

П 1:38

А 47

МОСОВ

М.Я. РОЙТМАН

Н.А. ТАРАСОВ-АГАЛАКОВ

# **ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ**



Ф. А. АММОСОВ,  
М. Я. РОЙТМАН,  
Н. А. ТАРАСОВ-АГАЛАКОВ

П.1:38  
А47

# ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ

82675-



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ  
Москва—1965

В книге излагаются вопросы пожарной профилактики при внутренней планировке бесфонарных зданий.

Особое внимание уделяется определению площади противопожарных отсеков, протяженности путей эвакуации, а также разделению производственных процессов с различной пожарной опасностью.

Рассматриваются также методика расчета дымовых и взрывных люков, варианты устройства дымовых шахт и взрывных панелей и также стационарные системы тушения пожаров.

Книга рассчитана на работников проектных организаций и практических работников пожарной охраны.

## СПЕЦИФИКА БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ

### Введение

Бесфонарными зданиями принято называть здания с глухими стенами и совмещенными покрытиями, полностью или частично лишенные естественного освещения, естественной вентиляции (аэрации), заменяемой приточно-вытяжной механической вентиляцией (рис. 1). Бесфонарные здания проектируются и строятся больших размеров. Отличительной особенностью таких зданий является то, что в них создается строго определенный микроклимат, необходимый для ведения технологического процесса.

За последнее время здания бесфонарного типа нашли применение в текстильной, электронной и других отраслях промышленности. Их применение вызвано спецификой технологических процессов.

### 1. СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ

Бесфонарные здания в плане обычно имеют прямоугольную форму (с сеткой колонн  $12 \times 18$ ,  $12 \times 24$  и  $24 \times 24$  м). Площадь их достигает десятков тысяч квадратных метров.

В бесфонарных зданиях условно можно выделить производственную, складскую и административно-бытовую зоны.

В состав производственной зоны могут входить самые различные помещения, полностью зависящие от типа предприятия. В данном случае нет необходимости приводить длинный перечень производственных помещений, которые присущи, например, текстильному или другому предприятию. В производственной зоне одного



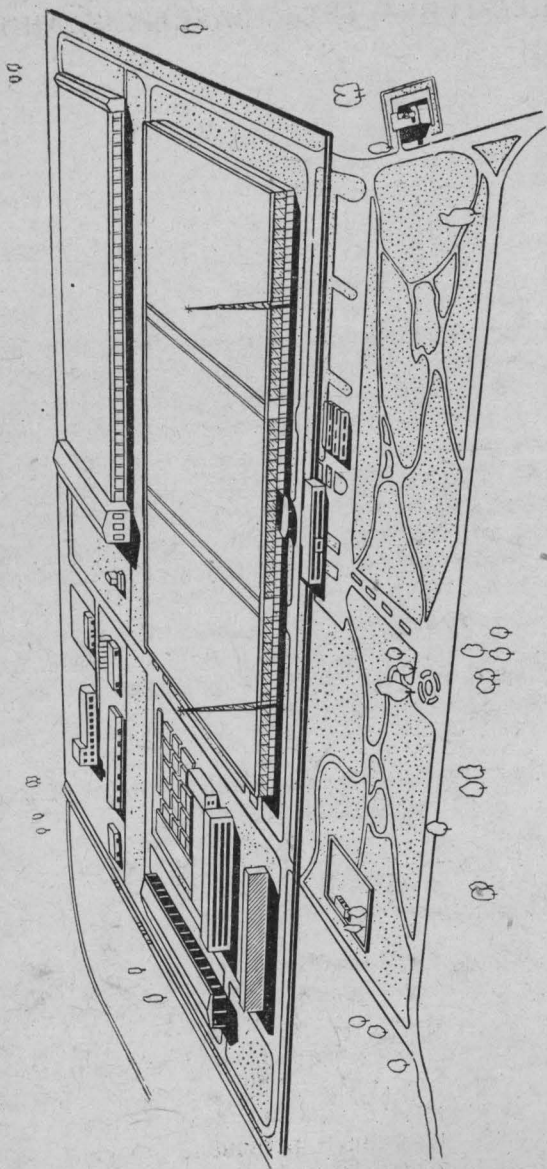


Рис. 1. Общий вид бесфонарного здания

бесфонарного здания могут размещаться предприятия как связанные, так и не связанные технологическим процессом производства. Возможны и такие компоновки, когда в одном бесфонарном здании размещают прядильное, ткацкое и пошивочное предприятия.

Производственные зоны в основном решаются одноэтажными с техническими чердаками и без них, с подвалами и без подвалов и отделяются они от других зон неогороженными стенами. Производственные помещения разделяются на участки стенами и перегородками, исходя из технологических соображений и требований пожарной безопасности.

Планировка производственной зоны бесфонарного здания имеет ту особенность, что помещения предусматриваются большой площади в форме правильных замкнутых прямоугольников со строгой ориентацией оборудования и проходов по отношению стен, эвакуационных выходов, проездов.

В состав складской и административно-бытовой зон входят помещения, в основном одинаковые по составу и назначению для каждой зоны. Склады готовой продукции, как правило, размещаются у торцовых стен производственного корпуса и отделяются от других помещений противопожарными стенами.

Административно-бытовая зона, как правило, устраивается многоэтажной, размещается на главном фасаде по длинной стороне бесфонарного здания и примыкает к производственной зоне. От производственной зоны она отделяется стенами.

В зданиях больших площадей ( $360 \times 288$  м), в связи со значительной удаленностью рабочих мест, а также по санитарным требованиям, бытовые помещения могут приближаться к рабочей зоне и располагаться в двух и более местах.

## **2. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ**

Бесфонарные здания, как правило, проектируются каркасного типа. Колонны принимаются сборные, железобетонные; стены — из самонесущих или навесных панелей размером  $1800 \times 6000 \times 280$  мм; совмещенные покрытия из железобетонных настилов (плит) по железобетонным фермам.

Особый интерес в бесфонарных зданиях представляют подвесные потолки. Проектными институтами разработано много вариантов подвесных потолков в соответствии с требованиями в различных отраслях промышленности.

Для предприятий легкой (текстильной) промышленности они должны обеспечивать:

эффективное кондиционирование воздуха в производственных помещениях; благоприятные условия общего освещения; возможность прокладки воздуховодов; удобство обслуживания освещения и воздуховодов; противопожарную безопасность.

Подвесные потолки для предприятий электроники наряду с удовлетворением требований, предъявляемых к потолкам предприятий текстильной промышленности, должны обеспечивать также герметизацию «чистых» цехов, создание гладкой, легкообеспыливаемой поверхности.

Перечисленные требования, анализ проектной документации, а также изучение выполненных в натуре подвесных потолков в бесфонарных зданиях текстильных предприятий и предприятий искусственного волокна дают основание сделать вывод о том, что речь идет не о «подвесных потолках», а об обычных междуэтажных чердачных перекрытиях, рассчитанных на малые нагрузки. С точки зрения противопожарных требований указанные перекрытия должны быть несгораемыми.

Для таких условий наиболее приемлемы перекрытия по железобетонным балкам, разработанные Моспром-проектом.

Перекрытие состоит из сборных железобетонных панелей (двух типов — глухих и с отверстиями для светильников) размером  $2 \times 6$  м, укладываемых ребрами вверх на нижние полки предварительно напряженных железобетонных балок пролетом 12 м. Балки через 6 м опираются на нижние узлы ферм. Это решение получило практическое применение на строительстве нескольких корпусов текстильных предприятий.

Киевским институтом Промстройпроект разработан ряд вариантов перекрытий технических этажей, конструкция которых удовлетворяет требованиям пожарной безопасности.

В бесфонарных зданиях могут встретиться различные варианты подвесных потолков. В настоящее время

ЦНИИПромзданий и Каунасский Промстройпроект разрабатывают конструкции облегченных подвесных потолков. Особенностью такого потолка является то, что по нему не разрешается передвижение людей. Для этой цели предусматриваются специальные железобетонные мостики, опирающиеся на нижний пояс железобетонных балок.

В этом случае подвесной потолок устраивается из асбестоцементных панелей, укладываемых на покрытия металлического каркаса из легких профилей, прикрепленным к конструкциям.

Возможен вариант и такой, когда асбестоцементные или другие эффективные негоряемые плиты крепятся (подвешиваются) непосредственно к конструкциям покрытия. В обоих случаях обязательным условием является огнезащита подвесок и узлов крепления подвесок с плитами и каркасом. Оба варианта облегченных подвесных потолков обладают достаточным пределом огнестойкости и в перспективе могут найти широкое применение при строительстве бесфонарных зданий.

### **3. ОСОБЕННОСТИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЯХ**

Анализируя пожарную опасность бесфонарных зданий с различными технологическими процессами производства текстильной, химической, деревообрабатывающей промышленности, можно убедиться в том, что наряду со спецификой, присущей каждому из них, имеются и общие характерные для всех зданий особенности пожарной опасности, которые обуславливаются:

большой удельной загрузкой помещений сгораемыми материалами. В текстильной промышленности загрузка на 1 м<sup>2</sup> площади пола в отдельных помещениях достигает до 45 кг, а в деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной до 100 кг и более;

наличием значительных площадей помещений со сгораемыми материалами, которые, особенно на текстильных предприятиях, находятся в разрыхленном состоянии с довольно развитой активной поверхностью горения;

значительной скоростью выгорания веществ и распространения пламени по поверхности материалов. По данным ЦНИИПО и Московской пожарно-испытательной

станции скорости выгорания вязкого шелка составляют  $62,5 \text{ кг/м}^2/\text{ч}$ ; ацетатного шелка  $68 \text{ кг/м}^2/\text{ч}$ , хлопчатобумажной ткани  $43 \text{ кг/м}^2/\text{ч}$ , капрона  $27,8 \text{ кг/м}^2/\text{ч}$ .

В Советском Союзе не зарегистрированы случаи крупных пожаров в бесфонарных зданиях, поэтому еще не накоплено достаточного опыта по их тушению. Вместе с тем ряд происшедших мелких загораний, а также опыты, проведенные в бесфонарных зданиях текстильной промышленности в гг. Москве, Иванове, Балакове, Волжском, показывают, что при пожарах в этих зданиях создается довольно сложная обстановка, которая характеризуется следующими факторами:

чрезвычайно интенсивным развитием процесса горения в начальной стадии его возникновения. Это объясняется значительным объемом помещений и достаточным количеством кислорода воздуха для поддержания горения. Интенсивность процесса горения снижается по мере заполнения объема продуктами горения и увеличения давления газов;

быстрым движением тепловых потоков во всех направлениях и особенно в направлении открытых проемов;

созданием высокой температуры во всем объеме помещения. На уровне  $1,5 \text{ м}$  от пола температура  $60\text{--}70^\circ \text{C}$ , являющаяся опасной для жизни человека, наступает по истечении  $1,5\text{--}2 \text{ мин}$  с момента возникновения пожара;

большой задымленностью горящего и смежных с ним помещений и в связи с этим плохой видимостью;

наличием продуктов неполного сгорания материалов и веществ с образованием концентраций окиси углерода, опасных для человека, во многих производствах, связанных с применением полимерных материалов, с образованием токсичных продуктов;

длительностью пожаров. В этом отношении пожары в бесфонарных зданиях аналогичны (по длительности) пожарам в зданиях холодильников.

Пожарная опасность и обстановка на пожаре в бесфонарном здании, кроме этого, усугубляются сложностью объемно-планировочных решений, наличием замкнутых объемов, большой площадью помещений и протяженностью путей эвакуации, концентраций значительного количества сгораемого сырья и готовой продукции, а также трудностью продвижения к очагу горения.

Сложная обстановка при пожарах в бесфонарных зданиях определяет и ряд особенностей при их тушении



по сравнению с установившимися способами тушения пожаров в производственных зданиях промышленных предприятий.

На основе анализа о происшедших загораниях и проведенных опытов в бесфонарных зданиях можно сделать следующие предварительные выводы.

Активная работа по тушению пожаров в бесфонарных зданиях немыслима без четкого представления о сложившейся обстановке. Для выявления обстановки в таких зданиях приходится преодолевать расстояния до 300—400 м. В условиях сильной задымленности, высокой температуры, ограниченной видимости, множества различных преград на пути (перегородки, оборудование и т. д.) пройти такой путь весьма трудно.

Для более эффективной разведки пожара является целесообразным делать следующее:

помещение, в котором произошел пожар, разбить на участки и на каждый участок направить разведывательную группу, возглавлять которую должен руководитель боевого участка;

увеличить состав разведывательной группы до 4—5 человек и направить по возможности по кратчайшему расстоянию, предварительно разработав маршрут их движения;

организовать и выставить посты безопасности из опытных пожарных, на которые следует возложить подержание постоянной связи с разведывательными группами при помощи телефона или радио.

Учитывая, что в бесфонарных зданиях работает, как правило, большое количество людей, многих из них, вероятно, необходимо будет спасать и эвакуировать. Для этого следует заблаговременно создать резерв личного состава с кислородно-изолирующими аппаратами.

Для тушения пожаров необходимо применять мощные водяные стволы (литер А или лафетные стволы), используя их на решающем направлении, так как особенностью пожаров в бесфонарных зданиях является то, что очаги пожаров могут быть удалены от наружных стен на 200—300 м и применение маломощных стволов не даст эффекта при тушении.

Для дотушивания очагов горения целесообразнее всего применять стволы-распылители и использовать смачиватели.

Принимая во внимание тяжелые условия работы по тушению пожара в бесфонарном здании и длительность пожара, необходимо создать резерв личного состава для подмены работающих в здании.

При тушении пожаров в бесфонарных зданиях большое значение имеет правильная организация службы связи, освещения места пожара, а также оперативных подразделений с кислородно-изолирующими аппаратами.

Для инструктажа личного состава, работающего в кислородно-изолирующих аппаратах, учета количества людей и продолжительности их работы внутри здания, создания резерва кислородных баллонов и регенеративных патронов следует организовывать контрольно-пропускные пункты.

В целях удобства ориентации в помещениях основные пути движения пожарных к очагу прокладки рукавных линий и эвакуации должны быть освещены. Направление к выходам целесообразно обозначить указателями со стрелой «Выход», которые следует устанавливать на видных местах и освещать электрофонарями или прожекторами.

В сильно задымленных помещениях через каждые 40—50 м необходимо выставлять посты-ориентиры, оснащенные сильными световыми источниками.

Важным условием успешного тушения пожара является удаление дымовых газов и снижение температуры в помещениях. Для управления дымовыми люками необходимо назначать специальную группу людей, которая должна работать под непосредственным наблюдением руководителя тушения пожара.

При тушении пожара особое внимание должно быть уделено технике безопасности, так как возможны случаи отравления личного состава и обрушения строительных конструкций на больших площадях. Для предупреждения отравления личного состава большая ответственность возлагается на контрольно-пропускные пункты, о которых говорилось ранее. Что же касается предупреждения несчастных случаев от обрушения строительных конструкций, то руководителю тушения пожара надо обязательно выделить наблюдателей за поведением конструкций по внешним признакам, характеризующим их (прогиб, трещины), а также при возможности наблюдение за температурным режимом пожара.



В данной главе были изложены общие сведения о бесфонарных зданиях, об особенностях их планировки, конструкциях. Даны некоторые понятия о пожарной опасности и специфике тушения возможных загораний и пожаров в бесфонарных зданиях.

В последующих главах подробно излагаются вопросы пожарной профилактики, осуществляемые в процессе разработки проектов бесфонарных зданий.

В некоторых вопросах авторы сочли возможным отклониться от требований пожарной безопасности, принятых в нормах, и на основе опытов и изучения пожаров в производственных зданиях предложить другие мероприятия.

Эти мероприятия не являются обязательными и могут быть использованы проектными и другими организациями по их усмотрению.

---

## ПОЖАРНАЯ ПРОФИЛАКТИКА ПРИ ВНУТРЕННЕЙ ПЛАНИРОВКЕ БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ

### 1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ

При проектировании бесфонарных зданий предусматривают такие планировочные и конструктивные решения, которые снижают их пожарную опасность и обеспечивают безопасную эвакуацию людей.

Покажем это на некоторых принципах планировки. Для того чтобы возник пожар, нужно иметь два основных компонента: горючую среду (воздух плюс горючее вещество) и тепловой источник достаточной мощности. В производственных условиях имеются различные процессы. Одни из них связаны преимущественно с обращением горючих веществ, а другие — с тепловыми источниками. Часто в одном и том же процессе могут быть и горючая среда и тепловые источники. При планировке зданий следует предусматривать такие решения, при которых разделялись бы процессы с тепловыми источниками от процессов, связанных с обращением горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, газов и твердых веществ, а также разделялись бы производства, различные по пожарной опасности и функциональному назначению.

Так, например, термические цехи, печи кузнечные, сварочные, сушильные и т. п. процессы, относимые по пожарной опасности к категории Г, следует отделять от производств, относимых по пожарной опасности к категории А, Б и В.

Такой архитектурно-планировочный прием уменьшает вероятность возникновения пожара.

Значительное место в бесфонарных зданиях занимают

установки по кондиционированию воздуха и другие помещения административно-бытового назначения. Как правило, они размещаются по периметру здания и должны быть также изолированы от производственных операций по соображениям пожарной безопасности и санитарно-гигиенического характера.

Строительные нормы и правила ограничивают протяженность пристроек по соображениям санитарно-технического характера. Это ограничение является также правоммерным по соображениям пожарной безопасности. По существующим нормам 50% периметра наружных стен в зданиях с производствами категории А и Б не должно застраиваться. При этом желательно у наружных стен размещать наиболее опасные производства. Это же требование следует распространить на производства, относимые по пожарной опасности к категории В.

Тушение пожаров в подвалах затрудняется в связи с их быстрым задымлением и невозможностью проникнуть в эти подвалы с соответствующими средствами тушения. В бесфонарных зданиях подвалы представляют особую опасность. Поэтому размещение взрывоопасных производств в подвалах, безусловно, недопустимо. В остальных случаях использование подвальных помещений для производственных нужд разрешается при наличии специальных обоснований и принятии необходимых мер противопожарной защиты.

