки применяют резиновый жгут или асбестовый шнур.

При пропуске через противопожарную преграду большого количества труб защита отверстий осуществ-

вляется следующим образом (рис. 9). В проем заделывается бронеплита из швеллера, в которую встав-

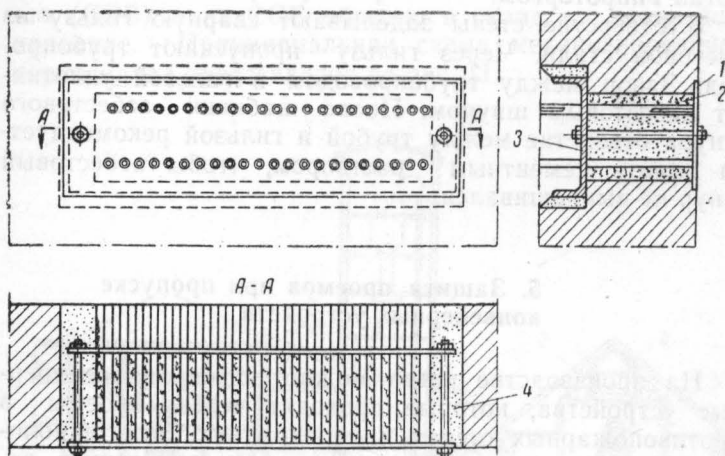


Рис. 9. Защита отверстия при пропуске большого количества труб через стену с применением бронированной плиты

1 — листовая сталь; 2 — волокнистый теплоизоляционный материал; 3 — бронеплита из швеллерной стали; 4 — заполнение бетонным раствором

ляют стальные гильзы длиной, равной толщине стены. Гильзы сплошным швом приваривают к плите. Зазор между трубами и гильзами заполняется асбестовым шнуром, пропитанным кабельной массой. Пространство между гильзами в плоскости стены заполняют теплоизоляционным материалом. Для герметизации и создания прочности заделки бронеплиты в стене швеллер по краям заливают бетонным раствором и с помощью болта и стальной пластины крепят к стене.

Такая защита обеспечивает хорошую герметизацию отверстий и не допускает проникновения паров и газов в смежное помещение.

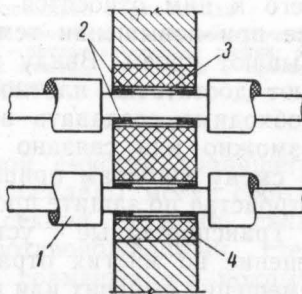


Рис. 10. Защита отверстий при пропуске трубопроводов через стену с помощью стальных гильз и асбестовой набивки

1 — теплоизоляция; 2 — уплотнение асбестовым шнуром; 3 — стальная гильза; 4 — кирпичная кладка

Вариант герметизации трубопроводов при пропуске их через стены, представленный на рис. 10, разработан Гипроторгом.

В отверстие стены заделывают сварную гильзу из листовой стали. Через гильзу пропускают трубопровод. Зазор между трубопроводом и гильзой уплотняют асбестовым шнуром. После набивки асбестового шнура отверстие между трубой и гильзой рекомендуется залить цементным раствором, чтобы асбестовый шнур не выкрашивался.

5. Защита проемов при пропуске конвейерных устройств

На производстве часто можно встретить конвейерные устройства, которые проходят через проемы в противопожарных стенах и перекрытиях. Эти технологические проемы должны иметь соответствующую защиту.

В настоящее время имеется ряд проектных решений по защите проемов при пропуске транспортных устройств через противопожарные преграды. Прежде всего к ним относятся всем известные шиберы, которые при повышении температуры автоматически перекрывают проем. Ввиду того что шиберы не обеспечивают достаточно плотного перекрытия, вокруг проема необходимо создавать водяную завесу, что не всегда возможно или связано с рядом трудностей. Поэтому на смену шиберам пришли другие, более эффективные устройства по защите проемов.

Транспортные устройства нашли широкое применение во многих отраслях промышленности для перемещения сыпучих или штучных материалов.

Рассмотрим для примера транспортные устройства, применяемые в механизированных зерноскладах.

Механизированные зерносклады предназначены для длительного хранения зерна. Они оборудуются стационарной механизацией, позволяющей через определенные промежутки времени производить перевалку и подсушку хранящегося зерна. Стационарная механизация зерноскладов в виде верхнего и нижнего ленточных горизонтальных конвейеров входит в общую

поточную механизированную технологическую линию сушки зерна. Благодаря этому зерно из складов можно подавать на сушку в сушильно-очистительную башню (СОБ) и из СОБ обратно в склад на дальнейшее хранение. Принципиальная схема механизированного зерносклада представлена на рис. 11.

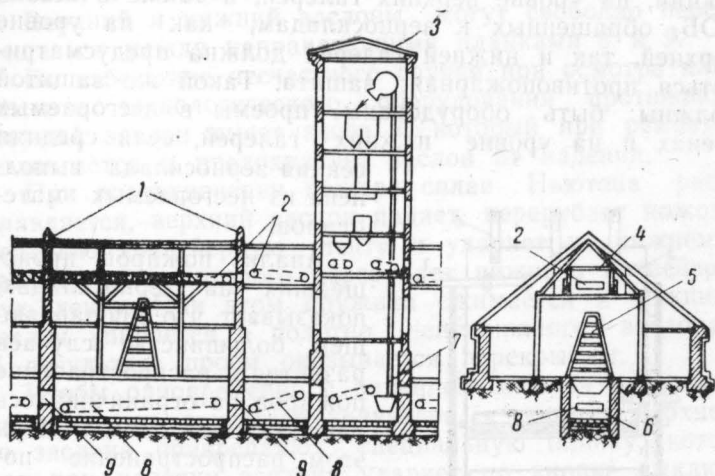


Рис. 11. Схема механизированного зерносклада

1 — противопожарная стена; 2 — верхний конвейер; 3 — сушильно-очистительная башня; 4 — верхняя галерея; 5 — предохранительная вышка; 6 — нижняя галерея; 7 — нория; 8 — нижний конвейер; 9 — проем в противопожарной стене

В зависимости от расчетной емкости хранящегося зерна механизированные зерносклады могут состоять из двух, трех, четырех, пяти секций. Секции склада разделяются между собой противопожарными стенами. По нижнему поясу ферм совмещенного покрытия склада расположена верхняя галерея, которая при помощи наружного моста соединяется со зданием СОБ. Нижняя галерея склада с несгораемыми конструктивными элементами проходит под складом и тоже соединяется со зданием СОБ. Верхняя и нижняя галереи шириной по 1,85 м оборудованы стационарными горизонтальными ленточными конвейерами, которые приводятся в движение при помощи электромоторов. Транспортеры из одной секции склада в другую проходят через проемы в противопожарных

стенах. Кроме того, в противопожарных стенах устраивают проемы для прохода обслуживающего персонала. Эти проемы должны быть защищены противопожарными дверями с пределом огнестойкости не менее 1,5 ч. Для защиты технологических проемов в противопожарных стенах, разделяющих склад на секции, на уровне верхних галерей, а также в стенах СОБ, обращенных к зерноскладам, как на уровне верхней, так и нижней галереи должна предусматриваться противопожарная защита. Такой же защитой должны быть оборудованы проемы в несгораемых стенах и на уровне нижних галерей, если средняя секция зерносклада выполнена из несгораемых материалов.

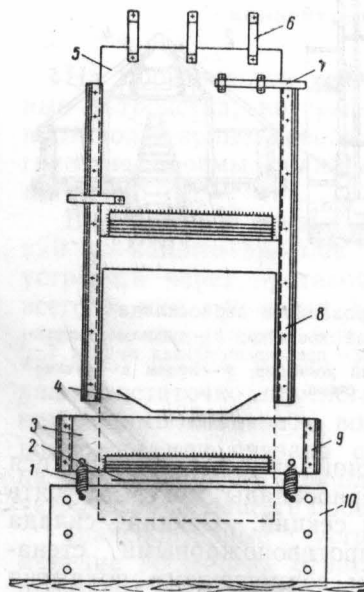


Рис. 12. Противопожарный заслон (гильотина)

Анализ пожаров, происшедших на зерноскладах, показывает, что в подавляющем большинстве случаев развитие и распространение пожаров не ограничивалось одной секцией склада. При этом распространение пожара из одной секции склада в другие происходило главным образом через незащищенные технологические проемы в противопожарных стенах на уровне верхних галерей.

В качестве противопожарной защиты технологических проемов на действующих зерноскладах наиболее широко распространены противопожарные заслоны типа «гильотина», разработанные Промзернопроектom.

Конструкция противопожарного заслона зависит от количества транспортных ветвей. При двух ветвях противопожарный заслон (рис. 12) состоит из двух металлических полотен, заканчивающихся ножами. Верхний заслон 5 при работе транспортера находится в приподнятом состоянии над верхней транспортной

лентой 4 и удерживается тремя легкоплавкими предохранителями 6, выполненными из сплава Ньютона (олово — 26%, висмут — 53%, кадмий — 21%), температура плавления которого 103°C.

Нижний заслон 3 приподнят над нижней транспортной лентой 2 за счет пружины 1, прикрепленной болтами к неподвижному 10 и нижнему 3 заслонам.

Верхний и нижний заслоны могут свободно перемещаться между направляющими планками 8 и 9.

Во избежание несчастного случая при осмотре или ремонте технологического оборудования противопожарный заслон имеет засов 7, который при ремонте выдвигается и предохраняет заслон от падения.

При возникновении пожара сплав Ньютона расплавляется, верхний заслон падает, перерубает ножом верхнюю конвейерную ленту и ударяет по нижнему заслону, нож которого перерубает нижнюю конвейерную ленту. При этом пружина сжимается и нижний заслон упирается в полотно неподвижного заслона. В результате проем оказывается перекрытым.

Чтобы одновременно с падением заслона произошла остановка двигателя конвейера, к полотну верхнего заслона прикрепляют специальную планку, которая при падении заслона ударяет по кнопке выключателя тока.

Следует отметить, что надежность такого противопожарного заслона невелика из-за его малого предела огнестойкости (0,25 ч) и из-за того, что при срабатывании «гилютины» перерезание нижней ленты конвейера не происходит и технологический проем перекрывается неплотно. В практике были случаи, когда при пожарах огонь переходил из одной секции склада в другие через технологические проемы даже при защите последних противопожарными заслонами типа «гилютина».

В настоящее время имеется ряд других проектных решений по защите проемов при пропуске конвейерных устройств через противопожарные преграды. Как показала практика эксплуатации зерноскладов, наиболее надежная противопожарная защита этих проемов может быть обеспечена, если конвейер не переходит из одной секции склада в другую. При этом перебрасывать зерно с конвейера одной секции склада на конвейер другой секции через противопожарную стену можно при

помощи специальных пересыпов, установленных в противопожарной стене. Каждый пересып в обязательном порядке должен быть оборудован автоматическими устройствами, позволяющими перекрывать проем при пожарах.

Промзернопроектом предложена конструкция пересыпного устройства, показанная на рис. 13.

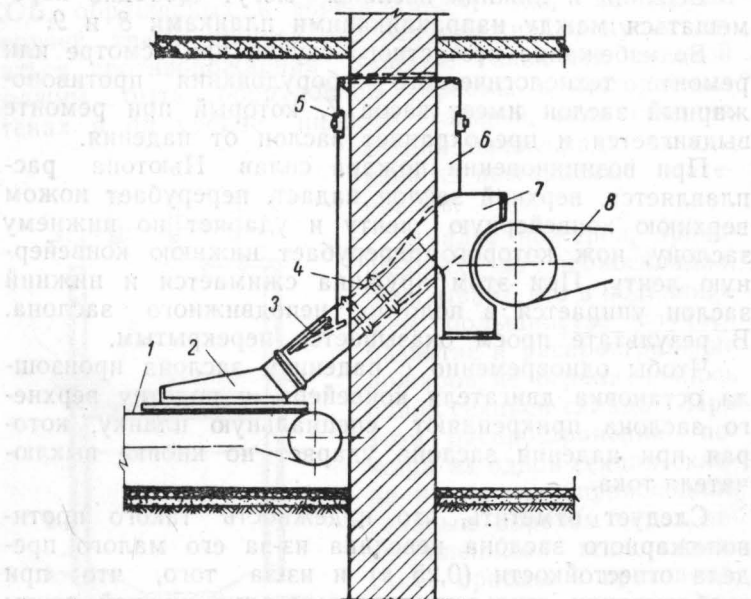


Рис. 13. Пересыпное устройство

По обе стороны противопожарной стены перпендикулярно к ней размещены конвейеры 1 и 8. В противопожарной стене устанавливают наклонный квадратный патрубок (самотек) 4, заканчивающийся с одной стороны сбрасывающей коробкой 7, а с другой насыпным лотком 2. В нормальных условиях работы сыпучий материал с конвейера попадает в сбрасывающую коробку, откуда самотеком поступает в насыпной лоток, а затем пересыпается на конвейерную ленту с противоположной стороны стены.

В пересыпном устройстве устанавливают противопожарный клапан 3. Полотно шибера противопожар-

ного клапана выполнено из досок, обшитых кровельной сталью по войлоку, вымоченному в глиняном растворе.

Для самозакрывания противопожарного клапана на оси шиберов укрепляют рычаг с грузом. В поднятом состоянии шибер удерживается с помощью стального троса 6, разъединенного легкоплавким замком 5 тросовой системы типа 2—3Т—72°C.

При возникновении пожара в одной из секций зерносклада и расплавлении легкоплавкого замка клапан автоматически срабатывает и перекрывает короб.

Легкоплавкие замки устанавливают в самой коробке или вне ее по обе стороны противопожарной стены. Размещение легкоплавкого замка только в сбрасывающей коробке является менее удачным, так как при такой подвеске легкоплавкий замок при возникновении пожара может не сработать. Иногда устанавливают три легкоплавких замка: в сбрасывающей коробке и с каждой стороны противопожарной стены. В этом случае перекрытие пересыпа клапаном происходит также при поступлении в пересып горящего зерна.

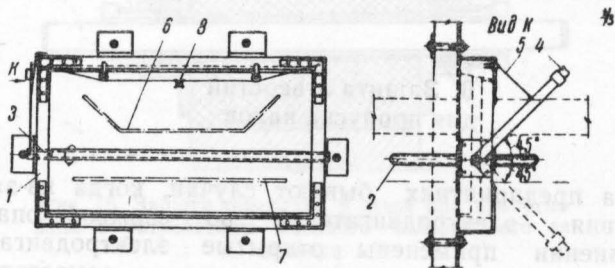


Рис. 14. Клапан для зажима лент транспортера

В случае, если по конвейеру перемещаются штучные материалы, для защиты проемов в противопожарных преградах может быть применена следующая конструкция клапана для зажима лент конвейера, предложенная Промзернопроектом и Гипроторгом (рис. 14).

К обрамлению проема, через который движется конвейерная лента, крепят раму 1, изготовленную из деревянных брусков сечением 160×150 мм, жестко соединенных между собой. Рама обшита листовой

сталью по асбестовому картону и ее прикрепляют к стене при помощи уголков. В раме есть отверстия, в которые вставлена ось вращения 3 клапана 2. Полотно клапана состоит из деревянного щита, оббитого кровельной сталью по асбестовому картону. Кромки клапана обивают асбестом для достижения уплотнения при его закрытии. Соответственно по внутреннему периметру рамы также крепят асбестовую прокладку.

При нормальной работе конвейера клапан с помощью рычага 4 и троса 5 удерживается в горизонтальном положении между лентами. При освобождении удерживающего устройства рычаг с противовесом 4 поворачивает полотно клапана в вертикальное положение. При этом клапан прижимает верхнюю ленту 6 конвейера к верхнему брусу рамы, а нижнюю 7 — к нижнему, что создает плотность перекрытия проема.