Для обеспечения успешного тушения пожара в подвалах площадью более 3000 м<sup>2</sup> их разделяют на отдельные отсеки коридорами шириной не менее 2 м или стенами. Ширина каждого отсека не должна превышать 30 м. Каждый отсек и коридор должны иметь непосредственный выход наружу или в лестничную клетку.

С точки зрения успешного тушения пожара одноэтажные здания являются предпочтительными. При необходимости, по условиям технологического процесса, проектировать многоэтажные здания, взрывоопасные операции следует размещать в верхних этажах. При этом необходимо выполнение целого ряда других конструктивно-планировочных решений, направленных к предупреждению и локализации пожара.

Архитектурно-планировочными решениями представляется возможность не только снизить вероятность возникновения пожара, но и ограничить его распространение, уменьшить возможный ущерб от пожара и

обеспечить успешную работу пожарных. Это достигается, например, путем разделения производственного здания на отсеки и секции по признаку возможности тушения однородными средствами, находящихся в них веществ, а также созданием других условий для успешного тушения пожара.

Все приведенные выше рекомендации по планировке бесфонарных зданий показывают, что существенное место в работе архитектора должны занимать вопросы противопожарной защиты.

## 2. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ ОТСЕКИ

При определении размеров бесфонарных зданий или помещений учитывают их оборудование стационарными средствами тушения пожара, а также возможности пожарных команд потушить пожар в пределах запроектированных зданий.

Установлено, что размеры помещений, а следовательно, и размеры возможного пожара должны находиться в соответствии с возможностями пожарной охраны по его тушению с наименьшим ущербом для народного хозяйства.

В тех случаях, когда это соответствие не соблюдается, т. е., когда сил пожарной охраны недостаточно, для того чтобы потушить пожар из-за его больших размеров, наносится большой ущерб.

Примером в этом отношении является пожар в мастерских одного из заводов американской фирмы General Motors в 1953 г.

Размер мастерских в плане составлял  $532 \times 263$  м с общей площадью 140 000 м<sup>2</sup>.

Убыток от этого пожара составил 50 000 000 долларов и явился следствием того, что размеры здания не находились в соответствии с его противопожарным оборудованием. Особое значение приобретает членение бесфонарных зданий на противопожарные отсеки, учитывая их большие размеры и трудности по тушению возможного пожара.

Наибольший объем зданий, ограниченный противопожарными преградами, в пределах которого может быть достигнуто успешное тушение пожара, называется противопожарным отсеком.

Рассмотрим нормативные данные о площади противопожарных отсеков бесфонарных зданий, а также данные о площади отсеков, полученные расчетным путем с учетом возможностей пожарной охраны по тушению пожара.

### 3. НОРМИРОВАНИЕ ПЛОЩАДИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ

При нормировании площади противопожарных отсеков исходили, главным образом, из необходимости создания больших площадей, чтобы не ограничивать свободы действий проектантов при размещении производственных процессов большой производительности. При этом учитывалось, что бесфонарные здания проектируются, как правило, не ниже второй степени огнестойкости и что они оборудованы автоматическими средствами тушения пожара. В этой связи следует напомнить основные указания норм в части оборудования бесфонарных зданий средствами автоматического тушения. Согласно СНиП \* II-М.2-62 во всех зданиях без фонарей шириной более 60 м с производствами категорий А, Б и В надлежит предусматривать автоматические средства тушения пожара. Отсутствие автоматических средств тушения допускается лишь в двух случаях.

Для производств категории В с мокрыми процессами и при небольшой загрузке на 1 м<sup>2</sup> рабочей площади горючими веществами.

Вопрос о возможности проектирования бесфонарных зданий без автоматических средств тушения решается в этом случае по согласованию с органами Госпожнадзора.

Если помещения с производствами, относимыми по степени пожарной опасности к категориям А и Б, опасны только в отношении взрыва газовых смесей и если в этих помещениях отсутствуют сгораемые материалы или жидкости.

С учетом этих оговорок наибольшая допускаемая площадь помещений между противопожарными стенами в производственных зданиях без фонарей II степени огнестойкости должна быть не более величин, указанных в табл. 1.

---

\* Здесь и далее СНиП обозначает «Строительные нормы и правила».



Таблица 1

Категория	Площадь противопожарного отсека в м <sup>2</sup> в зданиях	
	одноэтажных	двухэтажных
А	10 000	—
Б	15 000	7 500
В	25 000	12 500

Примечания: 1. Наибольшая допускаемая площадь помещений между противопожарными стенами в одноэтажных производственных зданиях без фонарей II степени огнестойкости для производств категории В текстильной промышленности не ограничивается.

2. В случае размещения по условиям технологического процесса производств категории А в многоэтажных зданиях II степени огнестойкости площадь помещений между противопожарными стенами не должна превышать 5000 м<sup>2</sup>.

#### 4. РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ

Анализ имевшихся пожаров в производственных зданиях показывает, что принятые нормы площади противопожарных отсеков для бесфонарных зданий не всегда обоснованы, а следовательно, не всегда обеспечивают требования пожарной безопасности. По мнению авторов, более правильным было бы при разработке противопожарных мероприятий площади противопожарных отсеков определять расчетом, приведенным ниже.

В основу расчета площади противопожарных отсеков положено четыре основных принципа. Суть их сводится к следующему:

1) площадь противопожарного отсека  $F_{от}$  должна быть такой, чтобы обеспечивалось успешное тушение пожара наличными силами и средствами тушения пожара в течение заранее обусловленного допустимого времени;

2) размеры противопожарного отсека и соотношение его размеров не должны превышать величин, установленных для обеспечения безопасной эвакуации людей;

3) площадь противопожарного отсека и соотношение его размеров в производствах, относимых по пожарной опасности к категориям А и Б (взрывоопасной по пыли), должны быть такими, чтобы обеспечивалось размещение вышибных панелей в ограждающих конструкциях зданий;

4) площадь противопожарного отсека должна быть такой, чтобы возможная площадь факела пламени при пожаре не явилась причиной его распространения на смежные здания и сооружения.

Существенное значение при определении площади отсеков имеет допустимое время тушения пожара. Принято считать, что за максимально допустимое время тушения пожара следует принимать наименьший предел огнестойкости несущей строительной конструкции здания. Такими конструкциями чаще всего являются покрытия в современных зданиях, предел огнестойкости которых равен 60 мин. С обрушением покрытия или перекрытия ущерб от пожара достигает наибольших значений в связи с тем, что с обрушением конструкций связано также разрушение технологического оборудования. Чтобы потушить пожар до обрушения конструкций должно быть соблюдено условие (1):

$$\tau_{\text{туш}} \leq \frac{P}{K_0}, \quad (1)$$

где  $\tau_{\text{туш}}$  — продолжительность горения с учетом тушения пожара в мин;

$P$  — наименьший предел огнестойкости несущей конструкции в мин.

$K_0$  — коэффициент безопасности, равный 1,1.

Из неравенства (1) выведена формула для определения площади противопожарных отсеков. Применительно к производствам, относимым по пожарной опасности к категориям А и Б, эта формула имеет следующий вид (2):

$$F_{\text{от}} = \frac{\left( \frac{P}{K} - \Delta\tau_0 \right) Q}{\beta I \tau_n}, \quad (2)$$

где  $\Delta\tau_0$  — время свободного горения до начала активного тушения пожара в мин;

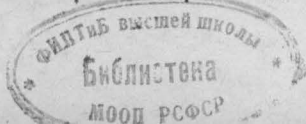
$Q$  — гарантированный расход средств тушения в л/сек;

$\beta$  — коэффициент объемности, представляющий отношение возможной площади поверхности горения к площади пола;

$I$  — оптимальная интенсивность средств тушения в л/сек · м<sup>2</sup>;

$\tau_n$  — нормативное время тушения пожара при данной интенсивности в мин.

Для выяснения значений величин, входящих в формулу (2), были проанализированы описания пожаров для открытых и закрытых производственных установок.





Для закрытых зданий и сооружений с производствами, относимыми по пожарной опасности к категории А и Б, было рассмотрено 130 пожаров, при этом удалось установить зависимость между интенсивностью подачи воды и нормативным временем тушения (рис. 2). Кривая, приведенная на рис. 2, описывается уравнением вида (3)

$$I = \frac{27}{\tau_{\text{н}}^{2,11}} + 0,06. \quad (3)$$

Математическая обработка статистических данных показала, что для успешного тушения пожара в зданиях

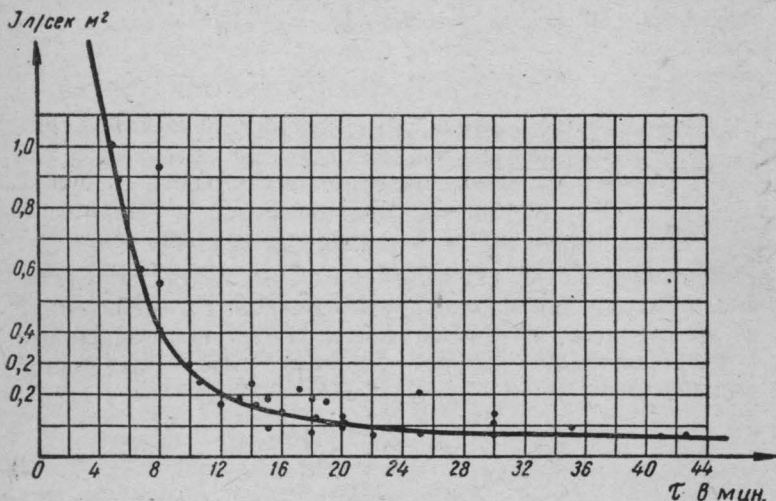


Рис. 2. Кривая зависимости интенсивности средств тушения от продолжительности тушения (по данным анализа описания пожаров)

расчетная интенсивность подачи воды составляет около  $0,1 \text{ л/м}^2\text{сек}$  при нормативном времени тушения  $\tau_{\text{н}} = 20 \text{ мин}$ . При этом время от начала возникновения пожара до начала его активного тушения  $\Delta\tau_0$  равно  $30 \text{ мин}$ .

Данные, необходимые для определения площади отсеков, при тушении пожара водой открытых установок и в зданиях с производствами, относящимися по пожарной опасности к категориям А и Б, сведены в табл. 2.

Данные, приведенные в табл. 2, получены применительно к условиям тушения пожаров привозными средствами. При тушении же пожара стационарными средствами время до начала тушения пожара  $\Delta\tau_0 = 10 \text{ мин}$ .

Таблица 2

Вид установки	$I$ в л/м <sup>2</sup> сек	$\tau_{п}$ в мин	$\Delta\tau_{0}$ в мин	$\beta$	$K_0$
Открытая . . . . .	0,0625	20	30	1	1,1
Закрытая . . . . .	0,1	20	30	1	1,1

В тех случаях, когда пожар тушится небольшими расходами воды, когда не требуется сосредоточение значительного количества пожарных машин (в пределах 4—5), время до начала тушения можно принимать  $\Delta\tau_0 = 20$  мин.

Применительно к указанным исходным данным площадь противопожарных отсеков, вычисленная по формуле (2), для производств, относимых по пожарной опасности к категориям А и Б, приведена в табл. 3.

Таблица 3

Площадь противопожарных отсеков в одноэтажных зданиях II степени огнестойкости с производствами категорий А и Б

Гарантированный расход воды для тушения пожара в л/сек	Наибольшая допустимая площадь противопожарных отсеков	
	стационарные средства	нестационарные средства
40	900	700
80	1800	1000
100	2250	1250
140	3150	1750
180	4000	2250
240	5400	3000
280	6300	3500
300	6800	3750

В табл. 3 приведена площадь противопожарных отсеков применительно к одноэтажным зданиям с наименьшим пределом огнестойкости конструкций, равным 60 мин.

Если в бесфонарных зданиях наименьший предел огнестойкости несущих конструкций меньше или больше 60 мин, то площадь противопожарного отсека должна быть соответственно увеличена или уменьшена. В каждом конкретном случае эта площадь может быть вычислена по формуле (2).

В многоэтажных зданиях часть сил и средств ствлевается от непосредственного очага пожара для охлаждения строительных конструкций, а также для ограничения

распространения пожара или для тушения новых очагов пожара, которые могут появиться в различных этажах. В соответствии с этим площадь противопожарных отсеков в многоэтажных зданиях уменьшается на 25% по сравнению с данными, приведенными в табл. 3.

Существенное влияние на величину противопожарных отсеков оказывает величина удельной загрузки горючими веществами бесфонарных зданий.

Особое значение приобретает случай определения площади отсеков, когда удельная загрузка незначительна или когда заведомо приняты меры к ее существенному уменьшению в условиях возможного пожара. Такими мерами могут быть различного рода устройства по эвакуации жидкостей на случай возможного пожара.

При наличии устройств, предназначенных для эвакуации жидкостей в условиях возможного пожара, или когда удельная загрузка горючими веществами незначительна, площади противопожарных отсеков могут быть увеличены. Увеличение площади противопожарных отсеков может допускаться по согласованию с органами Государственного пожарного надзора в том случае, когда продолжительность возможного пожара будет меньше 10 мин. Такая продолжительность пожара возможна при удельной загрузке, не превышающей  $10 \text{ кг/м}^2$ . При этих условиях размеры отсеков могут определяться с учетом необходимости обеспечения предельно допустимых расстояний от рабочего места до эвакуационных выходов.

Площади противопожарных отсеков могут быть существенно увеличены при применении в качестве огнегасительного средства пены. При тушении пожара пеной исходные данные для расчета площади противопожарных отсеков приведены в табл. 4.

При тушении пожара пеной нормативное время тушения принимается равным 10 мин для химической пены и 5 мин для воздушно-механической. Время свободного горения до начала тушения пожара всеми силами, при которых обеспечивается необходимая интенсивность подачи пены, принимается при расходах пены до 200 л/сек — 20 мин, а свыше 200 л/сек — 30 мин. При наличии стационарных установок для тушения пожара пеной время свободного горения принимается равным 10 мин.

Площадь противопожарных отсеков для закрытых и

Таблица 4

**Данные об интенсивности подачи пены для тушения  
пожара ЛВЖ и ГЖ**

Род нефтепродукта, обращающегося в производстве, и температура его вспышки	Пена в л/м <sup>2</sup> сек	
	химиче- ская	воздушно- механиче- ская
Бензин, лигроин, бензол, толуол, легкая нефть и другие нефтепродукты с темпе- ратурой вспышки 28° . . . . .	0,75	1,25
Керосин, дизельное топливо и другие с температурой вспышки от 28 до 45°C	0,5	1,5
Масла, мазуты, тяжелые нефти и другие с температурой вспышки выше 45°C . .	0,3	1

Примечание. Необходимо оговориться, что исходные данные, приведенные в табл. 4, получены экспериментально применительно к тушению пожаров в резервуарах. В последующем эти данные должны быть уточнены применительно к производственным зданиям и сооружениям.

Таблица 5

**Площадь противопожарных отсеков при тушении пожара  
пенной в одноэтажных зданиях II степени огнестойкости**

Температура вспышки легковоспламе- няющейся или горючей жидкости в °C	Гарантированный расход пены в л/сек		Наибольшая допустимая площадь противопожарных отсеков в одноэтажных зданиях	
	химической	воздушно- механической	стационарные средства тушения	нестационар- ные средства тушения
До 28	200	200	1450	930
	300	300	1800	1000
	610	610	3600	2000
	930	930	5400	3000
	1220	1220	7200	4000
28—45	200	250	1800	1000
	410	510	3600	2000
	620	760	5400	3000
	810	1020	7200	4000
	1220	1220	9000	5000
45—120	120	200	1800	1000
	240	410	3600	2000
	370	620	5400	3000
	490	820	7200	4000
	610	1020	9000	5000
	730	1220	10 800	6000

открытых установок, вычисленная по формуле (2) при тушении пожара пеной, приведена в табл. 5.

При пользовании данными табл. 4 и 5 могут возникнуть известные трудности по определению гарантированных расходов средств тушения. По этому поводу имеются следующие рекомендации.

Под гарантированным расходом средств тушения подразумеваются такие средства, которые могут быть поданы на конкретный объект за определенное время исходя из предусматриваемой на объекте пожарной охраны и из возможностей пожарных команд (радиус обслуживания объектов категории А и Б по СНиП).

Величина гарантированных расходов средств тушения пожаров, обеспечиваемых привозными средствами, определяется по согласованию с соответствующими управлениями пожарной охраны. При этом учитывают следующее:

1 пожарная машина может подать 20—30 л/сек воды, или 100 л/сек пены;

количество машин в областном городе определяется по согласованию с органами Государственного пожарного надзора.

Для предварительных расчетов можно принять, что областной город способен обеспечить одновременную работу 10 пожарных машин с расходом воды 200—300 л/сек, или пены 1000 л/сек.

При проектировании стационарных установок по тушению пожара гарантированные расходы средств тушения пожара принимаются в соответствии с данными, предусмотренными проектным заданием.

Выбор системы тушения объекта стационарными или привозными средствами определяется технико-экономическим расчетом и учетом реальных возможностей по тушению пожара.

В тех случаях, когда на предприятиях или в городах не представляется возможным получить указанные расходы воды, пены и пожарных автомобилей, следует применять стационарные установки для тушения пожара.

При определении площади противопожарных отсеков для производственных или складских зданий, связанных с обращением твердых горючих веществ, учитываются их специфические особенности.

Сущность которых заключается в следующем:

1) в зданиях с производствами категорий А и Б по-



жар распространяется по разлившейся жидкости со скоростью до 20 м/мин и более. Прибывающие части имеют дело в этом случае со значительными площадями горения, тушение которых возможно только после концентрации значительных сил и средств. При пожарах в производствах, относимых по пожарной опасности к категории В с применением твердых горючих веществ, скорость распространения огня не превышает 1—2 м в 1 мин. Прибывающие части приступают к тушению пожара, до того как он распространится на весь отсек;

2) введение в действие расчетного количества сил и средств при тушении твердых горючих веществ происходит не одновременно, а постепенно по мере прибытия пожарных частей в соответствии с расписанием, привлечения сил и средств для тушения пожара в данном гарнизоне.

Порядок прибытия частей по дополнительным вызовам обуславливает поэтапное введение сил и средств для тушения крупных пожаров;

3) производства, относимые по пожарной опасности к категории В, могут размещаться в зданиях III, IV и V степеней огнестойкости, элементы которых сами представляют горючий материал, требующий значительных огнегасительных средств для тушения;

4) поверхность горения твердых горючих веществ может значительно превышать площадь пола, на котором размещены эти горючие вещества.

Последняя особенность весьма характерна для складских помещений со штабельным или стеллажным хранением веществ.

Для учета некоторых особенностей динамики развития и тушения пожаров в производствах с обращением твердых горючих веществ при определении площади отсеков было проанализировано тушение пятидесяти крупных пожаров в производственных и складских зданиях областных и краевых центров. Анализ этих пожаров показал, что в среднем тушение первыми прибывшими частями начинается через 15 мин со средним расходом воды в 20 л/сек. Последующее наращивание сил приводит к возможности подачи расходов воды около 50—60 л/сек. Такое количество воды может быть подано через 30 мин с момента возникновения пожара. Последующее увеличение расходов воды сверх 60 л/сек наблюдалось через 47—50 мин.

Учитывая современное рациональное размещение пожарных частей и совершенствование их боеготовности для определения площади противопожарных отсеков рекомендуется принимать, что первая подача расхода воды в 20 л/сек начинается через 15 мин с момента возникновения пожара и длится 15 мин. Через 30 мин с момента возникновения пожара может быть подан весь гарантированный расход воды, которым располагает данный гарнизон.

Что касается значений интенсивности средств тушения (главным образом воды) и нормативного времени тушения, то они могут быть приняты по данным ЦНИИПО:

для резины, каучука и изделий из них  $I = 0,14 \text{ л/сек м}^2$ ,  $\tau_n = 10 \text{ мин}$ ;

для других твердых горючих материалов  $I = 0,08 \text{ л/м}^2 \text{ сек}$ ,  $\tau_n = 10 \text{ мин}$ .

Необходимо отметить, что эти данные хорошо согласуются с данными, полученными во время реальных пожаров.

Если учесть изложенные предпосылки, то на первом этапе прибывшие части через 15 мин приступают к тушению. При этом теоретически расходом 20 л/сек может быть потушена следующая площадь:

$$F_1 = \frac{Q_1 \tau_1}{I \tau_n} = \frac{20 \cdot 15}{0,08 \cdot 10} = 375 \text{ м}^2,$$

где  $Q_1$  и  $\tau_1$  — соответственно расход и время тушения на I этапе.

С учетом указанной поправки площадь противопожарных отсеков может быть определена по следующей формуле (4):

$$F_{\text{отс}} = \frac{\left(\frac{\Pi}{k} - 30\right) Q_2}{\beta I \tau_n} + \frac{F_1}{\beta}, \quad (4)$$

где  $Q_2$  — расход воды на II этапе тушения в л/сек.

Различная степень огнестойкости зданий, а также различные способы хранения веществ учитываются введением коэффициента  $\beta$ . Уже отмечалось, что при пожарах в зданиях с твердыми горючими веществами поверхность горения может значительно превышать площадь пола.

Принимается, что в производственных зданиях II сте-



пени огнестойкости поверхности горения  $F_{гор}$  равна площади пола  $F_{п}$ , т. е. для этих условий  $\beta = F_{гор} : F_{п} = 1$ .

В зданиях III степени огнестойкости возможно наряду с горением обстановки и оборудования открытое горение сгораемого покрытия здания, площадь горения которого принимается равной площади пола. В этом случае  $\beta = F_{гор} : F_{п} = 2$ .

В зданиях IV и V степеней огнестойкости возможно горение стен и перегородок. В этом случае отношение поверхности горения к площади пола еще больше увеличивается и при этом принимается, что в среднем  $\beta = F_{гор} : F_{п} = 2,75$ .

Данные о значении коэффициента  $\beta$ , вычисленные для типовых вариантов планировки штабелей и стеллажей для складских зданий различной степени огнестойкости, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Значения коэффициента  $\beta$  для зданий и складов различной степени огнестойкости

Способ складирования материальных ценностей в складе	Степень огнестойкости здания	Значение $\beta$ при высоте штабелей и стеллажей в м				
		2	2,5	3	3,5	4
Штабеля	I и II	0,92	1,15	1,4	1,62	1,84
	III	1,92	2,15	2,4	2,62	2,84
	IV и V	2,64	2,87	3,13	3,34	3,56
Стеллажи	I и II	1,33	1,67	2	2,33	2,67
	III	2,33	2,67	3	3,33	3,67
	IV и V	3,1	3,44	3,78	4,1	4,44

Данные о площади противопожарных отсеков, вычисленные по формуле (4) для производственных зданий с учетом их степени огнестойкости и гарантированных расходов воды для тушения пожара, приведены в табл. 7.

При определении площади противопожарных отсеков для складских зданий со штабельным или стеллажным хранением горючих веществ нужно учитывать, что в результате взаимного обогрева при пожаре интенсивность горения будет больше, чем в обычных производственных зданиях, а следовательно, и воды для тушения пожара понадобится больше. Кроме того, необходимо учитывать особенности тушения пожара в складских зданиях, где температура горения высока, помещения

Площади отсеков производственных зданий  
с производствами категории В

Степень огнестой- кости здания	Минималь- ный предел огнестой- кости в мин	Гарантиро- ванный расход воды в л/сек	Площадь противопо- жарного отсека в м <sup>2</sup>
I—II	60	20	1000
		60	2200
		100	3500
		200	6600
		300	9775
III	45	20	375
		60	750
		100	1130
		200	2100
		300	3000
IV—V	45	20	275
		60	550
		100	820
		200	1450
		300	2140

задымлены, отсутствуют оконные проемы, а ствольщики из-за этого вынуждены работать между стеллажами и штабелями, что сковывает их действия и маневренность стволов. Эти обстоятельства приводят к тому, что значительная часть воды проливается, не участвуя эффективно в тушении. Поэтому в формулу (4) наряду с коэффициентом объемности вводится коэффициент условий работы  $\alpha = 1,5$ .

Значение этого коэффициента должно быть уточнено последующими опытами. С учетом этого обстоятельства формула для определения площади отсеков для складских зданий имеет следующий вид:

$$F_{от} = \frac{\left(\frac{P}{k} - 30\right) Q_2}{\alpha \beta I \tau_H} + \frac{F_1}{\alpha \beta} \quad (4')$$

Значения коэффициента  $\beta$  принимаются по данным табл. 6.

В соответствии с этим площади отсеков, вычисленные для складов по формуле (4') в зависимости от степени огнестойкости зданий, высоты штабелей и гарантированных расходов воды, приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Площади отсеков складских зданий при хранении  
твердых горючих веществ**

Степень огнестой- кости здания	Мини- мальный предел огнестой- кости в мин	Гаранти- рованный расход воды в л/сек	Площадь противопожарного отсека в м <sup>2</sup>			
			штабели		стеллажи	
			высотой в м			
			до 3	свыше 3	до 3	свыше 3
I—II	60	20	480	360	325	250
		60	1070	815	750	565
		100	1680	1270	1170	890
		200	3180	2400	2200	1675
III	45	20	210	175	167	135
		60	410	350	340	280
		100	620	530	500	415
		200	1140	970	925	760
IV—V	45	20	150	140	132	110
		60	320	280	275	225
		100	480	420	390	340
		200	880	770	700	620

Данные, приведенные в табл. 7 и 8, справедливы для случаев, когда в производстве обращаются твердые горючие вещества, интенсивность средств тушения для которых не превышает  $0,08 \text{ л/м}^2 \text{ сек}$ .

При складировании каучуков, резины и резино-технических изделий площади отсеков должны быть соответственно уменьшены. Величина отсеков в этом случае определяется по расчету или ориентировочно должна быть уменьшена до 40%.

В тех случаях, когда наименьший предел огнестойкости строительных конструкций производственных или складских зданий отличается от приведенных в табл. 7 и 8, вносятся соответствующие поправки по расчету.

Существенное значение при определении площади отсеков приобретает вопрос об учете автоматических средств тушения пожара. В данном случае идет речь об учете наличия спринклерных и дренчерных систем.

Статистика спринклерного тушения пожаров в США в производственных зданиях показывает, что 66,2% всех пожаров на спринклерованных объектах было полностью

потушено действием спринклеров, а 29,8% пожаров локализовано до прибытия пожарных команд.

Число пожаров, при которых спринклерная система не выполнила своего назначения, составляет всего лишь 4% всего количества пожаров на спринклерованных объектах. Интересно заметить, что интенсивность тушения от спринклерных головок составляла в среднем около  $0,1 \text{ л/м}^2 \text{ сек}$ .

В складских зданиях, которые отличаются повышенной удельной загрузкой горючими материалами, отмечалось, что спринклерная система неудовлетворительно сработала на складах хлопка в 14,5% случаев, а на складах табака — в 9,4% случаев. Эти данные подтверждают достаточно эффективную и надежную работу спринклерных систем и целесообразность их внедрения.

Наличие спринклерных систем позволяет в отдельных случаях увеличивать площадь противопожарных отсеков. При этом, однако, следует учитывать, что на эффективность действия спринклерных систем существенное влияние окажет высота помещений и скорость горения складываемых веществ. Так, например, в зданиях с высотой этажа более 8—10 м, а также при складировании таких веществ как киноплёнка на нитрооснове, фотоплёнка, целлулоид и т. д., наличие спринклерных или дренчерных систем не является основанием для увеличения площади отсеков. Некоторые вещества при горении плавятся и растекаются, как, например, каучук. В этом случае площади отсеков могут быть увеличены на 25% по сравнению с данными, приведенными в табл. 3. Такое же увеличение площади отсеков может быть распространено на производства с применением легковоспламеняющихся горючих жидкостей.

При складировании твердых веществ, не плавящихся и не растекающихся при пожаре, скорость горения которых не превышает  $2 \text{ м/мин}$ , площадь отсеков может быть увеличена на 100%.

## **5. ВЫНУЖДЕННАЯ ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ**

### **Особенности вынужденной эвакуации**

Под вынужденной эвакуацией подразумевают такой вид движения людей, который они вынуждены совершать в силу угрожающей им опасности при пожарах.

или авариях. В отличие от свободного движения, которое совершается человеком в нормальных условиях его жизнедеятельности, вынужденное движение может совершаться в условиях повышенных температур, потери видимости из-за задымления зданий, повышенных концентраций вредных для здоровья человека продуктов горения и др. Невзирая на значительные объемы бесфонарных зданий и сравнительно небольшую их населенность, пожары в них представляют большую опасность для людей.

Для выяснения вредных воздействий на организм человека в начальной стадии развития пожара были проведены опыты в гг. Иваново (март 1964 г.) и Балаково (июль 1964 г.).

В первом случае сжигали отходы текстильного производства (угары), а во втором — корд. В обоих случаях площадь горения составляла около 9% площади пола, которая составляла в г. Иваново 170 м<sup>2</sup>, а в г. Балаково 680 м<sup>2</sup>. Эти опыты подтвердили, что наибольшую опасность в условиях пожаров в бесфонарных зданиях представляет повышение температур (рис 3, а и б).

Как видно из рисунков, при сжигании угаров температура по истечении 1 мин уже превышает 100°С, а при сжигании корда среднеобъемная температура в цехе составляла через 1 мин — 80°С, а через 2 мин — 120°С. В одном из опытов в г. Балаково была зафиксирована смерть голубей, которые случайно оказались в опытном помещении. Смерть произошла через 1½—2 мин с момента начала опытов. Характерно отметить, что при возникновении пожара на сравнительно небольшой площади температура быстро выравнивается по всей длине здания. Так, например, объем опытного помещения составлял около 6000 м<sup>3</sup>, однако существенного перепада температур по длине здания не наблюдалось. Скорость перемещения конвективных потоков составила около 30 м/мин.

Повторные опыты, проведенные на фрагменте Ивановского камвольного комбината в мае 1965 г., убедительно подтвердили результаты 1964 г.

Этими опытами, а также расчетами подтверждено, что в производственных бесфонарных зданиях, в которых обращаются твердые горючие вещества, опасная для жизни человека температура 60—70°С (может наступить по истечении 1—2 мин с момента возникновения



пожара). При этом установлено, что скорость нарастания температур и их величина зависят от весовой скорости выгорания веществ, теплоты сгорания, объема помещения и условий воздухообмена. При горении легко-

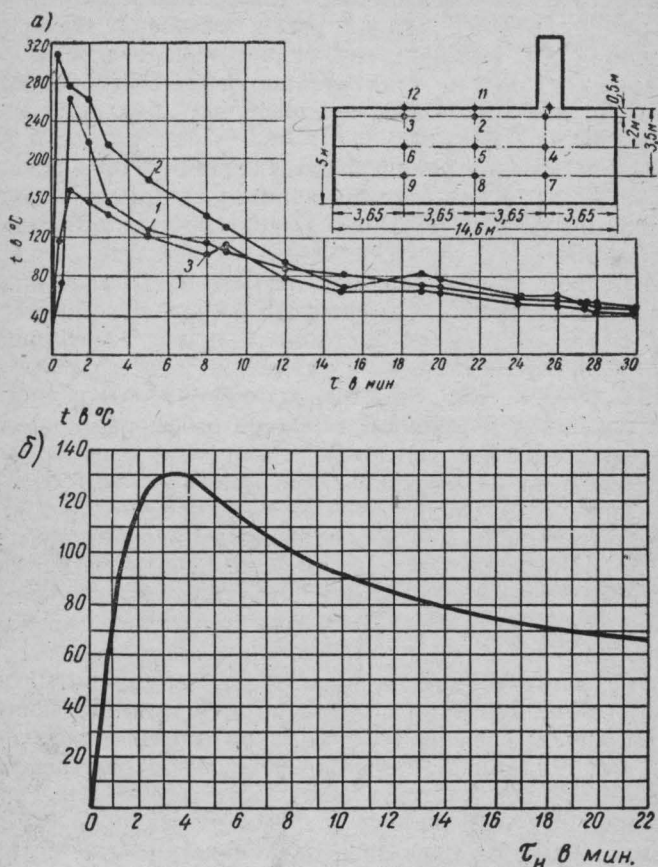


Рис. 3. Изменение температур на опытных пожарах

а — при сжигании угаров в опытном помещении на расстоянии 1,5 м от пола; б — среднеобъемной температуры при сжигании cords; 1 — термопара № 7; 2 — термопара № 8; 3 — термопара № 9

воспламеняющихся и горючих жидкостей время нарастания температур, опасных для жизни человека, будет еще меньше (в пределах 0,5—1 мин).

Вместе с тем замеры концентраций продуктов горения в начальной стадии развития пожара показали, что



они не представляют опасности для жизни человека. Существенная потеря видимости наступает в результате задымления помещений по истечении 1,5—2 мин с момента возникновения пожара. С уменьшением загрузки помещений до 10% от площади пола время до потери видимости увеличивается до 6 мин. Следует также иметь в виду, что при пожарах в бесфонарных зданиях возможно наступление полной темноты в результате выхода из строя электрического освещения.

Все отмеченные особенности вынужденной эвакуации людей в бесфонарных зданиях предопределяют вполне конкретные требования к протяженности эвакуационных путей, размерам дверей и лестниц, их размещению в зданиях и конструктивному выполнению. Кроме этого, со всей отчетливостью возникает необходимость разработки организационных мероприятий по обеспечению безопасной эвакуации людей на случай пожара в бесфонарном здании.

### **Нормирование путей эвакуации**

Нормы проектирования устанавливают признаки, по которым выходы относят к эвакуационным, ограничивают протяженность эвакуационных путей и выходов, их размеры, регламентируют конструктивные решения эвакуационных путей и выходов, а также устанавливают минимально допустимое количество выходов для отдельных помещений и зданий.

В качестве эвакуационных выходов в бесфонарных зданиях являются такие, которые ведут непосредственно наружу, в лестничную клетку, имеющую непосредственный выход наружу, или в коридор, имеющий непосредственный выход наружу или на лестничную клетку. Кроме этого, эвакуационным выходом является выход через смежные помещения, в которых не размещаются производства, относимые по пожарной опасности к категориям А, Б и В, если эти помещения имеют степень огнестойкости не ниже III.

В отдельных случаях выход через смежные пожароопасные помещения, относимые к категории В, также считают эвакуационными, если выход может осуществляться в два смежных помещения, имеющих эвакуационные выходы. При этом протяженность эвакуационных путей от рабочего места до выходов из смежных

помещений не должна превышать величин, установленных нормами проектирования.

Опыт проектирования бесфонарных зданий внес некоторые дополнения к понятиям эвакуационный выход и путь эвакуации. Так, в частности, эвакуационным является выход в помещение безопасности, связанное с туннелем, ведущим за пределы бесфонарного здания, наружу.

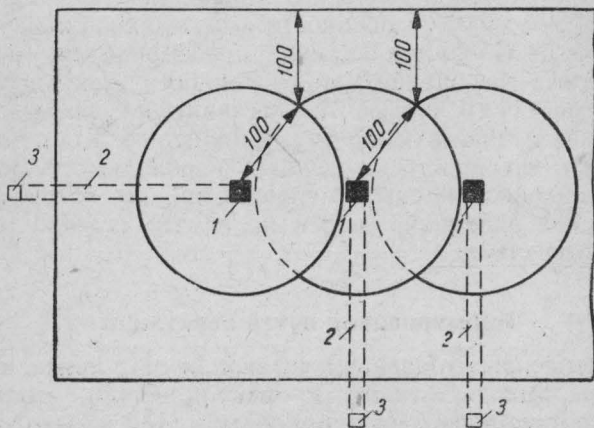


Рис. 4. Схема размещения помещений безопасности  
1 — помещение безопасности; 2 — туннель; 3 — тамбур-шлюз за пределами здания

Помещение безопасности — это такое незадымляемое помещение, которое размещается внутри бесфонарного здания, обладающее достаточной прочностью на случай обрушения основных конструкций зданий и имеющее непосредственный выход наружу через подземный туннель. Таким образом, путем эвакуации в данном случае является подземный туннель, если приняты необходимые меры для предохранения его от задымления.