Автоматическое срабатывание клапана обеспечивается тем, что рычаг с противовесом крепят тросом к раме с помощью легкоплавкого замка 8.

6. Защита отверстий для пропуска валов

На предприятиях бывают случаи, когда из-за отсутствия электродвигателей во взрывобезопасном исполнении применены открытые электродвигатели. При этом электродвигатели вынесены в самостоятельные помещения с несгораемыми ограждениями и таким образом отделены от вентиляторов и насосов, установленных во взрывоопасном помещении. Передача мощности от двигателей осуществляется посредством трансмиссионных валов. Понятно, что пропуск вала через ограждение представляет известную опасность, так как взрывчатая смесь может проникнуть в помещение, где установлен двигатель.

Для защиты отверстий, предназначенных для пропуска валов, создают сальниковые уплотнения.

На рис. 15 приведена схема уплотнения вала, проходящего через противопожарную стену, с помощью сальникового затвора.

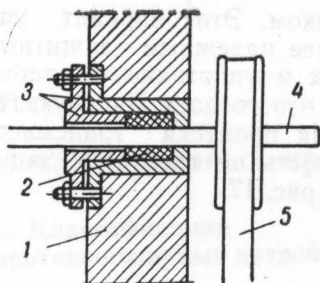


Рис. 15. Защита отверстия в стене с помощью сальниково-го затвора

1 — противопожарная стена; 2 — сальниковая набивка; 3 — сальник;
4 — вал; 5 — ремень

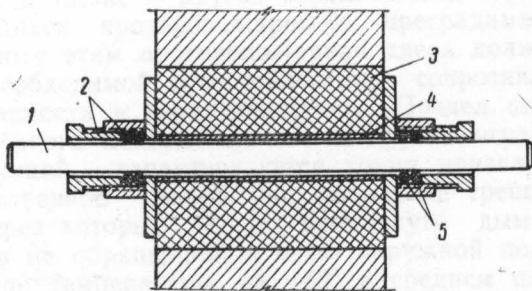


Рис. 16. Защита отверстия в стене при пропуске вала с устройством двойного сальникового затвора

1 — вал; 2 — сальник; 3 — кирпичная кладка; 4 — закладной фланец; 5 — асбестовая набивка

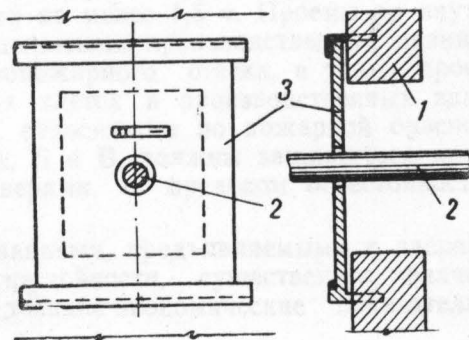
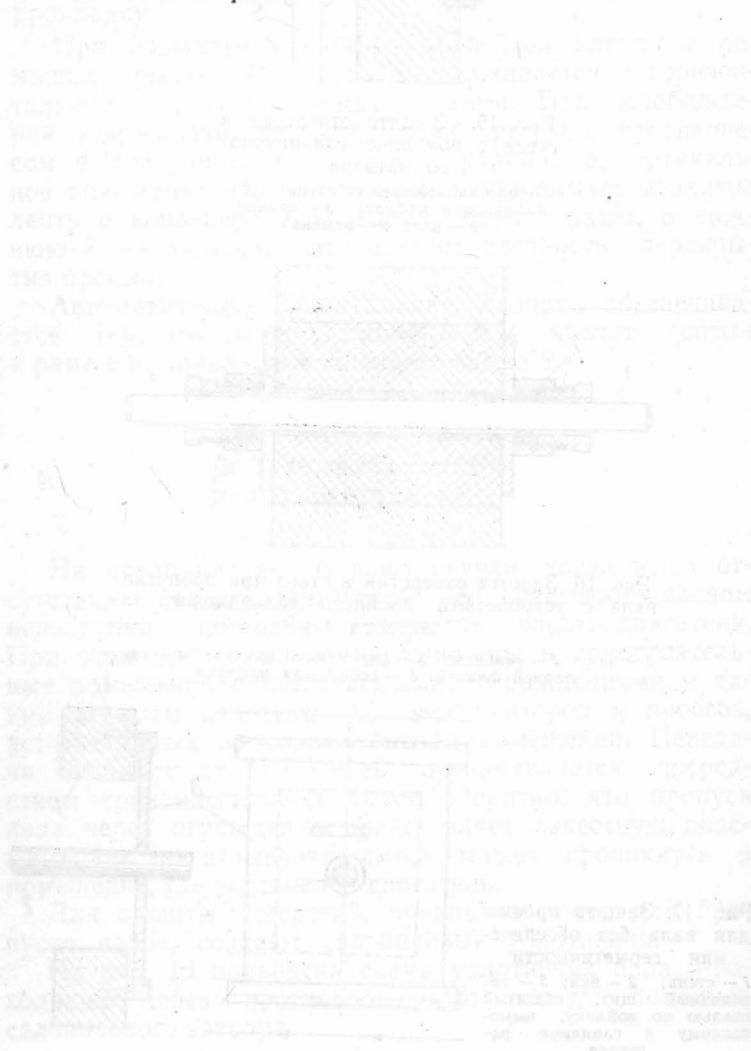


Рис. 17. Защита проема для вала без обеспечения герметичности

1 — стена; 2 — вал; 3 — деревянный щит, оббитый сталью по войлоку, вымоченному в глиняном растворе

На рис. 16 показано уплотнение такого же вала с двойным сальником. Этот вариант уплотнения вала является наиболее надежным защитным устройством, так как сальник и уплотняющую набивку устраивают с обеих сторон, что создает хорошую герметичность.

Отверстия для пропуска трансмиссионных валов, когда герметичность не требуется, защищают так, как это показано на рис. 17.



Глава II

Защита дверных проемов

7. Классификация противопожарных дверей

Противопожарные двери предназначены для защиты проемов в противопожарных стенах, внутренних стенах зданий I, II и III степеней огнестойкости, разделяющих помещения с производствами категорий А, Б и В, а также в других вертикальных ограждениях, являющихся противопожарными преградами. В соответствии с этим противопожарная дверь должна обладать необходимой огнестойкостью, сопротивлением к возгораемости и герметичностью. Предел огнестойкости дверного полотна, как и других ограждающих конструкций, характеризуется тремя признаками: непосредственное разрушение, появление трещин и щелей, через которые могут проникнуть дым и огонь, прогрев не обращенной к огню наружной поверхности двери до температуры, на 140° в среднем по поверхности превышающей первоначальную. Разрушение двери в условиях пожара зависит главным образом от конструкции полотна двери, дверной коробки и конструкции навески дверей.

Двери в противопожарных стенах должны иметь предел огнестойкости не менее 1,5 ч. Проемы во внутренних стенах, разделяющих производственные здания в пределах противопожарного отсека, а также проемы стен лестничных клеток в производственных зданиях с процессами, относимыми по пожарной опасности к категориям А, Б и В, должны защищаться противопожарными дверями с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч.

Наряду с требованиями, предъявляемыми к дверям в отношении их огнестойкости, существенное значение имеют также технико-экономические показатели,

простота изготовления, достаточная прочность и легкость.

Противопожарная дверь состоит из полотнища и устройств для навешивания и закрывания.

Противопожарные двери можно классифицировать по следующим признакам:

1. По возгораемости:

- а) сгораемые;
- б) трудносгораемые;
- в) несгораемые.

2. По дымо-газопроницаемости:

- а) обычные;
- б) дымонепроницаемые;
- в) газонепроницаемые.

3. По способу навески:

- а) навесные (одностворчатые и двустворчатые);
- б) раздвижные (однопольные и двухпольные);
- в) подъемно-опускные.

4. По искробезопасности:

- а) искроопасные;
- б) искробезопасные.

Рассмотрим принципиальные схемы устройства дверей различных типов.

8. Сгораемые двери

Принято считать, что сгораемые двери не могут служить преградой для пожара. Однако проведенные ЦНИИПО испытания показали, что соответствующим образом изготовленные сгораемые двери обладают известным пределом огнестойкости. В СНиПе этот предел огнестойкости не учитывается, ибо конструкции таких дверей горят и способствуют распространению пожара. Поэтому сгораемые двери нельзя использовать как противопожарные, однако в ряде случаев приходится учитывать их пределы огнестойкости. Следует отметить, что некоторые авторы ставят вопрос о применении сгораемых дверей в качестве противопожарных.

Пределы огнестойкости сгораемых полотнищ обуславливаются главным образом скоростью переугливания древесины. В свою очередь, скорость переугливания зависит от ряда факторов: конструкции полотнища, толщины слоя древесины, породы древесины и др.

В среднем скорость переугливания слоя огнезащитной (подвергнутой глубокой пропитке антипиренами) древесины толщиной 60 мм составляет 0,6 мм/мин.

В 1952 г. в ЦНИИПО были проведены испытания на огнестойкость трех типов деревянных дверей без металлической обшивки. Конструкция дверей показана на рис. 18. Двери I и II типов состояли из сосно-

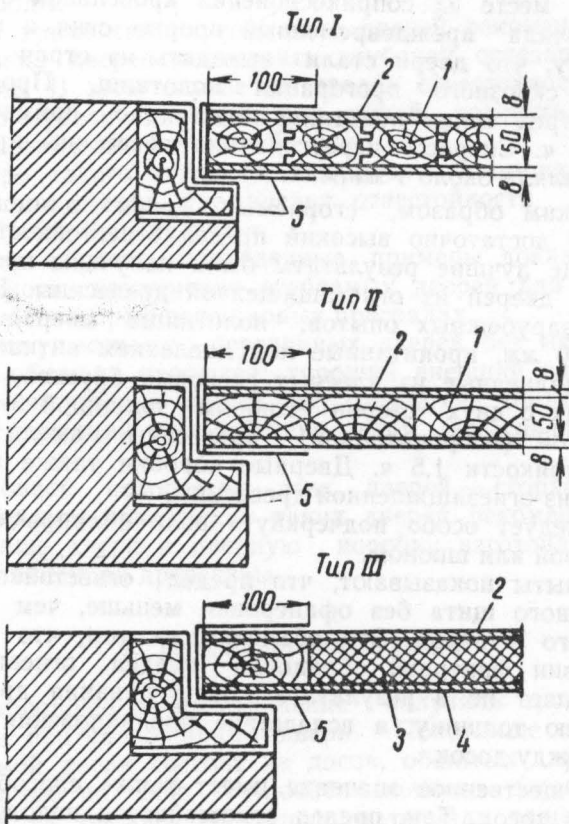


Рис. 18. Деревянные клееные двери с пределом огнестойкости 1 ч

вых брусков 1 толщиной 50 мм, облицованных фанерой 2 толщиной 8 мм. Полотнища дверей типа III были пустотелыми и заполнялись минеральной ватой 3 объемным весом 300 кг/м³. Между фанерной

облицовкой и заполнением с каждой стороны прокладывалась стальная сетка 4. Дверные коробки во всех трех типах дверей были деревянные.

Испытания показали, что предел огнестойкости наступал через 0,4 ч в результате горения в зазоре между полотнищем и коробкой и прорыва пламени на необогреваемую сторону. Защита полотнищ и коробок в месте их соприкосновения кровельной сталью 5 исключила преждевременный прорыв огня и привела к тому, что двери стали выходить из строя только после сквозного прогорания полотнищ. Прогорание всех трех типов полотнищ наступало примерно через 1 ч. Скорость переугливания древесины при этом составляла около 1 мм/мин.

Таким образом, сгораемые двери данного типа имели достаточно высокий предел огнестойкости.

Еще лучшие результаты были получены при испытании дверей из огнезащитной древесины. По данным зарубежных опытов, полотнища дверей толщиной 60 мм, пропитанные под давлением антипиренами и выполненные из клееных сосновых брусков, облицованных с двух сторон шпоном толщиной 3 мм из обычной (непропитанной) древесины, имели предел огнестойкости 1,5 ч. Дверные коробки также изготовляли из огнезащитной древесины.

Следует особо подчеркнуть роль облицовки щита фанерой или шпоном.

Опыты показывают, что предел огнестойкости деревянного щита без офанеровки меньше, чем облицованного фанерой. Это объясняется тем, что при отсутствии фанерной облицовки предел огнестойкости наступает не в результате переугливания древесины на всю толщину, а вследствие проникновения пламени между досок.

Существенное значение имеет также способ стыкования досок. Так, предел огнестойкости полотнища из огнезащитной древесины толщиной 50 мм при стыковании досок в четверть и в шпунт равен 40 мин, а при уплотнении зазоров между досками, врезанными стальными полосами, — 53 мин. В то же время, если исходить из скорости переугливания древесины, равной 0,6 мм/мин, предел огнестойкости щитов толщиной 50 мм мог достигнуть 75 мин.

Гипротееатром разработан проект сгораемых две-

рей для защиты дверных проемов размером 1930×900 мм.

Полотнище такой двери состоит из столярной плиты, внутри которой имеется заполнение из двух слоев технического войлока. Между слоями войлока зажат стальной лист толщиной 1 мм. Дверь собирается на клею и оклеивается ножевой фанерой из дерева ценной породы.

При применении такого типа дверей рекомендуется полотнища дверей подвергать глубокой огнезащитной пропитке. В этом случае их предел огнестойкости несколько увеличивается и при общей толщине слоя древесины 34 мм достигает 50 мин.

Двери такого типа целесообразно применять во внутренних стенах, где предел огнестойкости дверей не требуется больше 0,75 ч.

Таким образом, приведенные примеры доказывают возможность применения сгораемых дверей для защиты проемов в противопожарных преградах.

Преимуществами деревянных дверей без металлической обшивки являются: хороший внешний вид, простота конструкции, малый вес, отсутствие температурных деформаций при действии огня, невысокая стоимость.

Основной недостаток этих дверей — сгораемость. Поэтому при применении таких дверей рекомендуется полотнище двери и дверную коробку изготавливать из огнезащищенной древесины.

9. Трудносгораемые двери

Наибольшее распространение получили трудносгораемые противопожарные двери. Полотнище трудносгораемой двери состоит из досок, обшитых кровельной сталью по слою теплоизоляционного материала. В качестве теплоизоляционного материала чаще всего применяют войлок, вымоченный в глиняном растворе, и асбестовый картон. Испытания показали, что для целей теплоизоляции целесообразно использовать асбестовый картон. Этот материал обеспечивает сравнительно высокий предел огнестойкости дверей, позволяя вместе с тем уменьшить их толщину. Опытами также установлено, что прокладка теплоизоляции между слоями древесины существенно не изменяет

пределов огнестойкости. Практически ограничиваются теплоизоляцией лишь боковых поверхностей. В тех случаях, когда применяют войлок, рекомендуется для пропитки 1 кг войлока брать 1—1,5 кг глины.

Роль теплоизоляции заключается в том, чтобы замедлить процесс нагрева древесины до температуры ее разложения, оградить древесину от непосредственного воздействия пламени в условиях пожара и исключить открытое горение древесины.

Известно, что при температуре выше 100—130°C начинается слабое разложение древесины. Наиболее энергичное разложение с выделением больших количеств газообразных и парообразных продуктов начинается при 270—280°C. Следовательно, предел огнестойкости противопожарной двери будет зависеть от времени достижения температуры 270—280°C на поверхности древесины и скорости ее переугливания. По опытным данным ЦНИИПО, средняя скорость переугливания древесины под обшивкой равна 0,5 мм/мин. Время достижения опасной температуры на поверхности древесины зависит от теплотехнических показателей и толщины слоя теплоизоляционного материала.