Обычно к устройству помещений безопасности и туннелей прибегают в тех случаях, когда из-за значительной протяженности эвакуационных путей не представляется возможности обеспечить безопасности выхода людей за время, допустимое для эвакуации. Схема размещения помещений безопасности в бесфонарном здании приведена на рис. 4.

Пути эвакуации в бесфонарных зданиях являются также так называемые эвакуационные коридоры. В от-

личие от коридоров в зданиях обычного типа, имеющих сравнительно небольшую протяженность, эвакуационные коридоры в бесфонарных зданиях имеют протяженность до 300 м, а поэтому вход в них осуществляется через тамбуры-шлюзы, исключаяющие возможность задымления этих коридоров. Схема размещения эвакуационных коридоров и выходов в бесфонарном здании приведена на рис. 5.

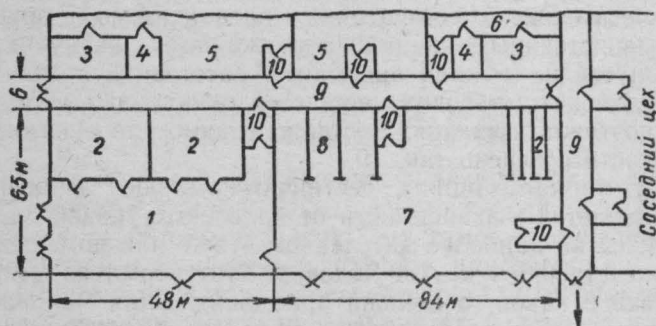


Рис. 5. Схема размещения эвакуационных коридоров и выходов в бесфонарном здании

1 — малярный цех; 2 — камеры сушки; 3 — трансформаторная подстанция; 4 — электрощитовая; 5 — производство категории В; 6 — отделение раскроя ткани; 7 — цех выклейки; 8 — камеры полимеризации; 9 — эвакуационный коридор; 10 — тамбур

Протяженность эвакуационных путей для бесфонарных зданий установлена в зависимости от пожарной опасности производственных процессов; степени огнестойкости и этажности зданий. Протяженность эвакуационных путей для бесфонарных зданий I—II степени огнестойкости приведена в табл. 9.

Таблица 9

Протяженность эвакуационных путей в бесфонарных зданиях I—II степеней огнестойкости

Категория производства по пожарной опасности	Степень огнестойкости зданий	Наибольшие допустимые расстояния в зданиях до выхода в м	
		одноэтажных	многоэтажных
А	I и II	50	40
Б	I и II	100	75
В	I и II	100	75

При наличии в зданиях площадок, внутрицеховых галерей и антресолей, сообщение которых с эвакуационными выходами осуществляется по открытым лестницам, протяженность эвакуационного пути определяется как сумма длин пути по горизонтальным и наклонным участкам.

При этом длина пути по лестнице принимается равной ее удвоенной высоте при уклоне лестницы, равном  $30^\circ$ , и полуторной высоте при уклоне, равном  $45^\circ$ . Во вспомогательных помещениях, располагаемых внутри производственных зданий, протяженность эвакуационных путей не должна превышать расстояний от наиболее удаленных рабочих мест до эвакуационных выходов в одноэтажных зданиях соответствующих степеней огнестойкости согласно табл. 9.

Суммарная ширина лестничных маршей и дверей определяется в зависимости от количества людей, находящихся на наиболее населенном этаже или помещении из расчета 0,6 м на 100 человек. Этот норматив можно считать в какой-то степени приемлемым для малонаселенных бесфонарных зданий. Для зданий с массовым пребыванием людей принятый норматив может привести к значительному скоплению людей у дверей и лестниц и значительному увеличению продолжительности эвакуации. Поэтому наряду с данными о ширине лестниц и дверей на 100 эвакуирующихся нужно руководствоваться нормативами об их предельных размерах (табл. 10).

Таблица 10

**Предельная ширина проходов, коридоров, дверей, маршей и площадок лестниц, служащих для эвакуации**

Наименование	Ширина проходов, коридоров, дверей, маршей и площадок лестниц в м	
	наименьшая	наибольшая
Проходы . . . . .	1	Не ограничивается
Коридоры . . . . .	1,4	То же
Двери . . . . .	0,8	2,4
Марши и площадки лестниц . . . .	1,15	2,4
» » » » при количестве людей на 1 лестницу не более 50 . . . . .	0,9	2,4

Независимо от нормируемой протяженности эвакуационных путей и их ширины количество дверей и лестниц из производственных помещений должно быть не менее двух. Один эвакуационный выход допускается в виде исключения для помещений с небольшой площадью: до 100 м<sup>2</sup> при размещении в помещении производств категории А, Б и В, до 200 м<sup>2</sup> при размещении в помещении производств категории Г и Д, а также во вспомогательных помещениях, размещаемых в производственных зданиях, если в этих помещениях одновременно пребывает не более 50 человек.

## 6. ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ПРОТЯЖЕННОСТИ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ

Данные норм о протяженности эвакуационных путей, приведенные в табл. 9, не учитывают многих обстоятельств, от которых зависит допустимое время пребывания людей в зданиях при пожарах или авариях.

Поэтому представляется целесообразным определять протяженность эвакуационных путей в зависимости от времени достижения на пожарах высоких температур и концентраций продуктов горения, опасных для жизни и здоровья человека.

Время достижения при пожарах опасных температур (порядка 60—70°С) и концентраций продуктов горения зависит от возможной площади поверхности горения при пожаре, кубатуры здания, весовой скорости горения веществ, обращающихся в производстве, скорости распространения пламени по поверхности горючих веществ и их теплоты горения.

Для определения допустимой продолжительности эвакуации людей из производственных зданий с применением легковоспламеняющихся и горючих жидкостей рекомендуется следующая формула, полученная на основании уравнивания теплового баланса:

$$\tau_{\text{доп}} = \frac{V_{\text{пом}} C (t_{\text{доп}} - t_{\text{н}})}{\mu Q f n}.$$

Для твердых горючих веществ формула для определения допустимой продолжительности эвакуации имеет следующий вид:

$$\tau_{\text{доп}} = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{пом}} C (t_{\text{доп}} - t_{\text{н}})}{\varphi \pi q n v^2}},$$

где  $\tau_{\text{доп}}$  — допустимая продолжительность эвакуации в ~~с~~ мин;

$V_{\text{пом}}$  — объем помещения в  $\text{м}^3$ ;

$C$  — удельная теплоемкость воздуха в  $\text{ккал}/\text{м}^3 \text{град}$ ;

$t_{\text{доп}}$  — температура, максимально допустимая для пребывания человека, в  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{н}}$  — начальная температура воздуха в производственном помещении в  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\mu$  — коэффициент, характеризующий степень использования тепла, выделяющегося на пожаре на нагрев воздуха помещения;

$Q$  — теплота сгорания горючих веществ в  $\text{ккал}/\text{кг}$ ;

$f$  — поверхность горения горючих веществ в  $\text{м}^2$ ;

$n$  — скорость выгорания в  $\text{кг}/\text{м}^2 \text{мин}$ ;

$v$  — линейная скорость распространения огня по поверхности горючих веществ в  $\text{м}/\text{мин}$ .

$$\pi = 3,14.$$

Расчетные данные о допустимой продолжительности эвакуации людей в бесфонарных зданиях, в которых обрабатываются горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, приведены в табл. 11.

Таблица 11

Допустимая продолжительность эвакуации людей  
из производственных зданий

Категории производств по пожарной опасности	Объем здания или помещения в $\text{м}^3$	Допустимое время эвакуации при ограничении площади разлива жидкости при пожарах в $\text{м}^2$	
		50	100
А	30 000	0,6	0,3
	40 000	0,8	0,4
	50 000	1	0,5
	60 000	1,2	0,6
	70 000 и выше	1,25	0,7
Б и В	15 000	1	0,5
	30 000	1,6	0,8
	40 000	2	1,2
	70 000 и выше	2	2

Данные табл. 11 не распространяются на производства, связанные с применением газов и взрывоопасных



пылей, и получены применительно к следующим исходным данным. Удельная теплоемкость воздуха принята равной  $C=0,3 \text{ ккал/м}^3 \text{ град}$ , максимально допустимая температура  $t_{\text{доп}}=70^\circ \text{С}$ , начальная температура воздуха  $t_n=20^\circ \text{С}$ , коэффициент использования тепла на нагрев воздуха  $\mu=0,5$ , теплота сгорания жидкостей  $Q=10\,000 \text{ ккал/кг}$ , площадь поверхности горения  $f=50 \div 100 \text{ м}^2$ , средняя скорость выгорания легковоспламеняющихся жидкостей принята равной  $2,44 \text{ кг/м}^2 \text{ мин}$ , а горючих жидкостей  $0,82 \text{ кг/м}^2 \text{ мин}$ .

Разлив жидкостей из производственных емкостей и сосудов ограничивается устройством бортиков и поддонов. В тех случаях, когда не будут приняты меры по ограничению распространения огня в начальной стадии его возникновения, допустимая протяженность эвакуационных путей для одноэтажных и многоэтажных зданий II степени огнестойкости с производствами категории А принимается не более 30 м, а с производствами категорий Б и В не более 50 м.

При расчете продолжительности эвакуации для производственных помещений с применением твердых горючих веществ линейную скорость распространения огня следует принимать: для волокнистых веществ во взрывленном состоянии — 7 м/мин; для веществ и изделий на основе древесины 2 м/мин; для сена и соломы — 4 м/мин.

Расчетная скорость движения людей малонаселенных цехов бесфонарных зданий принимается:

по горизонтали . . . . .	60 м/мин
» лестницам вниз . . . . .	30 »
» лестницам вверх . . . . .	20 »

К малозаселенным цехам относятся такие, у которых на одного работающего площадь цеха превышает  $75 \text{ м}^2$ .

Протяженность эвакуационных путей получается как произведение допустимой продолжительности эвакуации на скорость движения. При этом протяженность эвакуационных путей исчисляется от мест, где возможно пребывание людей до выходов наружу или в лестничную клетку, имеющую непосредственный выход наружу или в эвакуационный коридор.

Длина пути по лестницам, как отмечалось, принимается равной полуторной ее высоте при уклоне  $45^\circ$  и удвоенной высоте при уклоне  $30^\circ$ .

## 7. КОНСТРУКТИВНЫЕ ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ И ВЫХОДОВ

При конструировании эвакуационных путей и выходов, а также их планировке руководствуются принципами, разработанными для фонарных зданий.

Правильные конструктивно-планировочные решения эвакуационных путей и выходов должны обеспечить беспрепятственное и организованное движение людей, что требует такой планировки путей эвакуации и выходов, при которой предопределялось бы наиболее целесообразное направление движения эвакуирующихся.

Кроме того, правильные конструктивно-планировочные решения должны исключать возможность поступления продуктов горения в смежные помещения и на пути эвакуации.

Наиболее целесообразной считают такую планировку, при которой движение людей осуществляется в сторону от источника опасности; исключаются встречные и пересекающиеся потоки, движение от одного выхода приближает к другому, планировка проходов, коридоров и бытовых помещений способствует членению эвакуирующихся на группы, небольшие по численности; отсутствуют местные сужения и расширения проходов; эвакуирующиеся распределяются равномерно по выходам, проходам и коридорам; выходы и проходы ведут непосредственно наружу или в помещения безопасности, имеющие выход наружу.

В этой связи особо необходимо отметить размещение административно-бытовых помещений, которое оказывает большое влияние на организацию людских потоков при вынужденной эвакуации.

Невзирая на сравнительно небольшую плотность заселения бесфонарных зданий, все же общая их вместимость оказывается весьма значительной, достигающей нескольких сотен и тысяч людей.

Административно-бытовые помещения представляют собой те сборные пункты, куда стекаются все рабочие и где плотность заселения становится весьма значительной. По сути дела административно-бытовые помещения превращаются в помещения с массовым пребыванием людей. На рис. 6 дана схема размещения административно-бытовых помещений одного бесфонарного здания на 1600 чел.

Опыт показывает, что при пожарах и авариях люди пользуются теми выходами, которые используются в обыденной жизни в качестве входов. Поэтому независимо от имеющихся выходов по периметру здания людские потоки будут, как правило, направляться к бытовым помещениям. Кроме этого, надо иметь в виду, что бесфонарные здания обстроены по периметру и трудно отличить непосредственный выход наружу от выхода в пристройки.

В этой связи существенное значение имеет рассредоточение бытовых помещений по периметру здания, по отдельным цехам. Такое рассредоточение бытовых помещений способствовало бы членению людских потоков на сравнительно небольшие группы, что, безусловно, обеспечило бы безопасную эвакуацию людей. В качестве оптимального количества людей, которое может быть допустимо в бытовых помещениях, можно было бы рекомендовать 250—300 человек.

Вместе с тем рассредоточение бытовых помещений само по себе не решает задачу. Зачастую встречаются такие решения, при которых движение к бытовым помещениям направлено таким образом, что пользоваться специально предусмотренными проектом эвакуационными коридорами и путями нет возможности. Поэтому размещение бытовых помещений должно увязываться с общей схемой размещения эвакуационных коридоров, проходов и производственных процессов с таким расчетом, чтобы обеспечивалась кратковременность и безопасность движения людей.

Существенное значение для организованного движения людей при

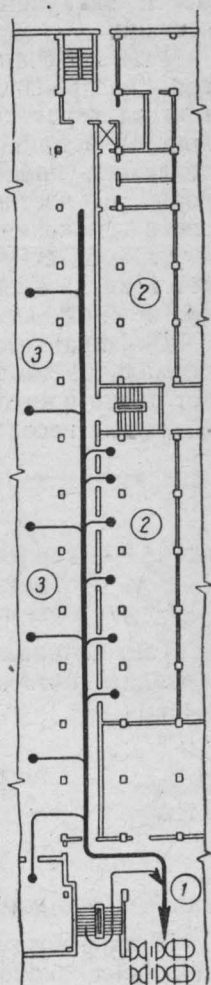


Рис. 6. Схема размещения административно-бытовых помещений

1 — вестибюль; 2 — душевые; 3 — раздевалка

вынужденной эвакуации имеет обеспечение незадымляемости эвакуационных путей — коридоров, проходов и лестниц.

Уже отмечалось, что выход в эвакуационные коридоры из производственных помещений должен осуществляться через тамбуры-шлюзы. Назначение тамбуров-шлюзов в данном случае заключается в том, чтобы исключить проникновение дыма в эвакуационные коридоры. Это достигается за счет некоторого снижения скорости движения продуктов горения в тамбуре-шлюзе, а также за счет создания подпора воздуха в нем. Подпор воздуха в тамбуре-шлюзе должен превышать давление продуктов горения, возникающее при пожаре.

Для практических расчетов можно полагать, что максимальное давление продуктов горения при пожаре будет равно произведению высоты помещения на разность объемных весов холодного и нагретого воздуха:

$$\Delta P = H(\gamma_n - \gamma_{п.г}),$$

где  $\Delta P$  — давление продуктов горения в  $\text{кг/м}^2$ ;

$\gamma_n$  — объемный вес наружного воздуха в  $\text{кг/м}^3$ ;

$\gamma_{п.г}$  — объемный вес продуктов горения.

Так, например, при высоте помещения, равной 10 м, и средней температуре продуктов горения, равной  $500^\circ\text{C}$ , имеем

$$\gamma_{п.г} = 1,2 \frac{293}{773} = 0,455 \text{ кг/м}^3.$$

Тогда

$$\Delta P = 10(1,2 - 0,455) = 7,45 \text{ кг/м}^2,$$

или 7,45 мм вод. ст.

Подпор воздуха в тамбуре-шлюзе должен превышать найденное значение давления продуктов горения.

Обычно подпор воздуха создают вентиляционной системой, которая одновременно обслуживает несколько тамбуров-шлюзов. При подборе вентиляторов и воздухопроводов нужно также учитывать расход воздуха через дверные проемы тамбура-шлюза. Предварительные расчеты показали, что при открытых дверных проемах и найденном давлении расход воздуха весьма значителен, что связано с проектированием громоздкой вентиляцион-

ной установки. Так, например, при площади проема, равной  $2 \text{ м}^2$ , расход воздуха составит

$$Q = \varphi F \sqrt{\frac{2g\Delta P}{\gamma_{п.г}}} = 0,64 \cdot 2 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 7,45}{0,455}} = 23 \text{ м}^3/\text{сек},$$

или  $82\,800 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Для подачи такого количества воздуха в один тамбур-шлюз требуется воздуховод значительного сечения и вентилятор большой производительности, что нерентабельно.

В этой связи рекомендуется предусматривать направление открывания дверей таким образом, чтобы при подпоре воздуха исключалось открывание дверных проемов (рис. 7). В этом случае расход воздуха определяют с учетом площади щелей при закрытом проеме, а также с учетом возможности протаскивания рукавной линии диаметром  $100 \text{ мм}$ . В тех случаях, когда выходы через тамбуры являются эвакуационными, двери должны открываться в одном направлении в сторону движения наружу.

Вентиляционная система, предназначенная для обеспечения подпора воздуха в тамбурах-шлюзах, должна быть независимой и иметь автоматическое включение при возникновении пожара.

В тех случаях, когда устройство тамбуров-шлюзов с закрытыми проемами не представляется возможным, выход в эвакуационные коридоры должен осуществляться через открытые (без дверей) тамбуры общей длиной не менее  $4 \text{ м}$  со спринклерным оборудованием, проектируемым из расчета 1 спринклерная головка на  $1 \text{ м}^2$  площади тамбура. Ограждающие конструкции тамбура должны быть несгораемыми с пределом огнестойкости не менее  $1 \text{ ч}$ .