Практически рекомендуется толщину теплоизоляции, выполненной из асбеста, принимать равной 5—7 мм. Толщину теплоизоляции из войлока принимают равной 15 мм. Толщину теплоизоляции из других материалов выбирают с учетом теплотехнических показателей материала.

При использовании в качестве теплоизоляции асбеста толщиной слоя 5—7 мм температура, равная 270—280°C, появляется на поверхности древесины уже через 10—15 мин после начала огневого воздействия. С этого момента интенсивно идет процесс сухой перегонки и превращения древесины в уголь с образованием значительного количества продуктов разложения, которые, стремясь выйти наружу, разрушают обшивку двери и ускоряют таким образом процесс ее разрушения. Так как в составе продуктов разложения имеются такие горючие газы, как метан, окись углерода, водород, этилен, а также пары метилового спирта и ацетона с достаточно высокой температурой (около 550°C), то может произойти их воспламенение при выходе наружу на необогреваемой стороне в результате соприкосновения с раскаленными газами, вы-

бывающимися через зазоры между полотнищем и дверным проемом. Иногда парогазовая смесь самовоспламеняется. Опыты показали, что уже через 30—40 мин нарушается плотность обшивки двери и происходит воспламенение продуктов разложения на необогреваемой стороне, снижая таким образом предел огнестойкости двери.

Чтобы предотвратить преждевременное разрушение обшивки дверей и тем самым повысить их предел огнестойкости, В. П. Бушевым предложено в обшивке дверей на той поверхности, которая может подвергнуться действию огня при пожаре, заранее прорезать специальные предохранительные отверстия для выпуска парогазовой смеси. При этом продукты разложения древесины получают свободный выход на обогреваемую сторону, где они сгорают. Предел огнестойкости дверей в этом случае определяется временем переугливания всей древесины под обшивкой и увеличивается в среднем в 2 раза по сравнению с дверями, имеющими глухую обшивку.

Если неизвестно, с какой стороны дверь будет подвергаться воздействию огня при пожаре, то отверстия следует прорезать на обеих ее сторонах и закрывать накладками из листовой стали, припаянными на сплавах с температурой плавления не выше 350°C. При пожаре накладки на обогреваемой стороне отпадут через 2—3 мин.

Площадь отверстий определяют по следующей зависимости

$$\omega = \frac{Q}{v} \text{ м}^2, \quad (1)$$

где Q — выход парогазовой смеси из отверстий в $\text{м}^3/\text{мин}$;

ω — площадь отверстий в м^2 ;

v — скорость истечения парогазовой смеси в $\text{м}/\text{мин}$.

Экспериментально установлено, что при переугливании 1 кг древесины выход парогазовой смеси при температуре $t=550^\circ\text{C}$ составляет $2,21 \text{ м}^3$, а скорость выхода газов из предохранительных отверстий равна $120 \text{ м}/\text{мин}$.

Тогда общий выход газа в единицу времени составит

$$Q = \frac{2,21q}{\tau} \text{ м}^3/\text{мин}, \quad (2)$$

где q — вес деревянной части двери в кг;

τ — длительность переугливания древесины в мин.

Выше отмечалось, что средняя скорость переугливания древесины под обшивкой равна 0,5 мм/мин.

Тогда длительность переугливания может быть найдена как частное от деления толщины деревянной части полотна на скорость переугливания.

Подставляя все величины в исходную формулу (1), получим

$$\omega = \frac{2,21 F \delta \gamma \cdot 0,0005}{120 \delta} = \frac{2,21 F \cdot 550 \cdot 0,0005}{120} = 0,005 F \text{ м}^2,$$

где F — площадь полотна двери в м^2 ;

δ — толщина полотна двери в м;

γ — объемный вес древесины в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Таким образом, площадь предохранительных отверстий зависит только от площади полотна.

Рекомендуется устраивать не одно, а два предохранительных отверстия, располагаемых в центрах каждой половины полотна. Это обеспечивает наиболее полное удаление парогазовой смеси из-под обшивки. В этом случае площадь каждого отверстия f составит:

$$f = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\omega}{2} = 0,0025 F \text{ м}^2,$$

где d — диаметр отверстия в м;
откуда

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0025 F}{3,14}} = 0,056 \sqrt{F}.$$

В Строительных нормах и правилах (СНиП II-A.5-62) эта формула представлена в виде

$$d = 6 \sqrt{F} \text{ см}, \quad (3)$$

где F — площадь полотна в м^2 .

Предел огнестойкости полотна двери может быть ориентировочно определен, если известно время наступления переугливания древесины, а также скорость переугливания

$$\Pi = \tau_0 + \frac{\delta}{w} \text{ мин}, \quad (4)$$

где Π — предел огнестойкости двери в мин;
 τ_0 — время нагрева древесины до температуры
 270—300°C в мин;
 δ — толщина деревянной части полотнища в м;
 ω — скорость переугливания древесины в м/мин.

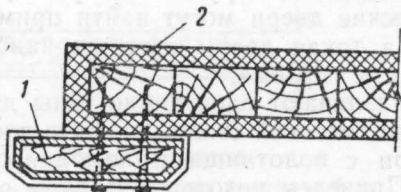
Гипротеем разработаны два вида труднооткрываемых дверей без предохранительных отверстий, отличающихся только конструкциями полотнищ. Одно из них состоит из деревянного щита толщиной 44 мм, обшитого кровельной сталью по асбестовому картону толщиной 5 мм или войлоку, смоченному в глиняном растворе, толщиной 15 мм. Дверная коробка выполнена из деревянных брусков, обшитых кровельной сталью, что является неправильным, так как в этом случае дверная коробка разрушится раньше, чем наступит предел огнестойкости полотнища. Дверную коробку необходимо также обшивать сталью по слою теплоизоляционного материала.

В новых типовых проектах предусматриваются конструкции дверей с устройством предохранительных отверстий.

Полотнища дверей серии Г-806А Промстройпроекта и типа А и Б Промзернопроекта состоят из двух слоев деревянных досок, что делать нецелесообразно, так как предел огнестойкости дверей не зависит от

Рис. 19. Герметизация притвора дверей с помощью нащельника

1 — нащельник; 2 — противопожарная дверь



количества слоев древесины, а зависит от общей толщины слоя древесины. Поэтому наиболее рациональным решением являются двери серии С-121 Гипрокаучука и двери серии ПД-36-4 Гипродрева.

Названные выше двустворчатые двери имеют нащельник по всей высоте полотнища для герметизации притвора. Нащельник дверей С-121 выполнен из металла и имеет резиновую прокладку, которая под действием высокой температуры плавится и при наличии пламени загорается.

В воротах ПД-36-4 и Г-806А нащельник выполнен из деревянного бруса, обшитого листовой сталью по теплоизоляционному слою (рис. 19). Такая конструкция герметизации является более надежной от проникновения пламени, так как она не отличается от конструкции самого полотнища двери.

10. Несгораемые двери

К несгораемым дверям относят преимущественно металлические двери, хотя в принципе возможны полотнища дверей из железобетона или естественных и искусственных камней. Однако такие двери не нашли распространения ввиду большого веса, а также недостаточной прочности при динамических воздействиях.

Благодаря своим очевидным преимуществам — негорючести и простоте изготовления — металлические противопожарные двери вначале получили широкое распространение. Однако практика показала, что такие двери имеют недостаточные пределы огнестойкости. Металлические двери в условиях пожара быстро нагреваются до высоких температур. Это приводит к значительным деформациям полотнища двери с образованием зазоров в дверном проеме, а самое полотнище служит источником излучения тепла. Тем не менее, при известном конструктивном усовершенствовании металлические двери могут найти применение в тех случаях, когда такая дверь является наиболее приемлемой для защиты проема.

Различают следующие типы дверей: одинарные двери из листовой стали, двойные двери из листовой стали, двери с полотнищами комбинированной конструкции.

Приведем некоторые данные о поведении указанных типов дверей при действии высоких температур.

Двери из листовой стали. Впервые огневые испытания дверей из листовой стали были проведены в Англии в 1900—1910 гг.

Испытаниям подвергались двери толщиной 6,5 мм, усиленные с обеих сторон накладками из стальных полос сечением 75×6,5 мм и навешенные в стальных коробках.

Испытания показали, что уже через 5 мин полотнища нагревались до такой температуры, что до них нельзя было дотронуться рукой, а через час двери нагревались докрасна, при этом температура на расстоя-

нии 5 см от двери достигала 515°C, а на расстоянии 10 см — 345°C. Такая температура вполне может послужить причиной воспламенения сгораемых материалов, находящихся на некотором расстоянии от необогреваемой стороны дверей. В результате испытаний был сделан вывод о том, что это расстояние не должно быть меньше 0,9 м.

Внешние наблюдения за дверью показали, что двери с обычной системой навешивания на двух петлях уже к 20-й минуте огневого испытания деформировались настолько, что отходили от коробки на 10—12 см; это приводило к прорыву огня через образующиеся зазоры. При закреплении таких же полотнищ в пяти-ше-

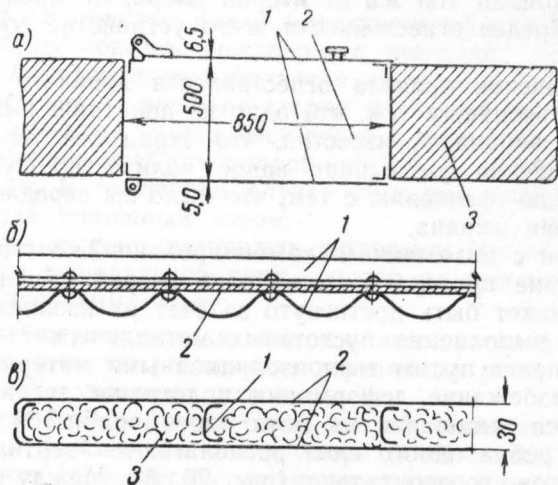


Рис. 20. Металлические двери

а — двойная дверь; 1 — дверь; 2 — тамбур; 3 — стена; б — дверь из волнистой стали; 1 — волнистая сталь; 2 — асбест; в — дверь с заполнением из минеральной ваты; 1 — каркас; 2 — обшивка; 3 — минеральная вата

сти точках по периметру они выдерживали без существенных деформаций воздействие высоких температур (порядка 1100°C) в течение 2—4 ч. При этом полотна раскалялись докрасна, но пламени не пропускали, так как выгибались не более чем на 20—25 мм и не выходили из коробки.

Двойные двери из листовой стали. Двойная дверь представляет собой два полотнища, навешенные с двух

сторон проема (рис. 20, а). Расстояние между дверями равно толщине стены.

Испытанию подвергались двери, полотнища которых были изготовлены из стального листа толщиной 6,5 и 5 мм. Первая дверь (со стороны очага пожара) быстро нагревалась и прогнулась до 40 мм, но она надежно удерживалась в коробке замком и выдвижными болтами. Второе полотнище нагревалось значительно слабее и не деформировалось. К концу испытания первая дверь нагрелась до 700°C, а на расстоянии 150 мм от ее поверхности, внутри тамбура, температура достигала 500°C. В то же время температура снаружи устройства, на расстоянии 150 мм от второй двери, не превышала 100°C. Предел огнестойкости всего устройства составил 67 мин.

Увеличение предела огнестойкости двойного полотнища объясняется тем, что одно из полотнищ выполняет роль экрана. А известно, что экран без теплового сопротивления уменьшает вдвое количество лучистой теплоты по сравнению с тем, что было бы передано при отсутствии экрана.

Двери с полотнищами комбинированной конструкции. Увеличение предела огнестойкости дверей из листовой стали может быть достигнуто за счет их изоляции или за счет выполнения пустотелых металлических дверей и заполнения пустот теплоизоляционными материалами.

Во избежание деформации полотнище двери рекомендуется выполнять из двух слоев волнистой стали, причем ребра одного слоя располагаются вертикально, а другого — горизонтально (рис. 20, б). Между слоями волнистой стали прокладывают асбест, замедляющий прогрев. Двери такого типа по огнестойкости равноценны деревянным толщиной 60 мм, обшитым кровельной сталью.

Пустотелые двери могут выполняться из обычной листовой стали толщиной 1,5—2,5 мм. В этом случае жесткость полотнища обеспечивается за счет прикрепления листов к каркасу. Пустоты между листами заполняют асбестом, минеральной ватой или другим несгораемым теплоизоляционным материалом (рис. 20, в).

По экспериментальным данным, двери такого типа толщиной 25—32 мм не пропускали огня в течение 1,5—2 ч. Однако через 25—35 мин дверные полотнища прогревались до 150°C. Увеличение предела огнестойкости может быть достигнуто за счет увеличения толщины

слоя теплоизоляционного материала. Например, согласно СНиП, при толщине слоя минеральной ваты, равной 80 мм, предел огнестойкости дверей оказывается равным 1,3 ч. Толщину теплоизоляционного слоя в зависимости от требуемого предела огнестойкости можно найти по расчету.

Проектным институтом Гипродрев разработана конструкция металлической двери, предназначенной для защиты проемов размером 3000×1945 мм (каталог проектов ворот и дверей сушильных камер ПД-36-4).

Заполнение дверного проема состоит из одинарных двустворчатых распашных дверей, навешенных на металлическую коробку.

Дверное полотно имеет металлический каркас, состоящий из обвязки швеллерного профиля (швеллер № 8), поперечников и подкосов из уголков сечением 75×75×6 мм. С внешних сторон каркас имеет алюминиевую обшивку, а при отсутствии алюминия — обшивку из нержавеющей стали толщиной 0,5—1 мм или листовой стали. В последнем случае обшивку приваривают к обвязке сплошным швом.

Внутри каркаса помещают теплоизоляцию толщиной 30 мм из минеральной ваты, матов из стекловолокна или минеральных плит.

Во избежание усадки теплоизоляции устанавливают противоосадочную решетку из деревянных реек, ячейки которой и заполняют утеплителем.

Предел огнестойкости таких дверей, согласно СНиП, равен 1,3 ч. Следовательно, дверь в описанном выше исполнении не может быть применена для защиты проемов в противопожарных стенах.

Наиболее совершенными металлическими конструкциями дверных полотен с применением легких теплоизоляционных материалов являются конструкции дверей серии ТАР-1-5 Госхимпроекта и дверей сушил Теплопроекта.

Двери серии ТАР-1-5 разработаны в двух вариантах: ДГУ-1 и ДГУ-2.

По первому варианту (ДГУ-1) рамы обрамления проема и каркаса полотна с навесными и запорными приборами выполняют из обычного фасонного проката, а обшивку полотна из нержавеющей листовой стали толщиной 1,5 мм. При этом антикоррозионная защита рамы обрамления проема и каркаса полотна может быть выполнена двумя способами:

а) оклейкой резиной на клею 88-Н по ТУ МХП УТ 88—58;

б) способом металлизации, т. е. нанесением слоя распыленного цинка.

По второму варианту (ДГУ-2) все конструкции двери выполняют из нержавеющей стали.

Как в первом, так и во втором вариантах в качестве утеплителя принят пенопласт толщиной слоя 70 мм с коэффициентом теплопроводности, равным 0,05 ккал/м · ч · град.

Двери могут быть устроены в стенах из кирпича, бетона (железобетона) и со стальным каркасом.

Недостатком конструкции дверей является применение в качестве теплоизоляционного материала пенопласта, температура плавления которого равна 80°C. Безусловно, в противопожарных дверях пенопласт должен быть заменен на неорганический теплоизоляционный материал.

Двери сушилка Теплопроекта являются подъемно-опускными и предназначены для сушильных камер, постоянная температура в которых доходит до 450—500°C. Такие двери могут быть успешно применены также для защиты проемов в противопожарных стенах в случаях, когда нельзя установить распашные или раздвижные двери.

Полотнище двери представляет собой жесткую пространственную систему в виде металлического каркаса, заполненного теплоизоляционным материалом. Полотнище помещается в неподвижных направляющих, по которым может свободно перемещаться в вертикальном направлении.

В качестве теплоизоляционного материала применены совелитовые плиты общей толщиной 90 мм.

Общий вес полотнища двери, защищающей проем размером 3670×3300 мм, составляет 1200 кг.

В практике встречаются также другие конструктивные решения противопожарных дверей. Так, вместо обычного решения в виде двух листов, разделенных теплоизоляционным материалом, применяется конструкция, состоящая из одного металлического листа, защищенного с обеих сторон теплоизоляцией. Подобная дверь в 1956 г. была испытана во Франции. Дверь состояла из жесткого рифленого стального листа толщиной 6 мм, с каждой стороны которого прикрепляли слой теплоизоляционного материала, изготовленного на

базе вермикулита, толщиной 20 мм. Снаружи изоляция защищалась от механических повреждений листовой сталью толщиной 0,5 мм. Предел огнестойкости такой двери (по местному прогреву) составил 1,5 ч.

За границей некоторое распространение получили свертывающиеся двери, изготовленные из подвижных звеньев, что позволяет им выдерживать действие огня без существенных деформаций. Например, при испытании двойная свертывающаяся дверь выдержала четырехчасовое огневое воздействие. Однако быстрый прогрев таких дверей и интенсивное тепловое излучение от необогреваемой поверхности уменьшают их предел огнестойкости примерно в 2 раза.

Таким образом, металлические противопожарные двери, несмотря на все разнообразие конструкций, имеют два общих преимущества: во-первых, они не горят; во-вторых, допускают отделку поверхностей и поэтому могут быть установлены в помещениях любого назначения.

Основным недостатком большинства металлических дверей является сравнительно невысокий предел огнестойкости, обусловленный быстрым прогревом полотнищ и возможностью их деформации при действии огня.

11. Искробезопасные двери

Все двери, имеющие стальные элементы, являются искроопасными. Искра может быть высечена прежде всего при ударе полотнища двери о стену при закрывании двери. Кроме того, в процессе эксплуатации дверей могут возникнуть источники нагрева в навесных петлях, роликах и других трущихся частях. Во всех случаях тепловой источник может оказаться достаточным для поджигания взрывоопасной смеси. Поэтому в производственных помещениях, в которых возможно образование взрывоопасных концентраций, следует применять искробезопасные двери.

Любую искроопасную дверь можно сделать искробезопасной путем комбинирования трущихся элементов двери из стали и цветных металлов.

Например, конструкция искробезопасной двери может состоять из деревянного полотнища, оббитого листовой оцинкованной сталью по асбесту или войлоку, вымоченному в глиняном растворе. Боковые грани до двойного фальца и нижнюю часть на высоту 650 мм

по всей ширине полотнища обшивают листами из алюминиевых сплавов, латуни или меди (рис. 21). Дверные коробки обшивают оцинкованной сталью. Дверные петли, ролики, запоры в местах трения выполняют комбинированными из разнородных металлов. Детали, выполненные из стали, покрывают эмалевой краской.

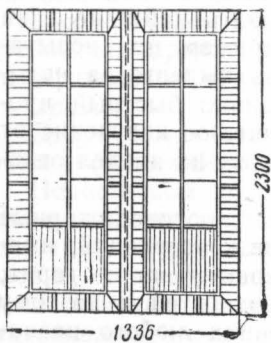


Рис. 21. Искробезопасная дверь. Штриховкой обозначена отделка двери листами из алюминиевых сплавов, латуни или меди

В цехах, связанных с обращением ацетилена, трущиеся детали дверного полотна и обшивку делают из оксидированного алюминиевого сплава.

12. Способы навески дверей и механизмы их самозакрывания

В практике получили распространение следующие типы дверей: навесные, раздвижные и подъемно-опускные.

Согласно СНиП, устройство раздвижных и подъемно-опускных дверей на путях эвакуации запрещается.

При любом способе навески все двери, защищающие проемы в противопожарных стенах, должны иметь механизмы самозакрывания.

В практике при устройстве противопожарных дверей для их самозакрывания чаще всего используют упругие пружины. В литературе также приводится описание ряда других механизмов самозакрывания.

Навесные двери. На рис. 22 показаны схемы и детали механизма закрывания однопольных дверных полотнищ противопожарной двери. Автоматическое закрывание дверей достигается тем, что полотнище с помощью системы тросов и роликов 1 и 3 соединено с противовесами 7 и 8. Противовес 8 предупреждает открывание полотнища на угол более 45° , так как при открывании полотнища противовес 8 поднимается и упирается в большой противовес 7, имеющий продольное вертикальное отверстие, через которое пропущен трос 2 маленького противовеса. Большой противовес подвешен на рычаге 4, который в рабочем положении удерживается с помощью троса 6, один конец которого

прикреплён к рычагу, а второй — к стене. В трос 6 включен легкоплавкий замок 5.

При возникновении пожара замок расплавляется, конец рычага 4 опускается, ушко большого противовеса 7 освобождается и последний, падая на маленький противовес 8, своим весом приводит в движение полотно, закрывает его и удерживает в закрытом положении.

Одностворчатые двери в рассматриваемом случае надежнее чем двустворчатые, так как обеспечивают большую плотность. Механизм для автоматического их закрывания проще.

За последнее время широкое распространение для самозакрывания дверей получил дверной закрыватель с гидравлическим амортизатором, выпускаемый рижским заводом холодильных машин «Компрессор».

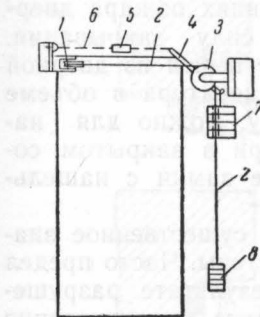


Рис. 22. Конструкция навесной двери

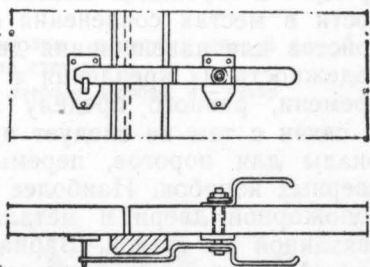


Рис. 23. Дверные накладки для двустворчатых дверей

Дверной закрыватель (дверная пружина) с регулирующим гидравлическим тормозом предназначен для плавного закрывания дверей и может быть применен как для «правых», так и для «левых» дверей, открываемых внутрь.

Завод рекомендует применять закрыватели при следующих размерах закрываемых дверей:

а) закрыватели артикул «411» ТУ — для дверей размером не более $90 \times 200-230$ см;

б) закрыватели артикул «433» ТУ — для дверей размером не более 120×230 см.

Дверной закрыватель состоит из чугунного корпуса, внутри которого помещена спиральная пружина. Передача усилия от пружины осуществляется системой рычагов и тяг. Скорость закрывания регулирует гидравлический амортизатор, расположенный в нижней части корпуса.

В нормальных условиях при правильной эксплуатации такой закрыватель является надежным механизмом самозакрывания дверей. В условиях пожара дверной закрыватель может ослабить силу закрывания. Кроме того, полотнище двери может выйти из дверной коробки. Учитывая, что высокая температура в объеме помещения устанавливается не сразу, можно для надежного удержания полотнища двери в закрытом состоянии применять обычные дверные замки с нащельниками (рис. 23).

При устройстве навесных дверей существенное значение имеет их крепление в проеме стены. Часто предел огнестойкости двери наступает в результате разрушения дверной коробки или в результате проникновения продуктов горения в смежное помещение через неплотности в местах сочленения полотнища со стеной. Устройств для навешивания дверей должны обеспечивать надежность их крепления в проеме стены в течение времени, равного пределу огнестойкости полотнища. В связи с тем не следует применять сгораемые материалы для порогов, перемычек проемов, наличников, дверных коробок. Наиболее надежна установка противопожарной двери в металлической коробке, прочно связанной со стеной. Варианты установки навесных дверей в проеме стены приведены на рис. 24. Допустимо также применение деревянных коробок при условии их защиты от возгорания и выбора достаточного сечения бруса коробки. Лучшей защитой коробок является их обшивка кровельной сталью по асбесту или войлоку, вымоченному в глиняном растворе.

Раздвижные двери. К стене прикрепляют в наклонном положении под углом около 5° направляющую балку 2, по которой передвигается дверь 1, подвешенная на роликах 3 (рис. 25).

Благодаря наклонному положению направляющей балки дверь быстро закрывает дверной проем. Однако этому препятствует противовес 7, подвешенный на ка-

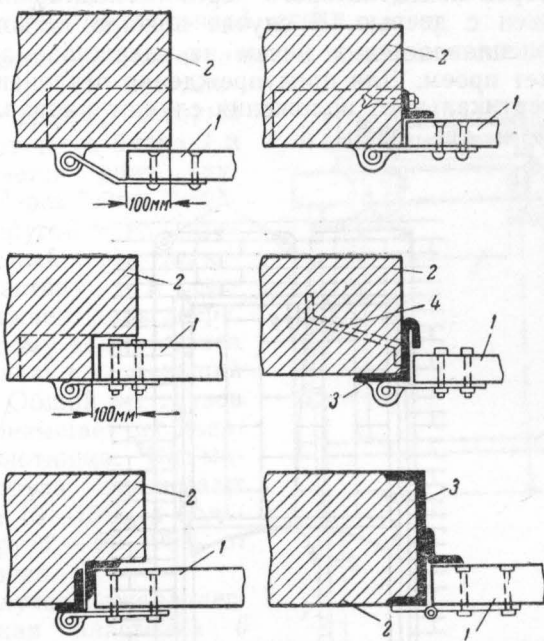


Рис. 24. Варианты установки навесных дверей в проеме стены
1 — дверь; 2 — стена; 3 — дверная коробка; 4 — анкер

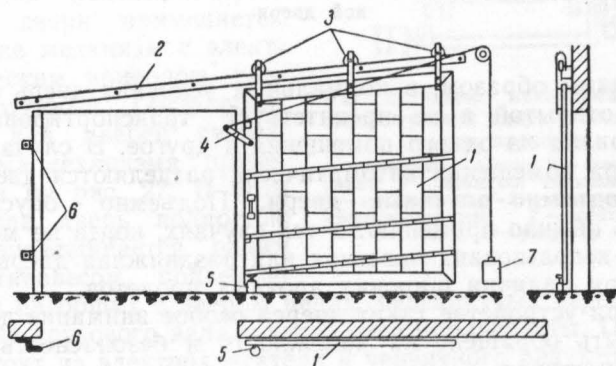


Рис. 25. Раздвижная однопольная дверь

нате, второй конец которого через легкоплавкий замок 4 соединен с дверью. В случае пожара легкоплавкий замок расплавляется и ничем не удерживаемая дверь закрывает проем. Для предупреждения отклонения двери от вертикального положения служат направляющий ролик 5 и две скобы 6.

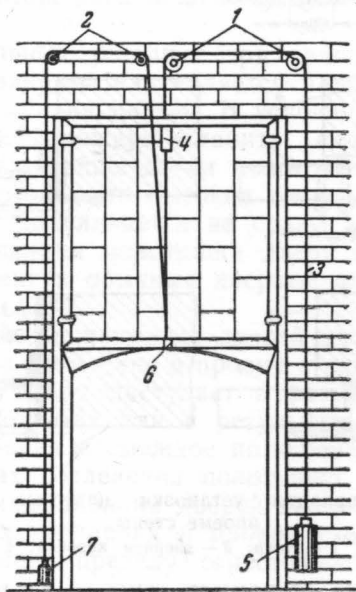


Рис. 26. Схема подъемно-опускной двери

Таким образом, в нормальных условиях дверь остается открытой и не препятствует транспортированию материала из одного помещения в другое. В случае же пожара помещения автоматически разделяются дверью.

Подъемно-опускные двери. Подъемно - опускную дверь обычно применяют в тех случаях, когда не может быть использована навесная или раздвижная дверь или же при наличии широких арочных пролетов.

При устройстве таких дверей особое внимание должно быть обращено на надежность и безопасность их подвешивания.

Опускная дверь устраивается следующим образом.

В стену прочно вделывают блоки 1 и 2 (рис. 26) и направляющие из фасонной стали.

К дверному полотнищу с помощью специального ушка 4 крепят металлический трос 3, который проходит через блоки 1 и оттягивается вниз грузом 5. Через блоки 2 проходит другой трос, прикрепляемый через легкую пластину 6 к середине нижнего края двери. Ко второму концу троса подвешивают меньший груз 7. Общий вес грузов 5 и 7 превышает вес дверного полотнища. Вес малого груза принимают равным 10—15%, а большого груза — 90—95% от веса двери.

В случае пожара легкоплавкая пластинка 6 расплавляется, груз 7 падает, так как уже не поддерживается тросом, и дверь, перетягивая груз 5, опускается по направляющим вниз.

Для подъемно-опускной двери применяется также механизм с электрическим приводом, разработанный Теплопроект для дверей сушил. Схема механизма приведена на рис. 27. В этом случае дверь полностью уравнивается одним противовесом, подвешенным на общих с дверью цепях, перекинутых через звездочки грузового вала и через блоки-полиспасты. Привод состоит из электродвигателя и червячного редуктора.

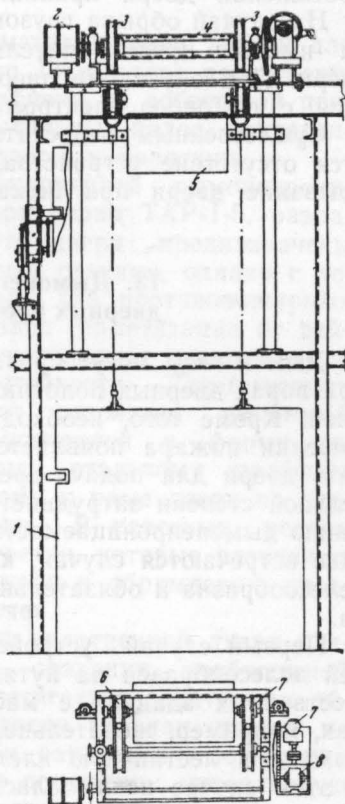


Рис. 27. Схема механизма подъемно-опускной двери с электрическим приводом

1 — полотнище двери; 2 — командо-аппарат; 3 — звездочки грузового вала; 4 — грузовой вал; 5 — противовес; 6 — блоки-полиспасты; 7 — электродвигатель; 8 — редуктор

Второй конец грузового вала оканчивается звездочкой и с помощью велосипедной цепи соединяется с командо-аппаратом, который останавливает привод при достижении двери крайних положений.

На случай обрыва грузовых цепей при поднятой двери имеется предохранитель, препятствующий падению двери. При опускании двери предохранитель выключается с помощью электромагнита.

Существенным недостатком этого механизма является отсутствие устройства, обеспечивающего самозакрывание двери при пожаре.

13. Дымонепроницаемость дверных проемов

Дым и газы могут проникать через неплотности в притворах дверных полотнищ с опраждающей конструкцией. Кроме того, необходимо иметь в виду, что при тушении пожара появляется необходимость приоткрывать двери для подачи средств тушения. Это в значительной степени затрудняет решение задачи по обеспечению дымонепроницаемости дверных проемов. В практике встречаются случаи, когда герметизация дверей целесообразна и обязательна и когда она не обязательна.