Эвакуационные коридоры, как показал опыт, проектируют шириной не менее  $6 \text{ м}$  с несгораемыми ограждающими конструкциями, предел огнестойкости которых должен быть не менее  $1 \text{ ч}$ . В тех случаях, когда эвакуационные коридоры выполняют функцию

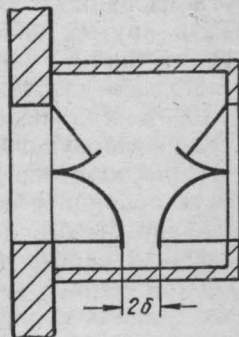


Рис. 7. Размещение дверей в тамбуре-шлюзе



противопожарной преграды (противопожарной зоны), стены должны иметь предел огнестойкости не менее 2 ч и выполняться в соответствии с требованиями, предъявляемыми к противопожарным стенам.

Эвакуационные коридоры должны иметь непосредственные выходы наружу и только в этом случае они могут считаться эвакуационными. Для обеспечения их незадымляемости размещение в коридорах каких-либо материалов не допускается. Кроме этого, нельзя размещать в непосредственной близости к коридорам с непосредственным выходом в них процессы, опасные с точки зрения возникновения пожара или взрыва. Так, в отдельных случаях к эвакуационному коридору пристраивают трансформаторные подстанции и другие узлы при возникновении пожара, в которых возможно задымление эвакуационного пути. Для обеспечения ритмичного и организованного движения людей коридоры не должны иметь крутых поворотов, подъемов, порогов и других препятствий.

Подъем на путях эвакуации не должен быть больше 1:10, а при необходимости устройства порогов они должны оборудоваться пандусами.

Целесообразно, с нашей точки зрения, в коридорах иметь аварийное освещение, наличие которого способствовало бы безопасной эвакуации, с одной стороны, и успешной работе пожарных, с другой.

При устройстве лестниц в многоэтажных бесфонарных зданиях соблюдают те же требования, что и в фонарных зданиях. В связи со значительными размерами бесфонарных зданий зачастую возникает необходимость размещать лестницы не только по периметру здания, но и внутри. Внутренние лестницы не имеют естественного освещения и непосредственного выхода наружу, что существенно снижает их безопасность как эвакуационных путей. Несмотря на это, СНиП допускает в производственных зданиях без фонарей иметь внутренние лестницы без естественного освещения, когда количество этих лестниц не превышает 50% общего количества лестниц в здании.

При устройстве внутренних лестниц должны соблюдаться необходимые решения об их незадымляемости.

Устройство аварийного освещения является в этом случае обязательным, обязательным является также вы-



ход из внутренних лестничных клеток в эвакуационный коридор.

Незадымляемость лестниц достигается размещением их в лестничных клетках, изоляцией лестничных клеток от подвалов и чердаков, запрещением устройства различных помещений в лестничных клетках, а также устройством выходов из производств категорий А и Б в лестничные клетки через тамбуры-шлюзы. Запрещается также по этой причине размещать в лестничных клетках шахты грузовых лифтов.

Устройство тамбуров-шлюзов при входе в лестничные клетки в производствах категорий А и Б является обязательным. Величина подпора воздуха и способы его обеспечения осуществляются так, как это было указано выше. В качестве дополнения следует отметить, что при выходе в тамбур-шлюз необходимо устроить водяное орошение или разместить водяную ванну. Опыт показывает, что зачастую в производствах категорий А и Б при пожарах загорается на рабочих одежда. Наличие водяного орошения в тамбурах-шлюзах способствовало бы не только безопасной эвакуации, но и тушению загоревшейся одежды. При возникновении пожара водяное орошение в тамбуре-шлюзе должно включаться автоматически.

Для удаления дыма во внутренних лестничных клетках нужно предусматривать дымовые люки. Открывать люки следует вручную, а сечение люков должно быть не менее  $1,5 \text{ м}^2$ . Правила устройства входов в подвал, на чердак, а также правила устройства лестниц и лестничных клеток подробно изложены в специальной литературе\*, а также в СНиП II-М. 2-62 и СНиП II-А. 5-62.

Последние опыты в Москве в 1965 г. показали, что незадымляемость лестницы может быть в отдельных случаях достигнута созданием подпора воздуха в лестничных клетках.

### Организационные меры

До настоящего времени планы эвакуации людей разрабатывались лишь для общественных зданий. В связи со спецификой бесфонарных зданий представляется

---

\* См., например, Ройтман М. Я. Вынужденная эвакуация людей из зданий. Стройиздат, 1965.

целесообразным иметь и для них разработанный план эвакуации.

План эвакуации предусматривает инструкцию и маршруты движения людей. В инструкции рассказывается об обязанности лиц, ответственных за эвакуацию людей, об оповещении о пожаре, о тушении его первичными средствами и обязанностях лиц, ответственных за противодымную защиту здания. Эта инструкция отличается от инструкции для общественных зданий мерами по противодымной защите.

В обязанности по противодымной защите включается: открывание дымовых люков на участке, где возник пожар, а также выключение действующей вентиляции. Маршруты движения разрабатываются для каждого цеха и противопожарного отсека.

---

## ДЫМОВЫЕ ЛЮКИ

### 1. ПРОДУКТЫ СГОРАНИЯ

Продукты сгорания при пожарах представляют собой мельчайшие твердые, а также жидкие и газообразные вещества, обладающие в ряде случаев токсическими (ядовитыми) свойствами. Кроме этого, продукты сгорания, будучи нагретыми до высоких температур, способствуют распространению пожара и затрудняют действия пожарных по его тушению. Такими свойствами обладают продукты как полного, так и неполного сгорания.

В состав продуктов полного сгорания входят углекислый газ, пары воды и азот. Человеческий организм получает необходимый кислород из окружающего воздуха, нормально содержащего 21% кислорода. Снижение концентрации кислорода в окружающем воздухе до 14% и менее вызывает так называемое кислородное голодание, ослабляющее жизнедеятельность клеток, снижение же концентрации кислорода до 8—11% вызывает гибель человека в течение нескольких минут. В воздухе содержание углекислого газа не должно превышать 0,04%. Увеличение этой концентрации до 1—2% не вызывает заметных изменений в режиме дыхания. Повышение концентрации  $\text{CO}_2$  до 4—5% значительно увеличивает частоту дыхания, вызывает шум в ушах, ощутимую пульсацию крови в висках.

При наличии 8% этого газа появляются сильные головные боли и головокружение, а при 10% человек теряет сознание. Подсчеты показывают, что при интенсивном горении со скоростью 60—70 кг/м<sup>2</sup> ч снижение содержания кислорода в зданиях до опасных концентраций возможно через несколько минут с момента возникновения пожара.

Влияние продуктов полного сгорания на организм человека усугубляется тем обстоятельством, что они нагреты до высоких температур. Исследования показали, что для зданий больших объемов, где возможно горение твердых веществ (древесина, ткани, хлопок, пластмассы и др.), наиболее вероятной причиной гибели людей может быть повышение температуры даже в начальной стадии развития пожара. Нагрев продуктов сгорания в зданиях зависит от весовой скорости горения веществ, скорости распространения пламени, теплоты, сгорания веществ, объема здания и условий воздухообмена. Как отмечалось, нагрев воздуха в начальной стадии развития пожара до температуры выше  $70^{\circ}\text{C}$  возможен в течение 1—2 мин. По данным же судебно-медицинской экспертизы, нагревание человеческого тела до температуры  $60^{\circ}\text{C}$  или вдыхание горячего воздуха может вызвать мгновенную смерть.

Таким образом, опасность для жизни человека продуктов полного сгорания несомненна. Неблагоприятные свойства продуктов полного сгорания дополняются следующими обстоятельствами: продукты сгорания, будучи нагретыми до высоких температур, образуют конвективные потоки, заполняющие весь объем помещения.

Соприкосновение нагретых газов с горючими веществами подготавливает их к горению или нагревает до температуры самовоспламенения, что способствует быстрому распространению горения по поверхности горючих веществ. Скорость распространения конвективных потоков достигает 30—40 м/мин, а скорость перемещения пламени по поверхности твердых горючих веществ достигает 4 м в 1 мин, волокнистых веществ во взрывном состоянии 7 м/мин, а по поверхности жидкостей 30 м в 1 мин. Значительные линейные и весовые скорости горения при пожаре приводят к тому, что образующиеся продукты сгорания могут заполнить весь объем не только тех помещений, в которых возник пожар, но и смежных с ними.

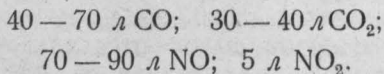
В помещении, заполненном продуктами сгорания, резко снижается видимость, что затрудняет ориентировку при эвакуации, обнаружении очага пожара и его тушении. Работать в задымленных помещениях даже в специальных противогазах очень трудно, и поэтому пожарные должны систематически тренироваться.

Еще сложнее бывает обстановка на пожаре в тех случаях, когда выделяются продукты неполного сгорания или другие токсические вещества.

Наиболее распространенным продуктом неполного сгорания является окись углерода (СО). В условиях пожара, когда воздействие окиси углерода продолжается около 1 ч, максимально допустимой концентрацией окиси углерода можно считать не более 0,1% (1,2 мг/л). Концентрация 0,2% (2,4 мг/л) опасна, а 0,4—0,5% (4,8—6 мг/л) смертельна при вдыхании воздуха в течение нескольких минут.

Когда дым или туман приобретают красно-бурую окраску, то это указывает на содержание в нем очень ядовитых окислов азота, которые выделяются при разложении азотной кислоты, а также при горении киноплёнки. Особую опасность представляют продукты горения киноплёнки и целлюлоида, в состав которых входят окислы азота (до 24%), окись углерода (до 38%), углекислый газ (до 25%), а также метан, водород, азот.

Один килограмм целлюлоида дает при сгорании около 170—180 л газообразных продуктов примерно такого состава:



При разложении целлюлоида без доступа воздуха образуются газообразные продукты неполного сгорания, которые в смеси с воздухом при концентрации между 4 и 9% образуют взрывчатую смесь. Эти газообразные продукты неполного сгорания целлюлоида особенно опасны тем, что в их состав входят ядовитые газы: окись углерода, окислы азота и синильная кислота. При неполном сгорании 1 кг целлюлоида образуется около 7—12 г HCN, которая даже при незначительных концентрациях (0,1 г на 1 м<sup>3</sup>) является смертельной. Концентрация 0,3 мг/л (около 0,027%) и выше вызывает немедленную смерть.

Особенностью синильной кислоты является то, что отравление ею возможно через кожу. Уже после 2—5-минутного пребывания в атмосфере, содержащей 1% синильной кислоты (11 мг/л), причем органы дыхания защищены, усиливается сердцебиение, появляется жар, кожа становится красно-белой; позже возникает головная боль, рвота, слабость, а более длительное



пребывание (свыше 5 мин) в атмосфере, содержащей 1% синильной кислоты, опасно для жизни\*.

Большую опасность представляют продукты сгорания пластмасс, получающих в настоящее время широкое распространение в промышленности. Первые пожары, связанные с их горением, показали большую токсичность от их сгорания и разложения.

По литературным данным, 3-минутное пребывание человека в атмосфере, содержащей 2,5% хлористого винила, вызывает головокружение, нарушение ориентировки в окружающей обстановке.

При нагревании хлорвиниловых смол выделяется значительное количество соляной кислоты (HCl) и хлорорганических соединений. В некоторых образцах хлорвиниловых смол количество выделяющейся HCl при нагревании от 100 до 165°С увеличивается от 0,01% до 33,65%. В продуктах разложения хлорвиниловых смол содержится также окись углерода (от 0,8 до 3,9 мг/л).

Установлено, что при сгорании 1 кг пенополиуретана выделяется 0,03 мг/л цианистого водорода и 0,223 мг/л толуилендиизационата. По санитарным нормам допускается концентрация цианистого водорода 0,003 мг/л и толуилендиизационата 0,0005 мг/л.

Ядовитые вещества выделяются также при горении таких распространенных материалов, как мипора, стиропор, полистирол, поливинилхлоридная пленка и т. д.

Отмечены случаи отравления людей при возникновении пожаров на предприятиях, связанных с производством, обработкой и применением синтетических материалов.

При горении масел выделяется акролеин. Малейшее количество акролейна (около 0,002 мг/л) вызывает жжение глаз, раздражение слизистых оболочек рта и носа, кашель. Вдыхание более высоких концентраций может вызвать воспаление легких со смертельным исходом. Концентрацию 0,07 мг/л (около 0,003%) человек не может переносить более 1 мин.

Краткий анализ некоторых свойств продуктов сгорания показывает, что они представляют определенную

---

\* Работу с кинопленкой или целлулоидом даже в ограниченных количествах в бесфонарных зданиях нельзя разрешить. При необходимости такие помещения должны быть изолированы, примыкать к наружным стенам и иметь самостоятельные эвакуационные выходы и соответствующие средства защиты.



угрозу для безопасности людей, затрудняют работу пожарных по обнаружению очага пожара и его тушению, способствуют распространению пожара, создают дополнительные давления на конструкции и т. п.

В связи с отсутствием в бесфонарных зданиях фонарей и оконных проемов даже небольшой очаг пожара может вызвать задымление многих помещений. Тушение задымленных бесфонарных зданий в связи с их значительными размерами весьма затруднено, что сопряжено с большим ущербом. Поэтому при проектировании бесфонарных зданий предусматривают дымовые люки, предназначенные для удаления продуктов горения при пожаре.

Эффективность работы дымовых люков зависит от их сечения, конструкции, безопасности действия и размещения в здании.

Рассмотрим имеющиеся сведения по этому вопросу.

## 2. СЕЧЕНИЕ ДЫМОВЫХ ЛЮКОВ

Сечение дымовых люков нормируется. Согласно СНиП II-М. 2-62 сечение дымовых люков должно быть не менее 0,2% от площади пола.

Опыты, проведенные УПО МООП РСФСР в 1964 г. в гг. Балаково и Иваново, а также на фрагменте Ивановского камвольного комбината в 1965 г. показали, что предусмотренная СНиП норма сечения дымовых люков приемлема для отдельных частных случаев, когда небольшая часть помещения занята горючими веществами (в пределах 5—6%) и при сравнительно небольшой весовой скорости горения (до 20 кг/м<sup>2</sup> ч). В остальных случаях сечение дымовых люков может быть определено по расчету.

Расчет, устройство и регулирование работы дымовых люков базируются на законах аэрации зданий. Сечение дымовых люков определяют по следующему уравнению:

$$f_{\text{л}} = \frac{W}{\varphi v}, \quad (1)$$

где  $f_{\text{л}}$  — площадь сечения дымовых люков в м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;

$W$  — объем продуктов сгорания, образующихся при пожаре, в м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> сек;

$\varphi$  — коэффициент расхода;

$v$  — скорость истечения продуктов сгорания в м/сек.

Объем продуктов горения, образующихся при пожаре, определяют по уравнению

$$W = \frac{n W_t a_m}{3600} \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ сек}, \quad (2)$$

где  $n$  — весовая скорость выгорания горючих веществ с 1  $\text{м}^2$  площади пола за 1 ч в  $\text{кг}/\text{м}^2 \text{ ч}$ ;

$W_t$  — объем продуктов сгорания, образующихся при сгорании 1  $\text{кг}$  горючих веществ, в  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;

$a_m$  — коэффициент избытка воздуха.

Подставив значение  $W$  в уравнение (1), получим формулу (3) для определения площади дымовых люков на единицу площади помещения, занятой сгораемыми материалами:

$$f_{\text{л}} = \frac{\beta n W_t a_m}{3600 \varphi v} \text{ м}^2/\text{м}^2. \quad (3)$$

Если желательно получить площадь дымовых люков для всего помещения, тогда

$$f_{\text{л}} = \frac{\beta n W_t F_{\text{пом}} a_m}{3600 \varphi v} \text{ м}^2, \quad (4)$$

где  $\beta$  — коэффициент объемности;

$F_{\text{пом}}$  — площадь рассматриваемого помещения в  $\text{м}^2$ .

Коэффициент объемности определяют как частное от деления возможной площади поверхности горения на общую площадь пола помещения.

В производственных зданиях чаще всего площадь горения принимают равной площади пола, занятой сгораемыми веществами. В складских зданиях, а также в производственных зданиях при хранении различных веществ площадь горения принимается равной площади боковых поверхностей штабелей или стеллажей. Значение коэффициента объемности меньше единицы.

Это объясняется тем, что в бесфонарных зданиях газообмен при пожарах такой, что обеспечивается горение лишь на определенной площади поверхности горючих веществ. Опыты, проведенные на фрагменте Ивановского камвольного комбината, показали, что площадь, занятая горением, не превышает 40% площади пола помещения. Это значит, что в бесфонарных зданиях максимальное значение коэффициента объемности не превышает 0,4.

Как видно из формулы (3), исходными данными для определения площади сечения дымовых люков являются: скорость выгорания сгораемых веществ при пожаре, объем продуктов сгорания и скорость истечения продуктов сгорания через дымовые люки.

Экспериментальные данные о средней весовой скорости выгорания некоторых горючих веществ, полученных в ЦНИИПО, приведены в табл. 12. Попутно укажем, что данные о скорости выгорания различных веществ должны быть уточнены и существенным образом расширены.

Объем продуктов сгорания определяют на основании уравнения реакции горения при коэффициенте избытка воздуха, равном единице. Для практических расчетов можно принять, что объем газообразных веществ, выделяющихся при горении, равен количеству воздуха, необходимого для горения этих веществ. При этом учитывают температуру отходящих газов и давление, а также коэффициент избытка воздуха.

Так, например, количество воздуха, необходимого для горения 1 кг бензола, может быть найдено следующим образом.

Из реакции горения имеем

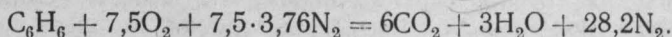


Таблица 12

Средняя весовая скорость выгорания

№ п/п	Вещества	Скорость горения в кг/м <sup>2</sup> ч	№ п/п	Вещества	Скорость горения в кг/м <sup>2</sup> ч
1	Керосин . . . . .	49,33	15	Резина (в покрыш- ках) . . . . .	40
2	Автобензин . . . .	80,85	16	Хлопок в тюках (190 кг/м <sup>3</sup> ) . . . .	9
3	Авиабензин . . . .	92	17	Бумага (навалом)	24
4	Бензол . . . . .	165	18	Древесина в об- становке жилых и общественных зданий . . . . .	50
5	Толуол . . . . .	138	19	Угары и другие волокнистые материалы во взрыхленном со- стоянии . . . . .	15
6	Ацетон . . . . .	66			
7	Метиловый спирт	57			
8	Бутиловый »	52			
9	Скипидар . . . . .	124			
10	Сероуглерод . . . .	133			
11	Машинное масло	40			
12	Соляровое »	44			
13	Каучук синтети- ческий . . . . .	25			
14	Каучук натураль- ный и полисти- рол . . . . .	30			

Как видно из реакции, для сгорания 78 кг бензола понадобится  $(7,5 + 7,5 \cdot 3,76) 22,4 = 799,68 \text{ м}^3$  воздуха. Для сгорания 1 кг бензола потребуется  $799,68 : 78 = 10,25 \text{ м}^3$  воздуха.

При горении сложных химических соединений (древесина, торф, каменный уголь, нефть и др.) устанавливают элементарный состав горючих веществ, выраженный в весовых процентах, а затем определяют количество необходимого воздуха по формулам:

$$\alpha_{\text{возд}} = 0,3478 \left( \frac{C}{3} + H + \frac{S}{8} - \frac{O}{8} \right) \text{ кг}, \quad (5)$$

$$W_{\text{возд}} = 0,269 \left( \frac{C}{3} + H + \frac{S}{8} - \frac{O}{8} \right) \text{ м}^3, \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{возд}}$  и  $W_{\text{возд}}$  — соответственно вес в кг и объем в  $\text{м}^3$  воздуха (при  $0^\circ \text{С}$  и давлении 760 мм рт. ст.), необходимого для сгорания 1 кг вещества;

C, H, S и O — соответственно количество углерода, водорода, серы, кислорода в горючем веществе в весовых процентах.

В табл. 13 приведены данные о количестве воздуха, необходимого для горения некоторых веществ. Объем воздуха, полученный по реакции горения, а также приведенный в табл. 13, относят к температуре, равной  $0^\circ \text{С}$  и давлению 760 мм рт. ст. При определении объема продуктов сгорания, принятого нами равным количеству воздуха, необходимого для горения, вносят поправку на температуру и давление.

Таблица 13

Данные о количестве воздуха, необходимого для горения

Наименование	Количество воздуха, необходимого для горения 1 кг вещества	
	в кг	в $\text{м}^3$
Древесина . . . . .	5,9	4,6
Торф . . . . .	7,5	5,8
Бензин . . . . .	15	11,6
Керосин . . . . .	14,8	11,5
Нефть . . . . .	14	10,8
Бензол . . . . .	13,1	10,1
Толуол . . . . .	13,3	10,3
Ацетилен . . . . .	15,4	11,9

Объем воздуха при данной температуре определяют по формуле

$$W_t = W_0 \left( 1 + \frac{1}{273} t_{п.г} \right), \quad (7)$$

где  $W_0$  — объем воздуха при температуре, равной  $0^\circ\text{C}$ .  
 $t_{п.г}$  — средняя температура продуктов сгорания в  $^\circ\text{C}$ .

Значение коэффициента избытка воздуха рекомендуется принимать для волокнистых материалов — 5, а для твердых горючих веществ — 2.

Определить среднюю температуру продуктов сгорания расчетным путем в настоящее время трудно из-за отсутствия ряда исходных данных (коэффициентов потерь тепла и избытка воздуха и др.). Кроме того, трудность в расчетном определении средней температуры продуктов горения заключается в том, что исходные данные будут меняться в связи с возможными изменениями обстановки на пожаре. Поэтому для определения средней температуры продуктов сгорания на пожаре следует руководствоваться имеющимися экспериментальными данными. Так, по стандартной температурной кривой максимальная температура в очаге пожара через 5 мин достигает  $556^\circ\text{C}$ , через 10 мин  $659^\circ\text{C}$ , через 15 мин  $718^\circ\text{C}$ , через 30 мин  $821^\circ\text{C}$  и через 1 ч  $925^\circ\text{C}$ . В промежутке времени от 0 до 1 ч изменение температур носит линейный характер. Поэтому средние температуры применительно к рассматриваемому случаю могут быть определены с достаточной точностью как среднеарифметические значения. Так, например, для начальной стадии развития пожара продолжительностью в 10 мин средняя температура продукта сгорания  $t_{п.г}$  будет равна  $659:2 \approx 330^\circ$ , для 15 мин  $718:2 = 359^\circ\text{C}$ , для 30 мин  $821:2 \approx 410^\circ\text{C}$ .

Применительно к пожарам в бесфонарных зданиях могут быть приняты следующие температуры отходящих продуктов горения:

при горении волокнистых материалов . . .	$-360^\circ\text{C}$ ;
» » изделий на основе древесины . .	$-450^\circ\text{C}$ ;

Среднеобъемная температура в помещении в среднем на 20% ниже температуры отходящих газов.

Приведенные данные о средних температурах показывают, что они весьма значительны. Работать при этих температурах пожарному со стволом и проникать в помещение на значительные расстояния можно лишь при



принятии специальных мер предосторожности. Опыты показали, что изменением сечения дымовых люков в практически допустимых пределах не удастся существенным образом повлиять на изменение температуры в помещении при пожаре. Поэтому вряд ли можно рассчитывать на работу пожарных на значительном расстоянии от дверных проемов. Наблюдения показали, что в потоке свежего воздуха у проемов температура значительно ниже, чем в помещении, однако уже на небольшом расстоянии от проемов обстановка существенно отличается.

Имея в виду значительные размеры бесфонарных зданий, является правомерной постановка вопроса о необходимости увеличения напоров в водопроводных сетях с целью существенного увеличения длины водяных струй. При этом нужно исходить из того, чтобы можно было тушить пожар водяными струями, удаляясь от проемов на незначительные расстояния (1—2 м).

Скорость истечения продуктов сгорания через дымовой люк определяют по формуле

$$v = \sqrt{\frac{2gh_2(\gamma_n - \gamma_{п.г})}{\gamma_{п.г}}}, \quad (8)$$

где  $g$  — ускорение силы тяжести в м/сек<sup>2</sup>;  
 $h_2$  — расстояние от плоскости равных давлений до центра дымового люка в м;  
 $\gamma_n$  — объемный вес наружного воздуха в кг/м<sup>3</sup>;  
 $\gamma_{п.г}$  — объемный вес продуктов сгорания при средней температуре пожара в кг/м<sup>3</sup>.

Положение плоскости равных давлений зависит от соотношения площади отверстий дымовых люков и отверстий, через которые поступает наружный воздух, а также от соотношения объемных весов наружного воздуха и продуктов сгорания.

Расстояние от плоскости равных давлений до центра дымового люка определяют по формуле

$$h_2 = \frac{h}{\frac{f_{л}^2}{f_0^2} \cdot \frac{\gamma_{п.г}}{\gamma_n} + 1}, \quad (9)$$

где  $f_{л}$  — площадь сечения дымовых люков в м<sup>2</sup>;  
 $f_0$  — площадь сечения отверстий, через которые поступает холодный воздух, в м<sup>2</sup>;

$\gamma_{п.г}$  — объемный вес продуктов сгорания в  $кг/м^3$ ;

$\gamma_n$  — объемный вес наружного воздуха в  $кг/м^3$ ;

$h$  — расстояние между центрами отверстий в м.

Однако для определения скорости истечения продуктов горения значением  $h_2$  можно задаться. Опытами установлено, что плоскость равных давлений не должна опускаться ниже верхней притолоки приточных отверстий (дверных проемов). При этих условиях отверстия работают только на приток свежего воздуха, что исключает возможность задымления смежных помещений.

Если известна высота дверных проемов ( $h_{дв}$ ) и высота помещения от пола до центра вытяжных отверстий ( $H$ ), то

$$h_2 = H - h_{дв}.$$

Подставляя значение  $h_2$  в формулу 8, определяют скорость истечения продуктов горения, а затем по формуле (3) или (4) находят сечение люков ( $f_{л}$ ).

Приведем пример расчета площади сечения дымовых люков.

Требуется определить удельную площадь сечения дымовых люков для бесфонарного и безоконного помещений. Коэффициент объемности  $\beta = 0,3$ . Скорость выгорания горючих веществ составляет  $15 \text{ кг}/\text{м}^2 \text{ ч}$ . Объем воздуха, необходимого для горения  $1 \text{ кг}$  вещества при температуре  $0^\circ\text{C}$ , равен  $3,3 \text{ м}^3$ . Коэффициент расхода  $\varphi = 0,64$ . Расстояние между центрами приточных и вытяжных отверстий  $h = 7$ . Расстояние от пола помещения до центра вытяжных отверстий  $H = 8$ . Средняя температура отходящих продуктов горения  $t_{п.г} = 350^\circ\text{C}$ . Коэффициент избытка воздуха равен 5.

Определяем объем продуктов сгорания

$$W_t = W_0 (1 + \alpha t) = 3,3 \left( 1 + \frac{350}{273} \right) = 7,55 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Объемный вес наружного воздуха  $\gamma_n$  при  $t_n = 20^\circ\text{C}$  принимаем равным  $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Объемный вес продуктов сгорания при  $t_{п.г} = 350^\circ\text{C}$  найдем из соотношения

$$\frac{\gamma_{п.г}}{\gamma_n} = \frac{T_n}{T_{п.г}}, \text{ откуда } \gamma_{п.г} = \frac{\gamma_n T_n}{T_{п.г}},$$

а

$$\gamma_{п.г} = \frac{1,2 (273 + 20)}{273 + 350} = 0,565 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Положение плоскости равных давлений принимаем при высоте дверных проемов  $h_{\text{дв}} = 2$

$$h_2 = H - h_{\text{дв}} = 8 - 2 = 6,$$

тогда скорость истечения продуктов горения будет следующей:

$$v = \sqrt{\frac{2gh_2(\gamma_n - \gamma_{\text{п.г}})}{\gamma_{\text{п.г}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,82 \cdot 6 (1,2 - 0,565)}{0,565}} = 11,5 \text{ м/сек.}$$

Удельная площадь сечения люков в процентах составит

$$t_{\text{л}} = \frac{\beta n W_t \alpha_m \cdot 100}{3600 \cdot \varphi v} = \frac{0,3 \cdot 15 \cdot 7,55 \cdot 5 \cdot 100}{3600 \cdot 0,64 \cdot 11,5} = 0,63\%.$$

В пересчете на помещение с площадью пола, равной  $1000 \text{ м}^2$ , площадь сечения люков будет равна  $6,3 \text{ м}^2$ .

Существенное значение для эффективности работы дымовых люков имеет соотношение  $f_{\text{л}} : f_0$ , которое может быть найдено из формулы (9).

Если иметь в виду, что  $\gamma_{\text{п.г}} : \gamma_n = T_n : T_{\text{п.г}}$ , формула (9) может быть представлена в виде

$$h_2 = \frac{h}{\frac{f_{\text{л}}^2}{f_0^2} \cdot \frac{T_n}{T_{\text{п.г}}} + 1}. \quad (10)$$

Если учесть, что  $h_2 = H - h_{\text{дв}}$ , будем иметь

$$H - h_{\text{дв}} = \frac{h}{\frac{f_{\text{л}}^2}{f_0^2} \cdot \frac{T_n}{T_{\text{п.г}}} + 1}. \quad (11)$$

После преобразований имеем

$$\frac{f_{\text{л}}^2}{f_0^2} = \left( \frac{h}{H - h_{\text{дв}}} - 1 \right) \frac{T_{\text{п.г}}}{T_n} \quad (12)$$

или

$$\frac{f_{\text{л}}}{f_0} = \sqrt{\left( \frac{h}{H - h_{\text{дв}}} - 1 \right) \frac{T_{\text{п.г}}}{T_n}}. \quad (13)$$

Отсюда

$$f_0 = \frac{f_{\text{л}}}{\sqrt{\left( \frac{h}{H - h_{\text{дв}}} - 1 \right) \frac{T_{\text{п.г}}}{T_n}}}. \quad (14)$$

Так, например, если задаться, что  $H=6$ ,  $h=5$ ,  $h_{дв}=2$ , то при  $T_{п-г}=200+273=473^{\circ}\text{C}$ , а  $T_{в}=20+273=293^{\circ}\text{C}$  будем иметь

$$f_0 = \frac{f_{л}}{\sqrt{\left(\frac{5}{6-2}-1\right)\frac{473}{293}}} \cong 1,6f_{л}.$$

Если сечение приточных отверстий будет больше найденных значений, то дымовые люки могут не справляться со своей работой, и продукты горения станут выходить в смежное помещение.

Поэтому все дверные проемы должны иметь двери, а их площадь при открывании в случае возникновения пожара регулироваться.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ ДЫМОВЫХ ЛЮКОВ

Дымовые люки должны быть просты по устройству и управлению и безотказны в работе. Они могут открываться вручную и автоматически. В свою очередь, способы открывания вручную могут быть разные: натяжением каната, ослаблением каната и комбинированный.

Наиболее надежны в работе дымовые люки, открывающиеся при ослаблении каната. Дымовые люки, открывающиеся при натяжении каната, в случае его разрыва или соскальзывания с блока невозможно быстро открыть. Поэтому такую систему применять не рекомендуется.

При конструировании дымовых люков для бесфонарных зданий возникает ряд вопросов.

Во-первых, необходимо решить вопрос о максимальном сечении одного люка и порядке размещения люков в покрытии здания.

Как известно, бесфонарные здания занимают площадь в несколько десятков тысяч квадратных метров. На этой площади можно разместить различное количество люков с различной площадью сечения. Практика показывает, что на площади  $1000\text{ м}^2$  целесообразно иметь не менее двух дымовых люков. При коэффициенте объемности  $\beta=0,5$  и скорости выгорания  $n=50$  площадь сечения дымовых люков может достигать  $1,2\%$  или до  $12\text{ м}^2$  на каждую тысячу квадратных метров площади пола бесфонарного здания.

Независимо от площади пола дымовой люк следует предусматривать в каждом изолированном помещении со сгораемыми материалами.

Очевидно, преимуществом должны пользоваться такие решения, при которых продукты сгорания удаляются с незначительных по площади участков здания. Такое решение ограничивает в известной мере распространение пожара в пределах площади помещения, обслуживаемой одним дымовым люком.

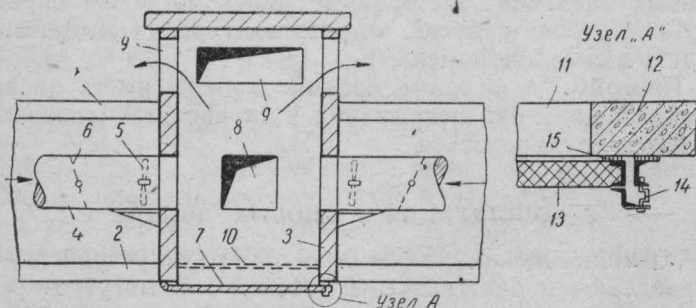


Рис. 8. Дымовая вентиляционная шахта ДВШ в чердачном помещении (вариант I)

1 — покрытие; 2 — чердачное перекрытие; 3 — вентиляционная шахта; 4 — воздуховоды для вентиляции чердачного помещения; 5 — вентиляторы; 6 — автоматическая задвижка; 7 — дымовой клапан; 8 — проем для очистки и ремонта шахты; 9 — вытяжное отверстие; 10 — лоток для сбора конденсата; 11 — низ шахты; 12 — чердачное перекрытие; 13 — клапан; 14 — легкоплавкая пластинка; 15 — уплотняющая прокладка

Во-вторых, возникает вопрос о конструкции клапанов. В чердачных покрытиях для удаления дыма устраивают шахты, которые в нормальных условиях используются для вентиляции. В настоящее время получают распространение шахты, разработанные Госхимпроект, Промстройпроектом и др.

Устраивают их из сборных железобетонных элементов и с металлическим каркасом. Вариант устройств шахт из сборных железобетонных элементов приведен на рис. 8.

В нормальных условиях шахта служит для вентилирования чердачных помещений. Низ шахты плотно перекрывается полотнищами трудносгораемой или несгораемой конструкции. При возникновении пожара эти полотнища должны открываться и обеспечивать удаление дыма. Открывание полотнищ производится автома-



тически. Одновременно с открыванием полотнищ должны закрываться другие проемы, служащие для вентиляции чердака.

Сравнивая конструкции шахт, выполненных из сборного железобетона и с металлическим каркасом, следует отдать предпочтение шахтам из сборных железобетонных конструкций. Так, в одном варианте металлический каркас шахты обшивается листовой сталью и заполняется минеральной ватой. При длительном пожаре каркас шахты может деформироваться, а минеральная вата — плавиться и гореть, так как в ней содержится значительный процент битума. Поэтому вариант вытяжной шахты в металле должен быть существенно переработан. При этом каркас шахты необходимо заполнить негоряемыми материалами и защитить его от действия высоких температур.

Недостатком таких вариантов дымовых шахт является определенная сложность удаления конденсата влаги из них, а также отсутствие дистанционного управления открыванием и закрыванием шахт при пожаре. Эти недостатки устранены в варианте дымовых шахт, предложенном Промстройпроектом (рис. 9).

При возникновении пожара вытяжные каналы, предназначенные для вентилирования чердака, перекрывают, а отверстие для удаления дыма, перекрытое падающей дверью, открывают путем ослабления каната с центрального щита. Дверь может опуститься также в результате расплавления легкоплавкого замка или срабатывания датчиков на дым.

В варианте Гипротекстильпрома дымовые продукты удаляются вентиляторами, установленными на чердаке.