Первый случай устройства противопожарных дверей целесообразен на путях эвакуации в жилых и общественных зданиях с массовым пребыванием людей. Так, например, желательно, чтобы в высотных зданиях выходы в лестничную клетку были герметизированы. В этом случае исключалась бы возможность задымления лестничной клетки при возникновении пожара в какой-либо квартире. Желательно также, чтобы зрительные залы и залы собраний в зданиях с колосниковой сценой отделялись от фойе, кулуаров герметическими дверями. Такое же требование следовало бы предъявить и к устройству дверей в производственных зданиях, в которых размещены производства, относимые по пожарной опасности к категории А и Б, а также к дверям, ведущим в чердачные и подвальные помещения.

Второй случай возможен в производственных зданиях различного назначения, относимых по пожарной опасности к категории В.

В настоящее время отсутствуют типовые решения герметизации противопожарных дверей. Из имеющихся решений наибольшее распространение находят двери с различного рода прокладками и зажимными устройствами.

Герметизация одинарных металлических дверей для сушильных камер конструкции Гипродрева достигается применением уплотняющей набивки из асбестовой пряжи и уплотняющих ребер из стальных полос, приваренных к швеллерной обвязке дверных полотнищ.

Наиболее совершенной конструкцией дымонепроницаемых дверей являются двери серии ТАР-1-5, разработанные Госхимпроектом. Эти двери предназначены для термокамеры испытательной станции, однако с успехом могут быть использованы для противопожарных целей при условии защиты узлов герметизации от действия высоких температур и выполнения полотнища с достаточным пределом огнестойкости. Герметизация дверей обеспечивается за счет прижатия резиновой трубки диаметром 55 мм, заключенной в форму из стальных профилей, к круглому стальному профилю диаметром 20 мм, приваренному к раме двери по всему периметру дверной коробки. В навесных петлях предусмотрены овальные отверстия, которые позволяют плотно прижать полотнище двери к обрамлению проема с помощью откидных ручек.

Более простая конструкция уплотненной двери разработана Гипротееатром для создания необходимой звукоизоляции. Уплотнение достигается следующим образом (рис. 28). В обвязку двери заделан штапик из плотного дерева, который при закрывании полотнища двери нажимает на резиновую подушечку, укрепленную на внутренней поверхности четверти коробки. Для целей звукоизоляции подушечку заполняют шерстяными очесами или конским волосом. В противопожарных дверях подушечку следует заполнять негорючим материалом (асбест, стекловата), а само полотнище двери пропитывать антипиренами или обшивать кровельной сталью по асбесту или войлоку. Такие двери целесообразно применять в тех случаях, когда их предел огнестойкости допускается 0,75 ч.

При применении двухпольных дверей известная дымонепроницаемость в створе полотнищ создается с помощью накладок.

Герметизация подъемно-опускных дверей осуществ-

вляется так же, как и противопожарного занавеса. Сочленение верхней кромки двери со стеной возможно посредством песочного затвора, боковые кромки двери сочленяются с направляющими через лабиринт, а нижняя кромка уплотняется за счет подушки, прикрепленной к ней. При опускании дверь собственным весом прижимает подушку к полу и этим создает необходимое уплотнение.

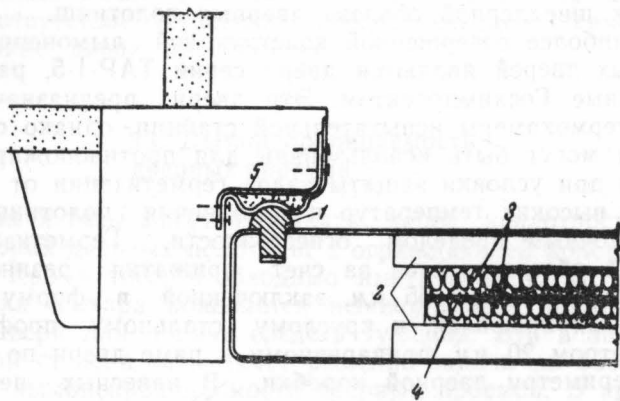


Рис. 28. Герметизация притвора двери

1 — штапик; 2 — столярная плита; 3 — строительный войлок; 4 — стальной лист; 5 — резиновая подушечка, заполненная асбестом

При применении раздвижных дверей герметизация верхней и нижней кромок обеспечивается следующим образом. У верхнего и нижнего обрамления дверного проема прикрепляют желоба с песком. Соответственно у нижней и верхней кромок двери прикреплены ножи, которые при закрывании проема входят в песок и образуют песочный затвор. Герметизация боковых кромок достигается за счет выступающих частей у обрамления проема и полотнища двери. Эти выступающие части — подушки — при закрывании двери прижимаются друг к другу, за счет чего и создается необходимое уплотнение.

В заключение следует отметить, что все указанные способы герметизации дверей требуют экспериментальной проверки как в нормальных условиях, так и в условиях действия высоких температур.

14. Тамбуры (шлюзы)

Устройство газонепроницаемых дверей весьма сложно, так как газонепроницаемость должна обеспечиваться постоянно, в то время как дымонепроницаемость — только на случай возможного пожара.

В настоящее время принято считать, что наиболее надежным способом обеспечения газонепроницаемости и дымонепроницаемости дверных проемов является устройство тамбуров с подпором воздуха. При устройстве тамбуров герметичность создается за счет того, что подпор воздуха в шлюзе, осуществляемый специальной вентиляционной установкой, превышает давление в помещениях, разделенных противопожарной стеной. В связи с этим при проектировании шлюзов необходимо правильно задаться исходными данными для выбора вентиляционной установки. В первую очередь необходимо определить величину подпора воздуха. Она зависит от величины давления продуктов горения при пожаре. Условия безопасности будут удовлетворены в том случае, если $P_{\text{под}} > P_{\text{п.г.}}$, где $P_{\text{под}}$ — подпор воздуха, который должен создаваться вентиляционной установкой в кг/м^2 , а $P_{\text{п.г.}}$ — давление продуктов горения в кг/м^2 . Для обеспечения дымонепроницаемости можно принять, что давление воздуха в тамбуре должно превышать давление продуктов горения на 10%.

Тогда

$$P_{\text{под}} = 1,1 P_{\text{п.г.}} \quad (5)$$

Формула (5) принимается за основу для расчета вентиляционной установки.

Для определения максимального гравитационного давления при пожаре рассмотрим случай такого газообмена между наружным воздухом и продуктами горения, при котором плоскость равных давлений при пожаре находится на незначительном расстоянии от пола. Для практических расчетов можно принять, что $h_2 = h$, где h_2 — расстояние от плоскости равных давлений до потолка производственного помещения в м; h — высота производственного помещения в м.

Давление продуктов горения для этих условий определится по формуле

$$P_{\text{п.г.}} = h_2 (\gamma_{\text{н}} - \gamma_{\text{п.г.}}), \text{ кг/м}^2, \quad (6)$$

где $\gamma_{\text{н}}$ — объемный вес наружного воздуха в кг/м^3 ;
 $\gamma_{\text{п.г.}}$ — объемный вес продуктов горения в кг/м^3 .

Как видно из формулы (6), давление продуктов горения зависит от разности объемных весов наружного воздуха и продуктов горения и от расположения плоскости равных давлений. В свою очередь, объемный вес продуктов горения зависит от их температуры $t_{п.г.}$. Эта зависимость выражается

$$\gamma_{п.г.} = \gamma_0 \frac{273}{t_{п.г.} + 273} \cdot \quad (7)$$

При этом объемный вес продуктов горения при нуле градусов γ_0 принимается равным $1,29 \text{ кг/м}^3$.

Расчеты показывают, что в зависимости от температуры и высоты производственного помещения давление продуктов горения колеблется от 3 до 30 мм вод. ст.

Для обеспечения газонепроницаемости в бытовых и вспомогательных помещениях, в помещениях КИП, РП, слесарных мастерских, приточных венткамерах и т. п., сообщающихся с производственными помещениями категорий А и Б через тамбуры, рекомендуется подавать приточный воздух в количестве, превышающем вытяжку на 20—30%. При этом кратность воздухообмена должна равняться 5—10.

Вентиляционная установка, обслуживающая тамбуры, должна быть самостоятельной и не должна объединяться с другими приточными вентиляционными системами. Это вызывается тем, что производственные вентиляционные системы во время пожара должны выключаться, в то время как в тамбурах должен осуществляться подпор воздуха. При наличии нескольких шлюзов они могут объединяться одной вентиляционной установкой.

Включение вентиляционной системы, обеспечивающей дымонепроницаемость тамбуров, должно осуществляться автоматически при повышении температуры и дистанционно.

В случае, если тамбуры обеспечивают газонепроницаемость проема, приточные системы должны подавать воздух в тамбуры непрерывно в течение всего года. Для данных систем следует предусматривать установку резервных вентиляторов с электродвигателем.

При расчете вентиляционной установки существенное значение имеет расход воздуха, который должен подаваться в тамбур при полученном значении $R_{\text{под}}$. Расход воздуха будет зависеть от величины площади проемов в тамбуре, через которые воздух может прони-

каты в смежные помещения. С этой точки зрения можно рассмотреть три случая:

а) дверь закрыта, воздух будет проходить через неплотности между полотнищем двери и обрамлением проема. Толщину щели в этом случае принимают 1,5 мм;

б) дверь приоткрыта на величину зазора, достаточного для прокладки рукавных линий. Величина зазора может быть принята равной 15 см;

в) дверь полностью открыта. Площадь проема в этом случае определяется исходя из размеров двери.

Предварительные расчеты показывают, что расход воздуха при полностью открытой двери весьма значителен. Это связано с необходимостью создания громоздкой вентиляционной установки. Так, например, при площади проема 2 м² и требуемом подпоре 20 мм вод. ст. расход воздуха должен составлять около 85 000 м³/ч. При таком расходе воздуха и скорости его подачи 20 м/сек диаметр воздуховода равен 1300 мм. Безусловно, проектировать такую громоздкую вентиляционную систему нецелесообразно. Следовательно, тамбуры должны быть устроены с таким расчетом, чтобы их двери при работе вентиляционной установки были постоянно закрытыми. Это обстоятельство предопределяет направление открывания дверей в тамбуре. Обычно двери в шлюзе открываются в одном направлении. Однако при подпоре воздуха это приведет к тому, что одна дверь может быть всегда открытой. В связи с этим рекомендуется принимать направление открывания дверей в сторону шлюза (рис. 29). Такая рекомендация в известной мере противоречит правилам открывания дверей в связи с обеспечением безопасной эвакуации людей. Однако, имея в виду, что при разделении цехов с производствами категорий А, Б и В двери в противопожарных стенах не являются эвакуационными, такое решение может быть приемлемым.

Рекомендуемое направление открывания дверей предопределяет размеры тамбура. В данном случае длина тамбура должна превышать не менее чем на 25 см удвоенную ширину полотнища двери. Ширина тамбура должна превышать ширину дверных проемов также не менее чем на 25 см с каждой стороны. Может быть высказана также рекомендация о том, чтобы в нижней части дверей тамбура предусматривались специальные щели для прокладки рукавных линий. Двери

должны быть самозакрывающимися и иметь предел огнестойкости не менее 0,75 ч.

Правильный выбор исходных данных для проектирования вентиляционных установок, обеспечивающих

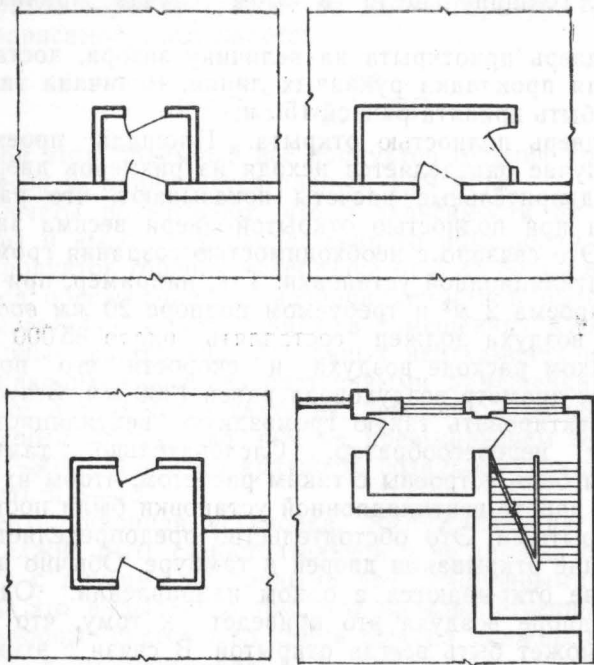


Рис. 29. Варианты планировки тамбуров (шлюзов)

подпор воздуха в тамбурах, а также строгое соблюдение режима эксплуатации этих установок являются гарантией дымо- и газонепроницаемости дверных проемов.

15. Водяные завесы

В связи с развитием химической промышленности и широким внедрением в строительство сборного железобетона конструктивно-планировочные решения производственных зданий претерпели большие изменения. Все большее распространение получают блокированные здания, т. е. такие, в которых объединены помещения

разных назначений. Блокирование производств увеличивает пожарную опасность, ухудшает условия эвакуации людей. Благодаря большим площадям пожар принимает значительные размеры, усложняется процесс локализации и ликвидации пожара, в связи с чем возрастает материальный ущерб от пожара.

Все это ставит перед пожарной охраной задачу по разработке и проведению ряда новых специальных противопожарных мероприятий по снижению пожарной опасности и локализации пожара на небольших площадях.

Практикой доказано, что одним из основных противопожарных мероприятий является устройство противопожарных преград и разделение ими объема зданий на противопожарные отсеки. Противопожарные отсеки, в свою очередь, делят на секции негоряемыми стенами и перегородками.

Однако применение противопожарных стен часто создает трудности в организации технологического процесса. В этом случае наиболее эффективным противопожарным мероприятием является устройство водяных завес.

Анализ пожаров показывает, что быстрому распространению пожара способствует прохождение газовых потоков с высокой температурой через поргальные, дверные, технологические и другие проемы, устраиваемые в противопожарных преградах. В ряде случаев по технологическим соображениям эти проемы не могут быть защищены противопожарными дверями и воротами, в результате чего потоки нагретых газов свободно перемещаются в смежные помещения и воспламеняют там горючие вещества и материалы. В таких условиях целесообразно снижать температуру газового потока. Одним из приемов по снижению температуры теплового потока является создание водяных завес, которые охлаждают нагретые газы и продукты сгорания, меняют направление их движения, рассеивают и поглощают тепловое излучение.

Согласно СНиП, при наличии проемов в противопожарных стенах, разделяющих помещения с категориями производства А, Б и В, и невозможности защиты этих проемов противопожарными дверями или воротами сообщение между смежными помещениями должно осуществляться через открытые (без дверей) тамбуры общей длиной не менее 4 м со спринклерным оборудо-

ванием, проектируемым из расчета одна спринклерная головка на 1 м² площади тамбура. Ограждение тамбура должно быть нестораемым с пределом огнестойкости не менее 1 ч.

Водяные завесы успешно могут быть использованы также для ограничения распространения пожаров особо пожароопасных агрегатов и целых производственных комплексов (закалочные ванны, окрасочные камеры и т. п.).

Применением защитных водяных завес можно предотвратить распространение пожара и в соединительных сооружениях (галереи, эстакады).

Водяные завесы могут быть также использованы в качестве тепловых экранов, компенсирующих недостающую величину противопожарных разрывов между зданиями.

Водяные завесы могут применяться для орошения противопожарных стен, занавесов, дверей, ворот и т. п. с целью повышения их огнестойкости.

Таким образом, защитные водяные завесы могут сыграть большую роль в обеспечении пожарной безопасности объектов. Вместе с тем известно, что до настоящего времени они не нашли широкого распространения. Это, очевидно, объясняется тем, что эффективность и свойства водяных завес изучены недостаточно. В связи с этим отсутствуют практические рекомендации по применению водяных завес в противопожарных целях.