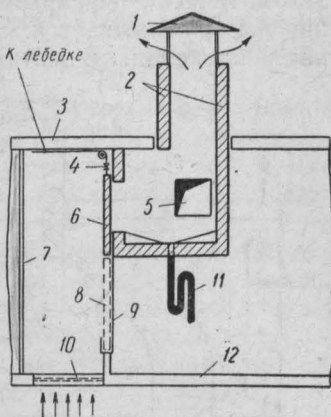


Рис. 9. Дымовая вентиляционная шахта ДВШ в чердачном помещении (вариант II)

1 — колпак; 2 — дымовая шахта; 3 — покрытие; 4 — легкоплавкий замок; 5 — отверстие для вентиляции чердака; 6 — клапан; 7 — ограждение, разделяющее чердак; 8 — положение клапана при открытии дымового люка; 9 — направляющие для клапана; 10 — отверстие в чердачном перекрытии с решеткой; 11 — трубка для отвода конденсата; 12 — чердачное перекрытие

К вентилятору, как это видно из схемы (рис. 10), присоединены два воздуховода. Один воздуховод 7 предназначен для вентиляции чердака, а второй 9 — для удаления дыма при пожаре. При возникновении пожара воздуховод, предназначенный для вентиляции чердака, автоматически перекрывается, а воздуховод для удаления дыма открывается. Этот вариант менее удачен, так как воздуховоды и вентиляторы будут подвергаться воз-

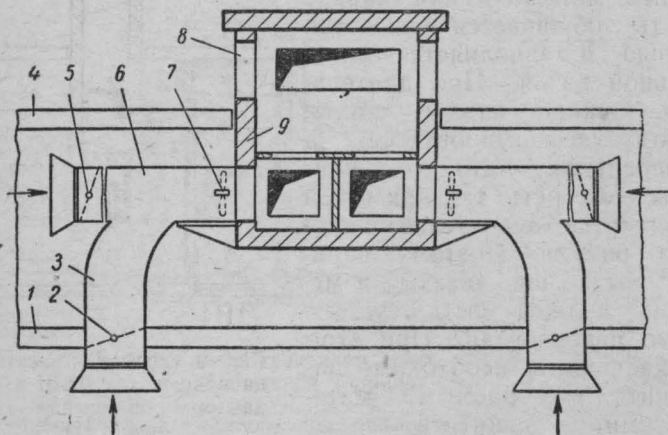


Рис. 10. Вентиляционная шахта ДВШ (вариант III)

1 — чердачное перекрытие; 2 — автоматическая заслонка; 3 — воздуховод для отвода продуктов горения при пожаре; 4 — покрытие; 5 — автоматическая заслонка; 6 — воздуховод для вентиляции чердака; 7 — вентилятор; 8 — вытяжное отверстие; 9 — дымовая шахта

действию высоких температур при пожаре, что может привести к их деформации, разрушению и приостановке удаления продуктов сгорания.

Опыты показали, что при наличии чердаков существенное внимание должно быть уделено их противоподымной защите.

В бесфонарных зданиях в подвесных чердачных перекрытиях зачастую устраивают отверстия для светильников и другие проемы. Через эти проемы продукты горения проникают на чердак и могут распространиться на значительные площади. Это сопряжено с опасностью возникновения новых очагов пожара, распространения дыма в производственные помещения и затруднениями, которые могут возникнуть при тушении пожара.

Поэтому признано целесообразным разделять чердаки на отсеки независимо от огнестойкости покрытий. Площадь чердачных отсеков должна быть такой же как и для помещений, расположенных под чердаками.

Кроме этого, возникает необходимость в дополнительных устройствах по удалению дыма с чердаков. В качестве таких устройств могут быть специальные стационарные или привозные механические дымососы или дымовые люки в покрытии.

Для бесчердачных покрытий дымовые вентиляционные шахты разработаны Госхимпроектом применительно к покрытиям из сборных железобетонных плит. В плитах ПКЖ-8 сделаны отверстия для удаления дыма, сечение отверстий  $1 \text{ м}^2$ . Количество отверстий может быть до 4 шт. Преимущество принятых решений заключается в том, что открывание клапанов может быть ручное, дистанционное и автоматическое. Это позволит, по усмотрению руководителя тушения пожара, регулировать открывание и закрывание дымовых отверстий в зависимости от обстановки на пожаре.

Для предохранения дымового клапана от примерзания и воздействия атмосферных осадков над ним устанавливается вытяжная шахта. Вытяжные шахты могут быть двух типов — с жалюзийной решеткой и с дефлектором. Каркасы шахт и их заполнение выполняются из негорючих или труднотгораемых материалов. Общая схема устройства дымовых вентиляционных шахт представлена на рис. 11.

Как видно из рис. 11, полотнище клапана 5 помещено в подвижной раме 6, составленной из уголков. Полотнище клапана 5 вращается вместе с рамой 6 вокруг эксцентрично насаженной и неподвижной оси клапана 10. При ослаблении троса 11 клапан вместе с рамой 6 поворачивается вокруг оси 10 и занимает вертикальное положение.

Лебедка крепится к ближайшей колонне. Это решение позволяет сократить длину тросов и упростить канатно-блочную систему. В нормальных условиях эксплуатации здания шахта может быть использована для вентиляции помещения.

Кроме ручного открывания клапана проектом предусмотрено автоматическое — с помощью специального устройства, показанного на рис. 12. Это устройство представляет собой пластинки 13, приваренные

к полотнищу клапана и к рамке 11. К пластинкам приболчиваются два уголка 14, которые спаяны между собой легкоплавким сплавом 15. При повышении температуры сплав плавится, в результате чего полотнище клапана, связанное с рамкой, поворачивается под действием собственного веса и занимает вертикальное по-

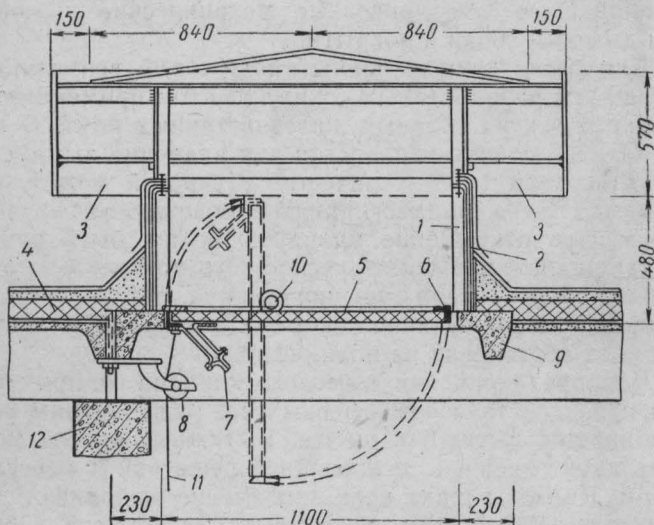


Рис. 11. Вентиляционная дымовая шахта ДВШ в бесчердачном покрытии (конструкция Госхимпроекта)

1 — каркас шахты; 2 — заполнение шахты из негорючих или трудносгораемых материалов; 3 — жалюзи; 4 — утепление покрытия; 5 — полотнище клапана; 6 — рама из уголков; 7 — легкоплавкий замок; 8 — щеки для блока; 9 — плита ПКЖ-8; 10 — ось клапана; 11 — трос к лебедке; 12 — прогон или верхний пояс фермы

ложение. При этом одна пластинка автоматического устройства поворачивается вместе с клапаном, а вторая остается на месте с рамкой 11.

Госхимпроектом даны также более усовершенствованные конструкции вытяжных шахт, которые могут быть применены как в чердачных, так и в бесчердачных покрытиях (серия ТАР-11-7). Эти дымовые люки отличаются от предыдущих тем, что вместо специальной надстройки применен типовой дефлектор по сериям ОВ-02-123 и ОВ-02-132.

Шахты разработаны с диаметром труб 885 и 1325 мм с площадью сечения соответственно 0,61 и 1,38 м<sup>2</sup>. Общий вид вентиляционной шахты для бесчердачных бесфонарных зданий показан на рис. 13, а, б.

Работа шахты регулируется утепленным клапаном с ручным дистанционным и автоматическим управле-

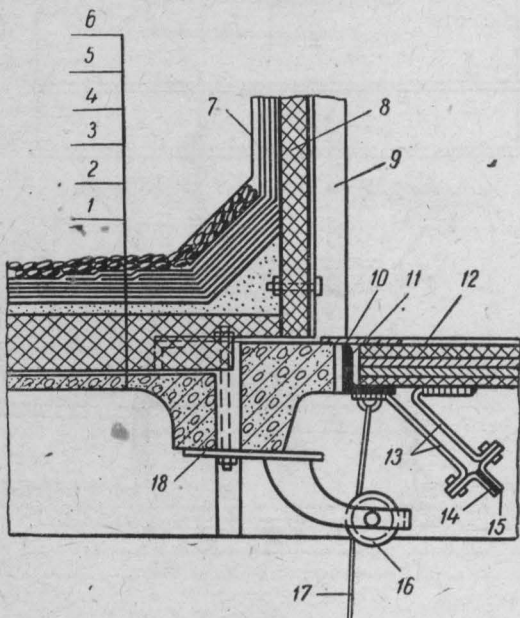


Рис. 12. Деталь автоматического устройства

1 — железобетонная плита покрытия; 2 — пароизоляция; 3 — утеплитель; 4 — выравнивающий слой; 5 — кровля; 6 — защитный слой; 7 — фартук из кровельной стали; 8 — заполнение каркаса шахты из негорючих или труднотгорючих материалов; 9 — каркас шахты; 10 — нащельник; 11 — рамка из уголков; 12 — клапан; 13 — фасонные части из полосовой стали; 14 — уголки; 15 — легкоплавкий сплав; 16 — блок; 17 — трос; 18 — косяк или закладная деталь

нием. Клапан помещен во внешнюю рамку и связан с ней легкоплавкой вставкой. При этом клапан прикреплен к валу наглухо, а рамка подвешена к нему свободно. Канат ручного управления, соединенный с лебедкой и прикрепленный к внешней рамке, вращает ее вокруг вала. При натяжении каната клапан закрывается, а при его ослаблении открывается. Открыванию клапана способствует противовес.



a)

Technical drawing showing a cross-section of a mechanical assembly, labeled "No 2-2". The drawing includes dimensions and numbered components.

Dimensions:

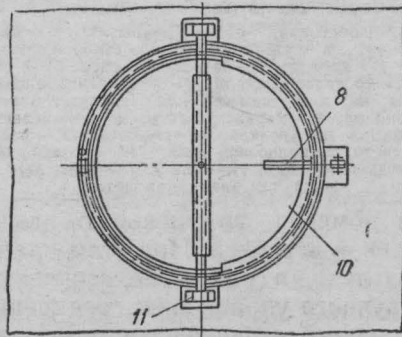
- 1325 (Width of the central section)
- 1450 (Width of the base)
- 610 (Height of the central section)
- 40 (Height of the top flange)
- 530 (Height of the base)
- 2 (Height of the base flange)
- 8 (Height of the base flange)

Numbered components:

- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

No 2-2

По 2-2



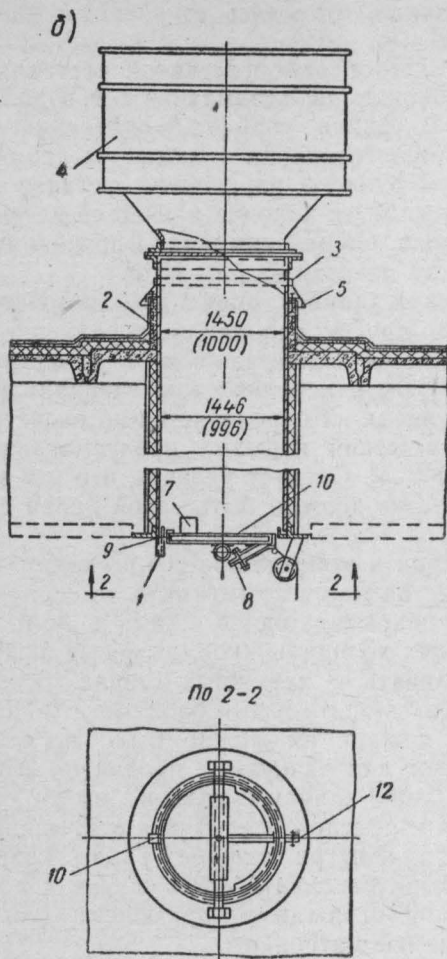


Рис. 13. Дымовой люк с дефлектором конструкции Госхимпроекта

а — в бесчердачном покрытии; б — в чердачном покрытии; 1 — трубка для отвода конденсата; 2 — железобетонный стакан; 3 — стальная труба; 4 — дефлектор; 5 — колпак; 6 — стальное кольцо; 7 — противовес; 8 — легкоплавкая вставка; 9 — упор; 10 — утепленный клапан; 11 — подшипник; 12 — блок

В случае пожара легкоплавкая вставка расплавляется и клапан, отделяясь от внешней рамки, открывается.

Замки с легкоплавкой вставкой поставляются заводом противопожарной автоматики в г. Прилуки Черниговской обл. Длина спайки  $l$  определяется заводом. Нормативная нагрузка на 1 замок 45 кг. Лебедка дистанционного ручного управления устанавливается на ближайшей к шахте колонне или стене на высоте 80 см от уровня пола. Общий вид шахты при наличии чердачного покрытия показан на рис. 13, б.

В складских зданиях, подвальных помещениях, холодильниках и других зданиях, где удаление продуктов горения является обязательным, в качестве дымовых люков могут быть использованы специальные оконные проемы. Площадь их определяется по расчету. Для подвальных помещений нормами предусматривается один проем на 1000 м<sup>2</sup>. Следует указать, что и в этом случае в каждом отсеке должен быть такой проем с площадью 1,5—2 м<sup>2</sup>.

Если устроить оконные проемы по каким-либо причинам не представляется возможным, то сооружают обычные люки в покрытиях одноэтажных зданий, как, например, в зданиях холодильников, дымовые люки целесообразно устраивать в наружных стенах. В этом случае люки закладывают готовыми блоками с таким расчетом, чтобы при пожаре их можно было легко удалить и создать проем для эвакуации продуктов сгорания. Эти закладные блоки-клапаны должны иметь специальные обозначения и приспособления для открывания как снаружи, так и изнутри здания. Такие клапаны, естественно, нужно устраивать в том случае, если в качестве термоизоляции ограждений применены сгораемые или трудносгораемые материалы.

Для удобного доступа к очагу пожара рекомендуется устраивать легко разбираемые перегородки или закладные части во внутренних стенах и перегородках, которые также должны иметь специальные обозначения и приспособления для их извлечения из стен или перегородок.

Места установки закладных блоков-клапанов следует в каждом отдельном случае согласовывать с работниками пожарной охраны.

В заключение нужно высказать несколько соображений по поводу использования механических систем вентиляции для удаления продуктов горения при пожарах.

Опыты, проведенные в гг. Иваново и Балаково, показали, что к использованию действующих систем вентиляции для дымоудаления нужно подходить с большой осторожностью.

Так, во время одного из опытов в г. Иваново выяснилось, что не был отключен один кондиционер, который работал по рециркуляционной схеме. Это привело к тому, что по системе вытяжных воздуховодов продукты горения отсасывались вентилятором из чердачных помещений и нагнетались по приточным воздуховодам в другие цехи. В результате этого целый ряд цехов, даже не смежных с очагом пожара, оказался задымленным.

Кроме этого, выяснилось, что работа приточных систем вентиляции нарушает гравитационный процесс удаления продуктов горения через люки, что снижает их производительность. Имеет также существенное значение работа металлических воздуховодов и вентиляторов при высоких температурах.

Вместе с этим установлено, что если площадь загрузки помещений твердыми горючими веществами незначительна, т. е. находится в пределах 10% от площади пола, то температуры отходящих продуктов горения не превышают 200—250° С. При таких температурах возможно использование механической вытяжки вместо специальных дымовых шахт. Однако и в этом случае установки должны быть приспособлены только для удаления продуктов горения и иметь для этой цели автоматический и дистанционный пуск.

Общеобменные, а также местные системы вентиляции, предназначенные для удаления производственных вредностей, должны при пожарах выключаться. Это необходимо оговорить специальными инструкциями, а для выключения систем вентиляции при пожарах следует выделить ответственных лиц.

Остается по существу не разработанным вопрос о конструкции дымоудаляющих устройств для производств, относящихся по пожарной опасности к категориям А и Б. Как известно, в зданиях, в которых

размещаются такие производства, должны предусматриваться взрывные люки.

В бесфонарных зданиях взрывные люки могут размещаться в покрытиях, которые при взрывах должны сбрасываться. Вместе с тем в этих производствах возможен не только взрыв, но и пожар. Поэтому желательна разработка комбинированного люка, который открывался бы не только при взрыве, но и при пожаре.

---



## ВЗРЫВНЫЕ ЛЮКИ

Опыт эксплуатации производственных зданий показывает, что в отдельных случаях в результате аварий, а также нарушения режима эксплуатации производственного оборудования происходят взрывы, которые сопровождаются разрушением строительных конструкций, оборудования и даже гибелью людей. Такие взрывы могут возникнуть там, где из производственной аппаратуры выделяются пары, газы или пыль, способные вместе с воздухом образовывать взрывоопасные смеси. Поэтому при проектировании и эксплуатации бесфонарных зданий и помещений, в которых могут образовываться взрывоопасные смеси, предусматривают различные конструктивные и организационные решения, способные не только предупредить возможность возникновения взрыва, но и ограничить его разрушающее действие.

Остановимся на некоторых производственных процессах, в которых возможно образование взрывоопасных смесей. Вначале рассмотрим процессы обработки твердых веществ. Такие производственные процессы встречаются в цехах приготовления и транспортировки угольной пыли и древесной муки, в выбойных и размольных отделениях мельниц, в цехах изготовления сахарной пудры, дробильных установках для фрезерного торфа, на многих предприятиях табачной, пищевой и комбикормовой промышленности.