Существующая теория водяных завес разработана в основном применительно к горячим цехам металлургических заводов для регулирования в них климата. Эта теория не может быть полностью применена для расчета защиты проемов от распространения пожаров, так как она учитывает только лучистую составляющую теплового потока, не принимая во внимание конвективные потоки нагретых газов. Между тем известно, что в условиях пожаров конвективные тепловые потоки часто являются основным фактором, сопутствующим горению веществ и материалов.

Исследования эффективности водяных завес при пожарах в закрытых помещениях были проведены в ФРГ. Предполагалось выяснить, в какой степени водяные завесы ослабляют действие лучистой теплоты, и установить зависимость между площадью источника излучения и толщиной завесы. С помощью нефтяных фор-

сунок создавался излучающий экран размером 2×2 м. Температура пламени составляла $1150-1200^\circ\text{C}$. Водяные завесы создавались при помощи головок двух типов, установленных на расстоянии $56-77$ см друг от друга. Расстояние от излучающей поверхности до водяной завесы равнялось $3-4$ м. Расход воды через одну головку составлял $0,11-0,2$ л/сек. Опытами было установлено, что водяная завеса уменьшает радиационный

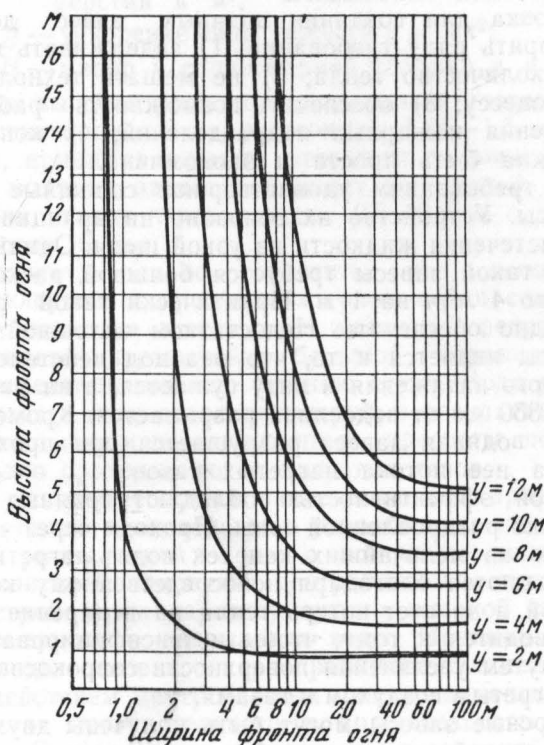


Рис. 30. График для определения толщины водяной завесы; y — толщина водяной завесы

тепловой поток в среднем на 20%. Для определения необходимой толщины водяной завесы в зависимости от возможных размеров фронта огня по опытным данным построен график (рис. 30). С помощью этого графика можно при заданных ширине и высоте фронта

огня найти требуемую толщину водяной завесы, а также, задавшись толщиной завесы, найти допустимые размеры огня. В основу построения графика была положена минимальная интенсивность излучения в $0,6 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{сек}$, при которой воспламенялись древесноволокнистые плиты и некоторые сорта древесины. Недостатком следует считать, что при проведении опытов измерялся лишь лучистый теплообмен и не учитывалась передача тепла конвекцией.

Установка для создания водяных завес должна удовлетворять ряду требований: 1) задерживать максимальное количество тепла; 2) не мешать технологическому процессу; 3) обеспечить возможность работы и передвижения пожарных подразделений; 4) конструкция должна быть проста и экономична.

Этим требованиям удовлетворяют сплошные водяные завесы. Устройство их основано на принципе свободного истечения жидкости из узкой щели. Однако для создания такой завесы требуется большой расход воды — около $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 1 м . Практически такой расход воды трудно обеспечить. Недостатком сплошной водяной завесы является и то, что она под действием поверхностного натяжения к низу сужается, а на расстоянии $800\text{--}850 \text{ мм}$ от водослива разрывается. Кроме того, сплошная водяная завеса разрушается при прохождении через нее потока нагретых газов.

Высокой эффективностью обладают водяные завесы из мелко раздробленной воды. Проходя через завесу, состоящую из мельчайших капелек воды, нагретые газы охлаждаются благодаря непосредственному контакту с водой и за счет потерь тепла на испарение воды. Задача сводится к тому, чтобы интенсифицировать испарение путем увеличения поверхности соприкосновения воды с нагретым воздухом и газами.

Дисперсные завесы могут быть получены двумя основными способами: туманообразованием при конденсации пара в воздухе, т. е. физическим способом; распылением жидкостей с помощью форсунок (головок), т. е. механическим способом.

Каждый из этих способов имеет свою рациональную область технического применения. В пожарном деле наибольшее применение могут найти водяные завесы, создаваемые с помощью распылительных головок.

Для создания водяных завес могут быть использованы имеющиеся на вооружении спринклерные и дрен-

черные головки. Расход воды через головку может быть определен в зависимости от давления перед головкой по формуле:

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH}, \text{ м}^3/\text{сек}, \quad (8)$$

где μ — коэффициент расхода через головку, равный 0,7—0,8;

ω — площадь поперечного сечения выходного отверстия в м^2 ;

g — ускорение силы тяжести в $\text{м}/\text{сек}^2$;

H — напор у спринклерной головки в м .

При высоком расположении головок последние обычно устанавливают на расстоянии 1,25—1,5 м друг от друга, принимая диаметр отверстия головки 8—10 мм. Если водяная завеса защищает небольшой проем, то головки ставят через каждые 0,5—0,6 м с диаметром отверстия 6 мм.

Следует, однако, отметить, что использование спринклерных и дренчерных головок для создания водяных завес не всегда дает желаемый результат. Это объясняется чрезвычайно большой неравномерностью распределения воды по сечению струи. Вода из головок вытекает в виде отдельных струй, в результате чего образуются ничем не защищенные просветы, по которым свободно проходит поток нагретых газов.

В настоящее время в отечественной практике наиболее полно исследованы и разработаны способы получения распыленной воды с помощью центробежных распылителей. Форсунки центробежного типа просты по устройству и характеризуются высокой степенью и равномерностью распыления воды. Принцип распыления воды основан на раздроблении сплошной струи под действием центробежных сил, возникающих в форсунке от поступательного и вращательного движений струи. Степень дисперсности воды зависит от типа распылителя и давления у распылителя.

Имеется много типов центробежных форсунок. Наиболее распространенными являются форсунки Поляка, Клереджа и типа ЦР-1.

По данным Г. Ф. Форандса, расход воды через форсунку Поляка при изменении давления у распылителя от 0,5 до 4,5 $\text{кг}/\text{см}^2$ возрастает от 0,26 до 0,91 л/мин. При тех же напорах расход воды через форсунку типа ЦР-1 изменяется от 1,44 до 4,2 л/мин. Таким образом,

расход воды через эти форсунки во много раз меньше, чем расход через спринклерные и дренчерные головки.

Вопрос об использовании центробежных форсунок для создания противопожарных водяных завес требует дальнейшего изучения.

16. Защита оконных проемов

Если по каким-либо причинам в противопожарных преградах требуется устройство оконных проемов, то они должны быть соответствующим образом защищены. В этом случае для остекления проемов вместо обычного листового стекла применяют пустотелые стеклоблоки, армированное и закаленное стекло.

Стеклоблоки укладывают рядами без перевязки швов на цементном растворе. Швы толщиной 10—15 мм армируют прутковой сталью диаметром 4—8 мм. При защите оконных проемов в противопожарных преградах в качестве уплотняющих прокладок рекомендуется применять асбестовую ткань. Обычно применяемые сгораемые прокладки могут послужить причиной распространения пожара.

Огневые испытания, проведенные в СССР и за рубежом, показали, что предел огнестойкости ограждения из пустотелых вакуумированных стеклоблоков толщиной 100 мм может быть принят равным 2 ч, а из стеклоблоков толщиной 60 мм — 1,5 ч. Испытания также показали, что стеклоблоки при действии огня прогреваются сравнительно медленно и существенно ослабляют тепловое излучение пламени.

При защите оконных проемов армированным стеклом предел огнестойкости одинарного остекления составляет в среднем 0,75 ч, двойного — 1,2 ч. Характер расположения остекления не оказывает существенного влияния на величину предела огнестойкости. Увеличение размера стекла несколько уменьшает предел огнестойкости вследствие влияния собственного веса. Металлические переплеты по сравнению с железобетонными обеспечивают более высокую огнестойкость, так как они быстрогреваются и почти не деформируются.

Таким образом, остекление армированным стеклом имеет достаточно высокий предел огнестойкости. Однако при этом следует учитывать, что оно мало препятствует тепловому излучению от пламени. Поэтому темпе-

ратура за остеклением может подняться до величины, опасной для сгораемых материалов. Так, тепловое излучение вызывает горение фанеры и ткани на расстоянии 50—90 см от необогреваемых поверхностей одинарного и двойного остекления площадью 2 м².

Обычное листовое стекло при действии огня разрушается через 3—4 мин вследствие возникновения неравномерных температурных напряжений. Прочность и термостойкость стекла могут быть повышены как введением армирующей сетки, так и закалкой — быстрым и равномерным охлаждением после предварительного плавного нагрева до размягчения.

ЦНИИПО проведены испытания на огнестойкость при стандартном температурном режиме закаленного стекла толщиной 5—6 мм и размером 40×60 см в одинарных стальных переплетах размером 1,3×1,9 м, установленных в проеме кирпичной стены. Было установлено, что закаленное стекло, установленное с зазорами по краям (3—5 мм), не растрескивается при действии огня и обеспечивает предел огнестойкости 0,4 ч.

17. Противопожарный занавес

Противопожарный занавес устраивают в порталных проемах противопожарных стен, отделяющих сцены от зрительных залов в зрелищных предприятиях.

Противопожарный занавес предназначается для герметического закрытия порталного проема с целью недопущения проникновения при возможном пожаре со сцены в зрительный зал продуктов горения.

Портальные проемы в стенах, отделяющих сцену от зрительного зала, имеют значительные размеры, от 8×10 до 15×30 м. Поэтому правильное перекрытие таких проемов противопожарным занавесом представляет собой сложную инженерную задачу. Устройство противопожарных занавесов является обязательным в зрелищных предприятиях (театрах, клубах, Дворцах культуры) вместимостью 800 мест и более.

Особенностью противопожарных занавесов является то, что они должны быстро и герметически перекрывать защищаемый ими проем для обеспечения безопасности зрителей, находящихся в зале, и предупреждения возникновения среди них паники.

Противопожарные занавесы состоят из следующих элементов: каркаса, термоизоляции каркаса, механизма подъема и опускания и узлов герметизации. По механизму подъема и опускания они разделяются на раздвижные и подъемно-опускные. В этом параграфе излагаются лишь новые вопросы, связанные с расчетом прочности каркаса занавеса, а также теплотехнические расчеты его теплоизоляции. Устройство занавеса, механизм подъема и опускания, а также узлы герметизации приведены в специальной литературе.

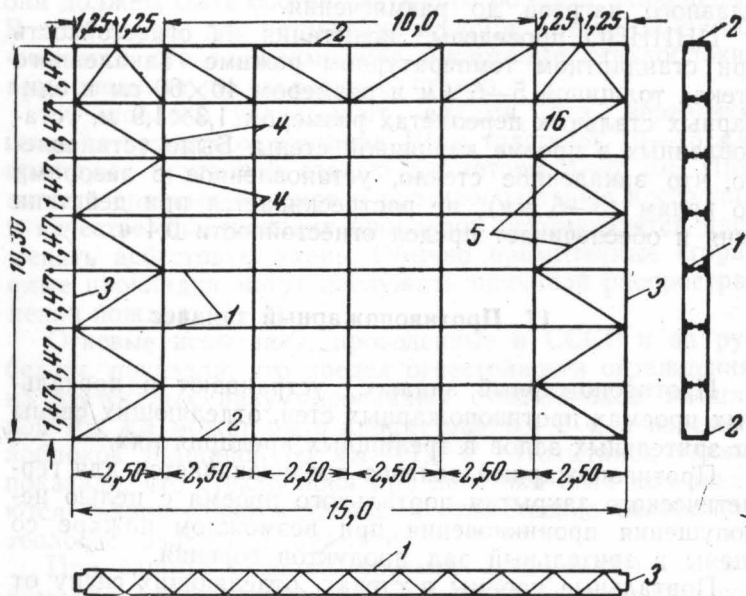


Рис. 31. Схема каркаса подъемно-опускного занавеса

1 — горизонтальные балки; 2 — нижняя и верхняя обвязки рамы; 3 — боковые обвязки рамы; 4 — вертикальные связи; 5 — диагональные связи

Каркас занавеса и его расчет. Занавес представляет собой жесткую пространственную систему в виде металлического каркаса, защищенного от действия высоких температур соответствующим термоизоляционным слоем.

Каркас подъемно-опускного занавеса состоит из горизонтальных балок (рис. 31), соединенных между со-

бой вертикальными и диагональными связями, укрепленными в четырехугольной раме. Иногда делают балки вертикальными, а связи горизонтальными. В крупных современных театрах со значительными отверстиями, где занавес весит свыше 25 т, экономичнее горизонтальные балки выполнять в виде ферм, располагаемых на расстоянии 1,2—2 м. Рама выполняется из швеллерных балок большого сечения. Горизонтальные балки-фермы соединяются вертикальными и диагональными связями для придания полотнищу занавеса большей жесткости. Эти связи выполняют из уголковой стали, которую приваривают к основным балкам.

Каркас занавеса в соответствии с нормами строительного проектирования театров рассчитывается на нормативное горизонтальное давление в 40 кг/м^2 в спущенном состоянии. Это давление может действовать как со стороны сцены, так и со стороны зрительного зала. Допускаемый относительный прогиб каркаса занавеса под горизонтальной нагрузкой в 40 кг/м^2 не должен превышать $1/350$ расчетного пролета. Кроме этого, конструкцию занавеса рассчитывают на вертикальную нагрузку от его полного веса в двух вариантах: в подвешенном и опущенном состоянии. Каркас полотнища раздвижного занавеса в силу меньших размеров отличается от подъемно-опускного лишь некоторыми конструктивными особенностями. Как подъемно-опускной, так и раздвижной занавесы помещаются в неподвижных направляющих. Для подъемно-опускного занавеса эти направляющие расположены вертикально, соответственно боковым граням полотнища; а для раздвижного — горизонтально, соответственно верхней и нижней граням полотнища. Размеры занавеса определяют исходя из того, что он должен перекрывать порталный проем с каждой стороны на 0,5 м.

Невзирая на то, что каркас противопожарного занавеса представляет собой пространственную конструкцию, его рассчитывают по отдельным элементам, полагая их шарнирно связанными между собой. Вначале определяют общие размеры занавеса, намечают конструктивную схему каждого его элемента, а затем приступают к его расчету. При расчете каркаса занавеса следует при определении характеристики стали принимать следующие коэффициенты.

Коэффициент условий работы принимается с учетом работы каркаса занавеса при $t=400^\circ$. По мере нагрева

стали до этой температуры происходит заметное снижение предела текучести и модуля упругости. На основании опытных данных коэффициент снижения предела текучести принимается равным 0,65, а коэффициент снижения модуля упругости $\beta = 0,86$.

Покажем расчет основных элементов каркаса на конкретном примере.

Пример.

Рассчитать основные элементы каркаса противопожарного занавеса для порталного проема шириной 10,8 м и высотой 8 м.

Решение.

Определяем общие габариты каркаса занавеса.

Ширина каркаса занавеса совместно с направляющими уголками будет

$$10\,800 + 2 \cdot 500 = 11\,800 \text{ мм.}$$

Высота каркаса занавеса за вычетом 100 мм на нижнюю подушку, предназначенную для герметизации занавеса, будет

$$8000 + 500 - 100 = 8400 \text{ мм.}$$

Расчетная схема занавеса приведена на рис. 32,а.

а) Расчет горизонтальных балок 1.

Определяем расчетную равномерно распределенную нагрузку на горизонтальную балку (рис. 32,б).

Расчетная нагрузка q определяется как произведение нормативной нагрузки q^n на коэффициент перегрузки n . Коэффициент перегрузки n принят согласно нормам как для ветровой нагрузки, имеющей решающее значение равным 1,3. Тогда при расстоянии между балками 2,1 м будем иметь

$$q = q^n \cdot n \cdot 2,1 = 40 \cdot 1,3 \cdot 2,1 = 109 \text{ кг/м.}$$

Максимальный изгибающий момент

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{109 \cdot 11,8^2}{8} = 1900 \text{ кг/м.}$$

В качестве материала для каркаса занавеса принимаем сталь марки Ст-3. Расчетное сопротивление стали равно 2100 кг/см^2 . Однако, учитывая, что каркас может работать в условиях пожара при действии высоких температур порядка 400°C , принимаем коэффициент условий работы, равный в данном случае коэффициенту снижения предела текучести стали, $m_t = 0,65$. Таким образом, расчетное сопротивление стали будет

$$R = 2100 \cdot 0,65 = 1360 \text{ кг/см}^2.$$

Определяем требуемый момент сопротивления сечения балки

$$W_x = \frac{M}{R} = \frac{190\,000}{1360} = 140 \text{ см}^3.$$

По сортаменту подбираем двутавр № 18 с $W_x = 143 \text{ см}^3$.

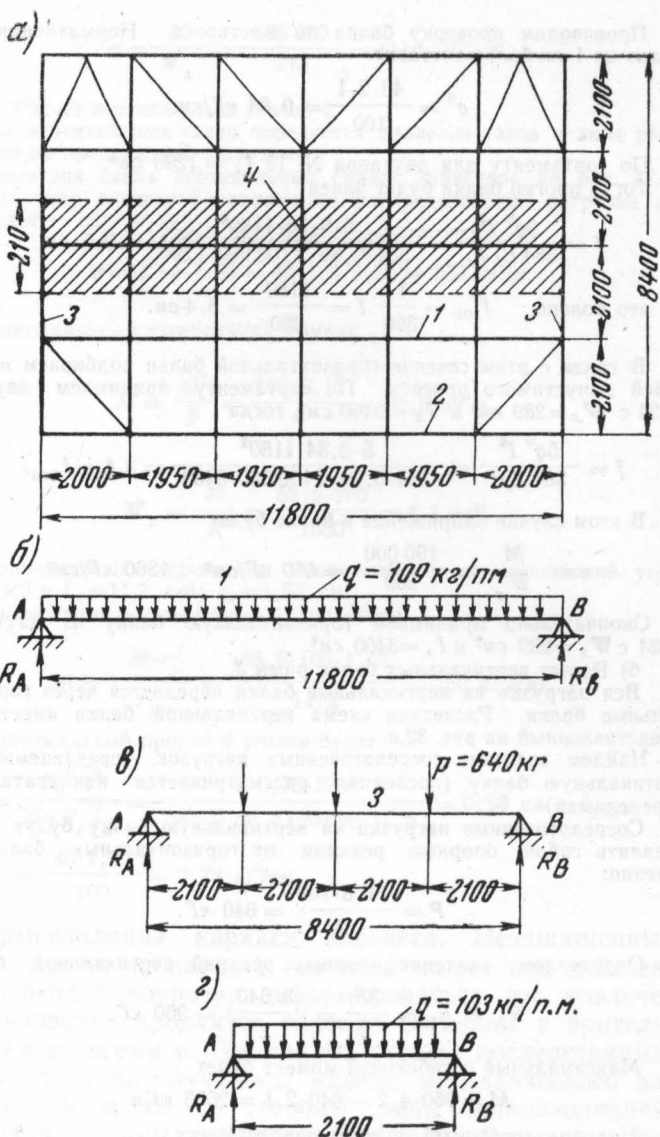


Рис. 32. Расчетная схема каркаса занавеса

а — общая расчетная схема; б — расчетная схема горизонтальных балок — 1; в — расчетная схема вертикальных балок — 3; г — расчетная схема вертикальных связей — 4; 1 — горизонтальная балка; 2 — нижняя и верхняя связки рамы; 3 — боковые обвязки рамы; 4 — вертикальные связи

Производим проверку балки по жесткости. Нормативная нагрузка на 1 см балки составит

$$q^n = \frac{40 \cdot 2,1}{100} = 0,84 \text{ кг/см.}$$

По сортаменту для двутавра № 18 $I_x = 1290 \text{ см}^4$. Тогда прогиб балки будет равен

$$f = \frac{5q^n l^4}{384 E_t J_x} = \frac{5 \cdot 0,84 \cdot 1180^4}{384 \cdot 0,86 \cdot 2100000 \cdot 1290} = 9,5 \text{ см,}$$

что больше $f_{\text{доп}} = \frac{1}{350} l = \frac{1180}{350} = 3,4 \text{ см.}$

В связи с этим сечение горизонтальной балки подбираем из условий допустимого прогиба. По сортаменту принимаем двутавр № 24 с $W_x = 289 \text{ см}^3$ и $I_x = 3460 \text{ см}^4$, тогда

$$f = \frac{5q^n l^4}{384 E_t I} = \frac{5 \cdot 0,84 \cdot 1180^4}{384 \cdot 0,86 \cdot 2100000 \cdot 3460} = 3,4 = f_{\text{доп}}.$$

В этом случае напряжение в балке будет

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{190000}{289} = 660 \text{ кг/см}^2 < 1360 \text{ кг/см}^2.$$

Окончательно принимаем горизонтальную балку из двутавра № 24 с $W_x = 289 \text{ см}^3$ и $I_x = 3460 \text{ см}^4$.

б) Расчет вертикальных балок рамы 3.

Вся нагрузка на вертикальные балки передается через горизонтальные балки. Расчетная схема вертикальной балки имеет вид, представленный на рис. 32,в.

Найдем значение сосредоточенных нагрузок, передаваемых на вертикальную балку (последняя рассматривается как статически определимая).

Сосредоточенные нагрузки на вертикальную балку будут представлять собой опорные реакции от горизонтальных балок, а именно:

$$P = \frac{11,8 \cdot 109}{2} = 640 \text{ кг.}$$

Определяем значение опорных реакций вертикальной балки

$$R_A = R_B = \frac{3P}{2} = \frac{3 \cdot 640}{2} = 960 \text{ кг.}$$

Максимальный изгибающий момент будет

$$M = 960 \cdot 4,2 - 640 \cdot 2,1 = 2688 \text{ кгм.}$$

Находим требуемый момент сопротивления

$$W_x = \frac{M}{R} = \frac{268800}{1360} = 198 \text{ см}^3.$$

По конструктивным соображениям принимаем швеллер № 24 с $W_x = 242 \text{ см}^3$ и $J_x = 2900 \text{ см}^4$.

Проверяем напряжение в принятой балке

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{268\,800}{242} = 1110 \text{ кг/см}^2.$$

в) Расчет вертикальных связей 4.

На вертикальные связи передается давление газов в виде равномерно распределенной нагрузки.

Расчетная схема вертикальных связей приведена на рис. 32,з.

Величина расчетной равномерно распределенной нагрузки на 1 м будет

$$q = q^H \cdot n \cdot 1,95 = 40 \cdot 1,3 \cdot 1,95 = 103 \text{ кг/м.}$$

Максимальный изгибающий момент

$$M = \frac{ql^2}{8} = \frac{103 \cdot 2,1^2}{8} = 55,5 \text{ кгм.}$$

Тогда

$$W_x = \frac{M}{R} = \frac{55,5 \cdot 100}{1360} = 4,1 \text{ см}^3.$$

Принимаем по сортаменту прокатной стали равнобокий уголок 50×5 с $J_x = 11,2 \text{ см}^4$; $r_x = 1,53 \text{ см}$.

Напряжения в этом уголке будут равны:

$$\sigma = \frac{M \cdot r_x}{I_x} = \frac{55,5 \cdot 100 \cdot 1,53}{11,2} = 760 \text{ кг/см}^2.$$

Максимальный прогиб в уголке будет

$$f = \frac{5q^H l^4}{384 E J_x} = \frac{5 \cdot 0,78 \cdot 210^4}{384 \cdot 0,86 \cdot 210000 \cdot 11,2} = 0,98 \text{ см} < f_{\text{доп}},$$

где $q^H = \frac{40 \cdot 1,95}{100} = 0,78 \text{ кг/см.}$

Термоизоляция каркаса занавеса. Незащищенный каркас противопожарного занавеса может под действием высоких температур деформироваться, что повлечет проникновение продуктов горения со сцены в зрительный зал со всеми вытекающими отсюда последствиями. Чтобы этого не случилось, каркас металлического занавеса покрывают со стороны сцены теплоизоляцией. Материал теплоизоляции должен быть безусловно негорючим, обладать малым объемным весом и небольшим коэффициентом теплопроводности.

Характеристики некоторых теплоизоляционных материалов, рекомендуемых в качестве изоляции противопожарного занавеса, приведены в таблице.

Характеристика теплоизоляционных материалов*

Наименование термозащиты и ее краткая характеристика	γ в кг/м ³	Коэффициент теплопроводности с учетом поправки на температуру в ккал/м·ч·град	Размеры плиты в мм			Допустимая температура применения в °С
			длина	толщина	ширина	
Совелит (смесь углекислого магния, углекислого кальция —85% и асбеста—15%)	{ 400 350	$\lambda_t=0,071 (1\pm0,00125t_{cp})$ $\lambda_f=0,068 (1\pm0,00126t_{cp})$	500	30, 40, 50	170	500
Вулканит (смесь молотого трепела или диатомита, известня и асбеста с водой)	400	$\lambda_f=0,069 (1\pm0,026t_{cp})$	500	30, 40, 50	170	600
Асбестоцементные плиты	300 400 500	$\lambda_f=0,066 (1\pm0,0016t_{cp})$ $\lambda_t=0,073 (1\pm0,0015t_{cp})$ $\lambda_f=0,079 (1\pm0,0014t_{cp})$	1000	30	500	450
Асбестовермикулитовые плиты (гиромасса, состоящая из обожженного вермикулита, асбеста и связующих веществ)	200 250 300	$\lambda_t=0,061 (1\pm0,0028t_{cp})$ $\lambda_f=0,065 (1\pm0,00276t_{cp})$ $\lambda_t=0,071 (1\pm0,00268t_{cp})$	1000	30, 40, 50	500	600
Керамические перлитовые плиты	200 250	$\lambda_f=0,06\pm0,00014t_{cp}$ $\lambda_t=0,07\pm0,00014t_{cp}$	500	30, 40, 50	500	800
Маты и полосы из стекляного волокна (прошпиганные асбестовой или стеклянной нитью полосы стекловолокон)	От 100 до 200	$\lambda_f=0,034 (1\pm0,00883t_{cp})$	1000—3000	10—30	200—750	450

* Таблица составлена на основании данных каталога «Теплоизоляционные материалы и изделия», Госстройиздат, 1957.

Как видно из таблицы, преимуществами должны пользоваться вермикулитовые и перлитовые изделия.

Вермикулит представляет собой высокогидратизированный алюмосиликат магния, который образовался в результате выветривания слюд. Замечательным свойством вермикулита является способность его частиц вспучиваться — превращаться при нагревании в червеобразные гранулы. Незначительное увеличение объема вермикулита начинается при нагревании до 160—200°C, а максимальное вспучивание происходит при 700—1100°C, при этом размер частиц увеличивается в 20—25 раз. Вспучивается вермикулит в результате того, что содержащаяся в нем вода, превращаясь при нагревании в пар, расслаивает частицы вермикулита на отдельные пластинки — чешуйки. Температура плавления вермикулита 1400°C.

Перлитом называются изверженные кремнеземистые горные породы, состоящие из вулканического стекла с включением полевых шпатов, кварца, биотита и других минералов. В составе перлитового сырья находится вода, она растворена в твердой стекловидной массе. Этим и объясняется основное технологическое свойство перлитов — способность вспучиваться при высоких температурах¹.

Как отмечалось в таблице, теплоизоляционные материалы изготавливаются в виде плит. Эти плиты крепятся к волнистой стали, которая в свою очередь крепится к каркасу занавеса. Для того чтобы исключить влияние швов между плитами на нагрев каркаса, приходится плиты покрывать штукатуркой, обладающей хорошими теплоизоляционными качествами. Общий вид термоизоляции занавеса представлен на рис. 33.

Существенное значение при проектировании теплоизоляции имеет правильный выбор ее толщины, которая зависит от теплотехнических показателей теплоизоляции, расчетной температуры на сцене в условиях возможного пожара, допустимой температуры на поверхности каркаса и продолжительности нагрева. В настоящее время задают следующие условия прогрева. Температура на сцене принимается равной 900°, а температура на поверхности каркаса не должна превышать 200° через

¹ Подробные сведения о вермикулите и перлите см. Кальянов Н. Н., А. Н. Мерзляк. Вермикулит и перлит. Стройиздат, 1961.

1 ч и 400° через 3 ч с момента начала нагрева. Задание двух допустимых температур на поверхности каркаса обуславливается следующими обстоятельствами. Каркас представляет собой жесткую пространственную конструкцию. При неравномерном нагреве каркаса в отдельных его элементах будут появляться температурные напряжения, которые могут привести к деформации за-

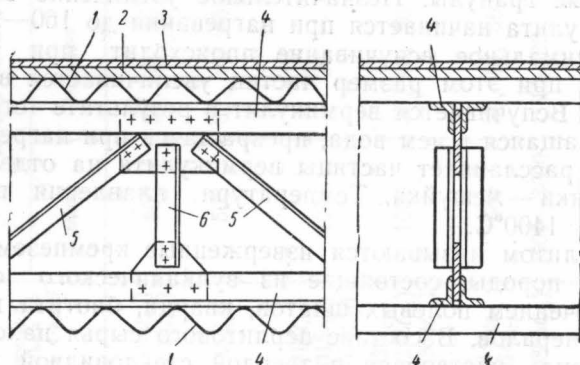


Рис. 33. Термоизоляция занавеса

1 — волнистая сталь; 2 — совелитовые плиты; 3 — асбодиа-
томовая штукатурка; 4 — пояс горизонтальной балки-фермы;
5 — подкос; 6 — стойка

навеса. Вообще говоря, для жестко заделанных металлических элементов критической температурой является 100°. При этой температуре уже возможны напряжения, равные пределу текучести стали. Однако нормы несколько ослабляют требования и задают температуру 200°. Что касается температуры 400°, то она в данном случае не является характерной. При коэффициентах запаса прочности, принятых для каркаса, вполне можно задаться критической температурой на его поверхности, равной 500—550°.

Продолжительность нагрева, равная трем часам, принята в соответствии с пределом огнестойкости стен и колонн сценического комплекса, который тоже в данном случае равен трем часам.

Имея исходные данные, задаются толщиной изоляции, а затем расчетным путем определяют предел огнестойкости противопожарного занавеса. Под понятием предел огнестойкости в данном случае подразумевается

время, по истечении которого (при температуре пожара на сцене равной 900°) каркас занавеса прогреется до температуры 200° .

Теплотехнический расчет огнестойкости противопожарного занавеса. Для расчета времени прогрева теплоизоляции противопожарного занавеса удобно воспользоваться методом конечных разностей, который является универсальным при решении задач нестационарной теплопроводности. Как известно, процесс передачи тепла теплопроводностью в твердом теле характеризуется дифференциальным уравнением Фурье.

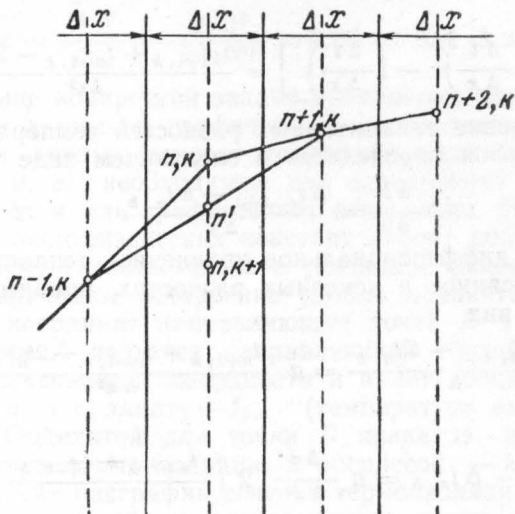


Рис. 34. Иллюстрация к методу конечных разностей

В связи со сложностью решения дифференциального уравнения оно заменяется уравнением в конечных разностях. С этой целью ограждение или любое другое тело разделяют на некоторое число слоев толщиной Δx (рис. 34), которые обозначены индексами $(n-1)$, n , $n+1$. . . При этом непрерывная кривая линия, характеризующая распределение температур при нестационарном режиме, заменяется ломаной линией. Предполагается также, что время изменяется не непрерывно, а малыми интервалами Δt , которые обозначаются индексами k , $(k+1)$, $(k+2)$ и т. д. Тогда символ $t_{n,k}$ обозначает температуру n -го слоя в течение интервала време-

ни k . Как видно из рис. 34, в точке пересекаются два отрезка температурной кривой, имеющие разные наклоны, соответственно двум значениям отношения элементарных разностей температуры и длины:

$$\left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_{+} = \frac{t_{n+1,k} - t_{n,k}}{\Delta x};$$

$$\left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_{-} = \frac{t_{n,k} - t_{n-1,k}}{\Delta x}.$$

Для соответствующего отношения второго порядка имеем

$$\frac{1}{\Delta x} \left[\left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_{+} - \left(\frac{\Delta t}{\Delta x}\right)_{-} \right] = \frac{t_{n+1,k} + t_{n-1,k} - 2t_{n,k}}{\Delta x^2}.$$

Отношение элементарных разностей температуры во времени слоя определится в следующем виде

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = \frac{\Delta t_{n,k+1} - \Delta t_{n,k}}{\Delta \tau}.$$

Тогда дифференциальное уравнение теплопроводности, написанное в конечных разностях, принимает следующий вид

$$\frac{\Delta t_{n,k+1} - \Delta t_{n,k}}{\Delta \tau} = a \frac{t_{n+1,k} + t_{n-1,k} - 2t_{n,k}}{\Delta x^2}$$

или

$$\Delta t_{n,k+1} - \Delta t_{n,k} = a \frac{\Delta \tau}{\Delta x^2} 2 \left(\frac{t_{n+1,k} + t_{n-1,k}}{2} - t_{n,k} \right),$$

где a — коэффициент температуропроводности в $m^2/ч$.

Выражение в скобках в правой части дается на рис. 34 отрезком между точками n' и (n, k) , причем n' лежит на линии, соединяющей точки $(n+1, k)$ и $(n-1, k)$. Разность в левой части уравнения представляет собой изменение температуры в точке (n, k) за промежуток времени $\Delta \tau$. Таким образом, эта разность согласно последнему уравнению пропорциональна расстоянию от (n, k) до n' .

Множитель пропорциональности равен $2 a \frac{\Delta \tau}{\Delta x^2}$.

Если бы удалось обратить этот множитель в единицу, то точка $n, k+1$ переместилась бы непосредственно в точку n' и тогда описываемый графический метод стал бы значительно проще. Этого можно добиться благода-

ря свободе выбора интервалов Δx и $\Delta \tau$. Для того чтобы множитель пропорциональности был равен единице, нужно придерживаться соотношения

$$\Delta \tau = \frac{\Delta x^2}{2a}.$$

Если например, рассматривается термоизоляция занавеса толщиной 5 см, то в соответствии с точностью графического метода ее можно разделить на пять слоев и получить $x=0,01$ м.

Тогда:

$$\Delta \tau = \frac{\Delta x^2}{2a} = \frac{0,01^2}{2 \cdot 0,001} = 0,05 \text{ ч, или } 3 \text{ мин.}$$

Решение конкретной задачи начинают с определения исходных данных и графического построения. К числу исходных данных относят теплофизические константы (λ , c , γ , a , α), необходимые для определения отрезков времени $\Delta \tau$ и для графического построения. При определении теплофизических констант вносят поправку на температуру в соответствии с указанной ранее методикой. Графическое построение удобно начинать с определения координат направляющих точек A и B (рис. 35). Точка A является направляющей точкой со стороны обогреваемой поверхности и имеет абсциссу, равную $\lambda_t : \alpha$, а ординату — $t_{в.с}$ (температура внутренней среды). Ординатой для точки B является начальная температура термоизоляции, а абсциссой — $\lambda : \alpha$. В начале наносят на график сечение термоизоляции в определенном масштабе и направляющие точки. Абсциссы точек A и B откладывают в масштабе толщины термоизоляции. Далее определяют толщину слоев Δx и проводят вспомогательные линии MN на расстоянии $\Delta x : 2$ от поверхности изоляции. Значение $\Delta x : 2$ не должно быть больше абсциссы точки A . Начальное распределение температуры в термоизоляции принимают в виде прямой линии $0, 1, 2, 3$ (рис. 35) (для упрощения иллюстрации термоизоляция разделена на три слоя). По выбранному значению Δx и коэффициенту температуропроводности вычисляют величину промежутка времени $\Delta \tau$ и для каждого отрезка времени строят график распределения температур. Вначале соединяют направляющую точку A с точкой O и на пересечении с вспомогательной линией MN получают точку a . Далее соединяют точку a с точкой 2 и получают точки 1^1 и 2^1 , а со-

единив точку 1^1 с точкой A , получают точку a^1 . Соединив точки 1 с 3 и 2 с 0 получают соответственно точки 2^1 и 3^1 . Распределение температур за первый отрезок времени $\Delta\tau^1$ таким образом, выражено ломаной линией

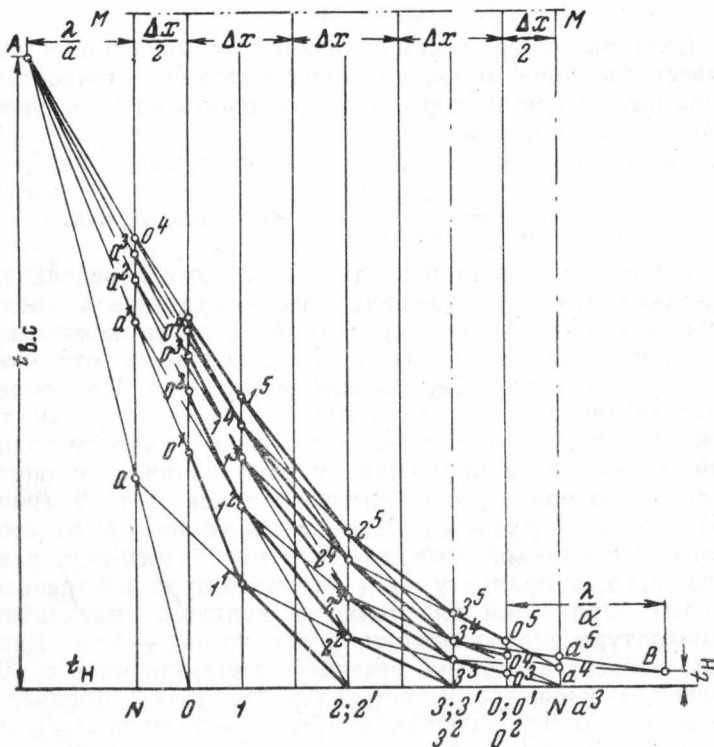


Рис. 35. Схема построения графика изменения температуры по методу конечных разностей

$0^1, 1^1, 2^1, 3^1, 0^1$. Полученная ломаная линия принимается за начальную линию распределения температур и построение повторяют. Соединяют точку a^1 с 2^1 , 1^1 с 3^1 , 2^1 с 0^1 , а 3^1 с B , получают $0^2, 1^2, 3^2, 0^2$ и т. д., а затем соединяют 1^2 с A и получают a^2 . Найденные точки с индексом 2 соединяют и получают линию распределения температур для второго отрезка времени. Следуя этому методу, мы получаем возможность представить процесс распределения температур в любой момент времени путем нанесения прямых линий. Отдельные

графики распределения температур при дальнейшем построении настолько сближаются, что чертеж становится неясным. В этих случаях положение исправляют тем, что начиная с некоторой кривой, удваивают толщину слоя Δx . Из условия для определения множителя пропорциональности следует, что временные интервалы Δt при этом увеличиваются в четыре раза.

В приведенном примере коэффициенты теплоотдачи и тепловосприятости приняты за величины постоянные. Этот же расчет можно производить для различных значений α , соответствующих различным температурам среды и поверхностей термоизоляции.

Построение графиков прогрева термоизоляции продолжают до повышения температуры на ее необогреваемой поверхности до 200° или до наступления нестационарного теплового режима. После этого определяют предел огнестойкости противопожарного занавеса по формуле (9):

$$П = n \frac{\Delta x^2}{2a}, \quad (9)$$

где n — количество ломаных линий, соответствующее наибольшему номеру индекса у температурных точек;

Δx — толщина слоя в м;

a — коэффициент температуропроводности в $\text{м}^2/\text{ч}$.

В тех случаях, когда при построении толщина слоев изменялась, предел огнестойкости определяют по формуле (10).

$$П = n_1 \frac{\Delta x_1^2}{2a} + n_2 \frac{\Delta x_2^2}{2a} + \dots + n_n \frac{\Delta x_n^2}{2a}. \quad (10)$$

В данном случае индексы при n и Δx обозначают количество ломаных линий на графике, полученных при данной толщине слоя термоизоляции.

Требования пожарной безопасности удовлетворены, если пределы огнестойкости занавеса будут равны или больше часа. Если расчет показал, что это требование не выполнено, нужно увеличить толщину термоизоляции и повторить расчет.

Пример.

Проверить соответствие требованиям пожарной безопасности слоя термоизоляции противопожарного занавеса при следующих исходных данных.

Толщина термоизоляции — 4 см.

$$\lambda_t = 0,071 (1 + 0,0012 t) \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град};$$

$$\gamma = 400 \text{ кг/м}^3;$$

$$c_t = 0,2 + 0,0001 t \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}.$$

Температура на сцене при пожаре $t_{в.с} = 900^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплообмена со стороны обогреваемой поверхности термоизоляции $\alpha = 50 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

Коэффициент теплообмена со стороны необогреваемой поверхности термоизоляции $\alpha = 16 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$.

Решение.

1) Вычисляем коэффициент теплопроводности и удельную теплостойкость изоляции с учетом поправок на температуру.

Принимая среднюю температуру термоизоляции, равной 500°C , имеем.

$$\lambda_t = 0,071 (1 + 0,0012 t) = 0,1136 \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град};$$

$$C_t = 0,2 + 0,0001 \cdot 500 = 0,25 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}.$$

2) Вычисляем коэффициент температуропроводности:

$$a = \frac{\lambda_t}{C_t \gamma} = \frac{0,1136}{0,25 \cdot 400} = 0,001136 \text{ м}^2/\text{ч}.$$

3) Определяем координаты направляющей точки А. Ордината направляющей точки равна температуре среды 900° , а абсцисса $\lambda : \alpha = 0,1136 : 50 = 0,0022 \text{ м}$, или $2,2 \text{ мм}$.

4) Определяем координаты направляющей точки В. Ордината направляющей точки В равна 20° , а абсцисса

$$\lambda : \alpha = 0,1136 : 16 = 0,007 \text{ м или } 7 \text{ мм}.$$

5) Определяем отрезки времени $\Delta\tau$. Принимаем толщину слоев $\Delta x_1 = 0,004 \text{ м}$, $\Delta x_2 = 0,008 \text{ м}$, соответственно получим:

$$\Delta \tau_1 = \frac{\Delta x_1^2}{2a} = \frac{0,004^2}{2 \cdot 0,001136} = 0,007 \text{ ч, или } 0,42 \text{ мин}.$$

$$\Delta \tau_2 = \frac{\Delta x_2^2}{2a} = \frac{0,008^2}{2 \cdot 0,001136} = 0,028 \text{ ч, или } 1,68 \text{ мин}.$$

Графическое построение проводится до наступления стационарного теплового режима.

Распределение температур при стационарном режиме описывается прямой, соединяющей направляющие точки А и В.

При построении графика максимальная температура на необогреваемой поверхности оказалась равной 145° , что меньше 200° . При этом время, по истечении которого изоляция прогрелась до температуры 145° , равно 35 мин (в связи со сложностью графического оформления построение не приведено).

Так как при этом наступил стационарный режим, дальнейшего повышения температуры не произойдет. Следовательно, изоляция отвечает требованиям норм.

Для сопоставления результатов графоаналитического и аналитического методов вычислим температуру на необогреваемой поверхности термоизоляции для условий стационарного теплового режима:

$$t_x = t_{в.с} - (t_{в.с} - t_n) \frac{R_x}{R_0};$$

$$t_x = 900 - (900 - 20) \frac{\frac{1}{50} + \frac{0,04}{0,1136}}{\frac{1}{50} + \frac{0,04}{0,1136} + \frac{1}{16}} \approx 150^\circ \text{C}.$$

Как видно, результаты графического и аналитического расчетов дали хорошее совпадение.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава I. Защита мелких отверстий в противопожарных преградах	5
1. Причины распространения пожаров	—
2. Защита стыков и швов в противопожарных стенах	9
3. Защита отверстий при пропуске электрических кабелей	13
4. Защита отверстий при прокладке трубопроводов	18
5. Защита проемов при пропуске конвейерных устройств	20
6. Защита отверстий для пропуска валов	26
Глава II. Защита дверных проемов	29
7. Классификация противопожарных дверей	—
8. Сгораемые двери	30
9. Трудногораемые двери	33
10. Несгораемые двери	38
11. Искробезопасные двери	43
12. Способы навески дверей и механизмы их самозакрывания	44
13. Дымонепроницаемость дверных проемов	50
14. Тамбуры (плюзы)	53
15. Водяные завесы	56
16. Защита оконных проемов	62
17. Противопожарный занавес	63

Губин В. М., Кудаленкин В. Ф., Ройтман М. Я.

ЗАЩИТА ПРОЕМОВ В ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ПРЕГРАДАХ

Стройиздат

Москва, Третьяковский проезд, д. 1

Оформление художника К. А. Павлинова

Научный редактор Ф. А. Аммосов

Редактор издательства О. С. Горбачева

Технический редактор К. Е. Тархова

Корректор Л. П. Атавина

Сдано в набор 18/III 1966 г.	Подписано к печати 27/IV 1966 г.
Т-10654 Бумага 84×108 ¹ / ₃₂ — 1,25 бум. л.	4,2 усл. печ. л. (уч.-изд. 4,19 л.).
Тираж 10.000 экз.	Изд. № АУVI-9807 Зак. № 153 Цена 22 коп.

Подольская типография Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

О п е ч а т к и

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
41	23-я сверху	30 мм	80 мм
66	14-я снизу	109 кг/м	109 кг/м
77	15—16-я сверху	нестационарного	стационарного

Зак. 153