К числу производственных процессов, связанных с обработкой легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также газов, способных образовывать взрывоопасные смеси, можно отнести: баратные и ксантатные цехи фабрик искусственного волокна, цехи стержневой полимеризации синтетического каучука, водородные станции, цехи рекуперации и ректификации

органических растворителей, склады баллонов для горючих газов, склады легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, насосные станции по перекачке легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

В связи с развитием химической промышленности по производству пластмасс, гербицидов и переработке нефти и нефтепродуктов перечень взрывоопасных процессов увеличивается.

По действующим нормам строительного проектирования устройство взрывных панелей является обязательным для производственных процессов, относимых по пожарной опасности к категории А и производств категории Б, опасных по пыли.

Защита от разрушения строительных конструкций и оборудования в этих производствах во многом зависит от качества устройства взрывных люков, их сечения, количества и правильного размещения.

**Сечение взрывных люков.** При определении площади сечения взрывных люков исходят из необходимости снижения давления при взрыве до определенной величины, безопасной для прочности и устойчивости основных несущих конструкций здания.

В тех случаях, когда сечение взрывных люков является недостаточным, рассчитывают конструкции на дополнительные давления, возможные при взрыве газо-, пыле- или паровоздушной смеси. Это давление именуется в дальнейшем допустимым и обозначается  $p_{доп}$ .

Снижение давления при взрыве достигается за счет срабатывания взрывоопасной смеси, не успевшей сгореть до открытия люков, и продуктов сгорания при взрыве.

Явления взрыва пыле-, паро- и газовоздушных смесей в зданиях и воздействие взрывной волны на строительные конструкции еще подробно не изучены. Поэтому расчет сечения взрывных люков построен на ряде допущений и предположений, которые в основном согласуются с имеющимися представлениями по данному вопросу.

Эти допущения и предположения сводятся к следующему:

1) предполагается, что взрыв происходит в таком помещении, в котором взрывоопасная смесь равномерно распределена по всему объему, а концентрация смеси близка к стехиометрической;

2) при взрыве смеси в какой-либо точке замкнутого

объема тепло, выделяющееся при горении, идет на нагрев продуктов сгорания, которые, расширяясь, сжимают смесь по концентрической окружности. Сжатая смесь стремится оторваться от сферы взрыва, направляется в сторону ограждающих конструкций со значительной скоростью, образуя ударную волну. Вслед за ударной волной движется огненная волна. Ударная волна, достигая ограждающих конструкций, оказывает на них давление. Это давление нарастает от нуля до максимума. Максимальное давление возникает в момент подхода огненной волны к ограждающим конструкциям. Время от начала взрыва до достижения максимального давления на поверхности конструкций называется временем взрыва;

3) процесс повышения давления при взрыве принимается линейным. Скорость изменения давления от  $p_a$  до  $p_{\text{макс}}$  постоянна;

4) наряду с избыточным давлением, которое образуется в замкнутом объеме в результате расширения продуктов сгорания, возможно отрицательное давление при полном выгорании продуктов сгорания. При этом движение воздуха возможно от ограждающих конструкций к центру объема. Отрицательное давление при взрыве меньше избыточного и при расчете взрывоустойчивости конструкций не учитывается;

5) в момент начала истечения взрывоопасной смеси устанавливается вполне определенное давление  $p_{\text{доп}}$ , которое в дальнейшем не изменяется. После выгорания всей смеси установившееся давление снижается до атмосферного.

Характер изменения давления при взрыве в замкнутом объеме и при наличии отверстий принимается в соответствии со схемой, приведенной на рис. 14.

6) скорость горения при взрыве с прохождением через отверстия принимается равной скорости горения в замкнутом объеме;

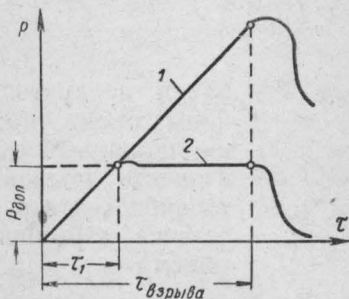


Рис. 14. Схема изменения давления при взрыве

1 — кривая изменения давления в закрытом помещении; 2 — кривая изменения давления в здании со взрывными люками

7) взрывные люки открываются мгновенно при достижении давления, равного  $p_{\text{доп}}$ ;

8) при определении давления при взрыве действие отраженных волн не учитывается.

Некоторые из высказанных положений подтверждаются, например, исследованиями процесса распространения пламени в взрывзвесах угольной пыли.

С учетом высказанных допущений сечение взрывных люков определяют по формуле

$$f_{\text{л}} = \frac{W}{v}, \quad (1)$$

где  $W$  — объем продуктов сгорания при взрыве единицы объема смеси в единицу времени в  $\text{м}^3/\text{сек}$  на единицу объема;

$v$  — скорость истечения продуктов горения через вышибное отверстие в  $\text{м}/\text{сек}$ ;

$f_{\text{л}}$  — сечение взрывного люка в  $\text{м}^2$  на единицу объема.

В то же время объем продуктов сгорания, выделяющийся в 1 сек, равен частному от деления общего количества продуктов сгорания, образовавшихся при взрыве  $W_t$  на время взрыва

$$W = \frac{W_t}{\tau}. \quad (2)$$

Отсюда

$$f_{\text{л}} = \frac{W_t}{v\tau}. \quad (3)$$

Как видно из уравнения (3), исходными величинами для определения площади сечения вышибных отверстий являются: объем продуктов сгорания, продолжительность взрыва и скорость истечения, которая в свою очередь зависит от величины допускаемого давления при взрыве и ряда других факторов.

Рассмотрим каждую величину в отдельности.

**Объем продуктов сгорания.** Объем избыточных продуктов сгорания при взрыве определяют исходя из химической реакции горения смеси и ее концентрации.

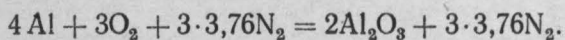
Для стехиометрической концентрации при температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении 1 атм изменение объема продуктов сгорания по сравнению с первоначальным объемом смеси будет соответствовать отношению количества

молекул  $m$ , образовавшихся после реакции, к количеству молекул  $n$  до реакции. Если первоначальный объем принять за единицу, тогда объем продуктов сгорания при  $0^\circ\text{C}$  и нормальном давлении будет

$$W_0 = 1 \frac{m}{n}. \quad (4)$$

Соотношение  $m:n$  может быть больше и меньше единицы. Приведем в связи с этим несколько примеров реакций горения аэровзвеси и газовой смеси.

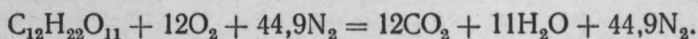
Реакция горения аэровзвеси алюминия



Из реакции горения видно, что молекулярный объем воздуха, необходимого для горения, равен  $3 + 3 \cdot 3,76 = 14,3$ , а объем продуктов сгорания равен  $3 \cdot 3,76 = 11,3$ , следовательно,

$$m:n = 11,3 : 14,3 = 0,79.$$

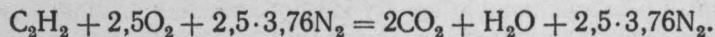
Реакция горения тростникового сахара



Как видно из реакции горения, после взрыва образуется продуктов сгорания  $12 + 11 + 44,9 = 67,9$ , т. е. наблюдается значительное увеличение против начального молекулярного объема газов (56,9 м. о.).

В этом случае  $m:n = 67,9 : 56,9 = 1,21$ .

Реакция горения ацетилена:



В данном случае

$$\begin{aligned} m:n &= (2 + 1 + 2,5 \cdot 3,76) : (1 + 2,5 + 2,5 \cdot 3,76) = \\ &= 12,4 : 12,9 = 0,96. \end{aligned}$$

Попутно отметим, что из реакции горения можно определить стехиометрическую концентрацию, а также абсолютное значение объема продуктов сгорания. Так, из реакции горения аэровзвеси алюминия видно, что при сгорании 4 молекул алюминия образуется 11,3 молекулы продуктов сгорания. Если иметь в виду, что молекулярный вес алюминия равен 27, а объем 1 грамм-молекулы всех газов при нормальных условиях равен



22,4 л, тогда при сжигании 1 г алюминия выделится продуктов сгорания при нормальном давлении и 0°С

$$\frac{11,3 \cdot 22,4}{4 \cdot 27} = 2,34 \text{ л.}$$

Оптимальная концентрация алюминиевого порошка составит

$$\frac{4 \cdot 27}{14,3 \cdot 22,4} = \frac{108}{320} = 0,339 \text{ г/л.}$$

Газообразные продукты, образовавшиеся в результате взрыва, будут нагреты до температуры взрыва, что повлияет существенным образом на увеличение их объема. Таким образом, объем продуктов горения, получающийся при взрыве смеси, содержащейся в 1 м³ здания, будет равен

$$W_t = \frac{T_v}{T_n} \cdot \frac{m}{n}.$$

**Температура горения при взрыве.** Как известно, взрыв протекает в течение сотых и десятых долей секунды. Потери тепла при такой продолжительности процесса будут весьма незначительны. Практически считают, что 90% тепла, выделившегося при горении, пойдет на нагрев продуктов горения и что температура продуктов горения будет близка к теоретически вычисленной. При обычном горении на пожарах температура горения веществ значительно ниже теоретической потому, что горение протекает неполно или со значительными избытками воздуха и с большими тепловыми потерями в окружающую среду. Из приложения 4 видно, что теоретическая температура горения газов при взрыве колеблется в широких пределах.

Теоретическая температура продуктов сгорания при взрыве может быть вычислена по формуле

$$Q = w_1 C_1 t + w_2 C_2 t + \dots + w_n C_n t, \quad (5)$$

где  $w_1, w_2, \dots, w_n$  — количества отдельных компонентов продуктов сгорания в гмоль/кг, м³/кг или м³/м³;

$C_1, C_2, \dots, C_n$  — теплоемкость компонентов продуктов сгорания в ккал/г моль град, ккал/кг град или ккал/м³ град;

$Q$  — теплота горения в ккал/г моль, ккал/кг или ккал/м³.

Теплота горения и теплоемкость некоторых газов могут быть найдены по приложениям 5 и 6.

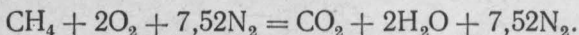
Произведения  $C_1 t$ ,  $C_2 t$  и т. д. представляют собой количество тепла, необходимого для нагревания единицы объема или веса продуктов горения от 0 до  $t^\circ$  при постоянном давлении. Это количество тепла называется теплосодержанием продуктов сгорания.

Теоретическая температура продуктов сгорания определяется подбором: сначала определяют по справочным данным теплоту горения газа, затем задаются температурой горения этого газа. Применительно к заданной температуре горения находят по справочнику теплосодержание продуктов сгорания. Найденные значения теплоты горения и теплосодержания продуктов сгорания подставляют в формулу, приведенную выше.

Если теплосодержание продуктов сгорания равно теплоте горения, то считают, что температура горения подобрана правильно, в противном случае подбор повторяют.

Покажем это на конкретном примере. Следует определить температуру горения метана при стехиометрической концентрации его с воздухом.

Количество и состав продуктов сгорания 1 г/моля метана определяем по реакции горения



Как видно из реакции горения, состав продуктов сгорания на 1 молекулу метана составляет:

$\text{CO}_2$  — 1 г/моль

$\text{H}_2\text{O}$  — 2 г/моль

$\text{N}_2$  — 7,5 г/моль

---

Всего 10,5 г/моль

По приложению 5 находим, что теплота горения метана равна 210,8 ккал/г моль. Это тепло расходуется на повышение теплосодержания 10,5 г/моль продуктов сгорания. В среднем теплосодержание 1 г/моль составит

$$210,8 : 10,5 = 20 \text{ ккал/г моль.}$$

Из приложения 6 видно, что этому теплосодержанию соответствует температура, примерно равная 2300° С.

Находим теплосодержание продуктов сгорания при температуре 2300° С:

$$\begin{array}{rcl} \text{CO}_2 & - 1 \cdot 27,75 & = 27,75 \text{ ккал/г моль} \\ \text{H}_2\text{O} & - 2 \cdot 26,10 & = 52,20 \text{ ккал/г моль} \\ \text{N}_2 & - 7,52 \cdot 17,71 & = 134 \text{ ккал/г моль} \\ \hline \text{Всего} & & 213,95 \text{ ккал/г моль} \end{array}$$

Таким образом, полученное теплосодержание продуктов сгорания, равное 213,95 ккал/г моль, превышает теплоту горения метана. Это значит, что мы взяли завышенную температуру горения.

Берем ближайшую меньшую температуру, равную 2200° С, и снова подсчитываем теплосодержание продуктов сгорания. Подсчеты показывают, что теплосодержание продуктов горения при  $t=2200^\circ\text{C}$  равно 202,9 ккал/г моль, что меньше теплоты горения метана. Истинную температуру находим по интерполяции.

На разность температур в 100° С теплосодержание продуктов сгорания изменяется на величину 213,95 — — 202,9 = 11,05 ккал/г моль. Нужно найти температуру, которая соответствует разности теплосодержаний 210,8 — 202,9 = 7,9 ккал/г моль.

Составляя пропорцию, получаем: 100—11,05;  $X$ —7,9, откуда

$$X = \frac{7,9 \cdot 100}{11,05} = 77,5^\circ \text{ C.}$$

Тогда теоретическая температура горения будет

$$2200 + 71,5 = 2271,5^\circ \text{ C.}$$

Полагая, что реальная температура горения при взрыве будет равна теоретической, умноженной на коэффициент 0,9, получаем

$$T_{\text{в}} = 2271,5 \cdot 0,9 = 2044,35^\circ \text{ C.}$$

**Скорость истечения газов при взрыве (расчетные формулы).** Как отмечалось, при взрыве пыле-, паро- или газозвоздушной смеси в закрытом помещении смесь сгорает, а выделившееся при этом тепло идет на нагрев продуктов сгорания. Так как процесс горения при взрыве протекает весьма незначительное время (доли секунды), то можно считать, что нагретые продукты сгорания отдают тепло окружающим конструкциям в таком ничтожном количестве, что ими можно пренебречь.

Процесс изменения состояния газа, при котором отсутствует теплообмен между газом и внешней средой, называется адиабатическим. Так как объем здания, в котором происходит сгорание взрывоопасной смеси, не меняется, а объем продуктов сгорания в результате их нагрева резко увеличивается, то в конечном итоге получаем сжатие смеси. Если в ограждающих конструкциях здания предусмотреть проемы, то сжатая смесь будет вытекать. В этом случае мы имеем дело с истечением газа (продуктов сгорания) при адиабатическом сжатии. Подробно такие процессы излагаются в соответствующих курсах технической термодинамики.

Скорость истечения и расход газа при адиабатическом сжатии зависят от отношения давления в среде, в которую происходит истечение  $p_a$ , к давлению в помещении (в нашем случае  $p_{\text{доп}}$ ). Отношение  $p_a : p_{\text{доп}}$ , при котором расход газа становится максимальным, называется критическим и обозначается  $v_{\text{кр}}$ . Для двухатомных газов  $v_{\text{кр}} = 0,528$ . Расчетные формулы для определения скорости истечения выведены для различных значений  $v_{\text{кр}}$ .

В нашем случае  $p_a = 1$ , а  $p_{\text{доп}}$  будет находиться в пределах 1,15—1,5 *ата*. Для любых значений  $p_{\text{доп}}$  имеем, что  $p_a : p_{\text{доп}} > 0,528$ . Для этого случая расчетная формула определения скорости истечения имеет следующий вид:

$$v = \varphi \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_{\text{доп}} \omega_t \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p_{\text{доп}}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, \quad (6)$$

- где  $g$  — ускорение силы тяжести в  $\text{м/сек}^2$ ;  
 $p_{\text{доп}}$  — допускаемое давление при взрыве в  $\text{кг/м}^2$ ;  
 $\omega_t$  — удельный объем продуктов горения с учетом температуры в  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;  
 $\varphi$  — коэффициент расхода;  
 $p_a$  — давление среды, в которую происходит истечение, в  $\text{кг/м}^2$ ;  
 $k$  — отношение удельной теплоемкости при постоянном давлении к удельной теплоемкости при постоянном объеме

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

Для расчетов исходят из следующих значений молярной теплоемкости газов:

одноатомный газ  $\mu C_v = 3$  ккал/моль град;

двухатомный газ  $\mu C_p = 5$  ккал/моль град;

трех- и многоатомный газ  $\mu C_v = 7$  ккал/моль град.

Между молярными теплоемкостями идеальных газов при  $p = \text{const}$  и  $v = \text{const}$  существует зависимость  $\mu C_p - \mu C_v \approx 1,986 \approx 2$  ккал/моль град.

Таким образом,  $\mu C_p$  для двухатомных газов, к числу которых относятся продукты горения, будет равно 7 ккал/моль град.

Для этих условий

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5} = 1,4.$$

Формула (6) может быть значительно упрощена, если заведомо задано допустимое давление при взрыве.

Подставим в формулу (6) значение удельного объема газа с учетом поправки на температуру:

$$\omega_t = \frac{1}{\gamma_0} \cdot \frac{T_v}{T_n} \cdot \frac{p_a}{p_{\text{доп}}}, \quad (7)$$

где  $\gamma_0$  — объемный вес продуктов горения при  $0^\circ \text{C}$  в кг/м<sup>3</sup>;

$T_v$  — абсолютная температура горения при взрыве в  $^\circ \text{K}$ ;

$T_n$  — начальная абсолютная температура продуктов сгорания в  $^\circ \text{K}$ ;

$p_a$  — начальное давление в кг/м<sup>2</sup>;

$p_{\text{доп}}$  — допускаемое давление в кг/м<sup>2</sup>.

В преобразованном виде формула (6) представляется следующим образом:

$$V = \varphi \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_a \frac{T_v}{T_n \gamma_0} \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p_{\text{доп}}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}. \quad (8)$$

Если задаться, что  $p_{\text{доп}} = 1,15$  ата и подставить значения известных величин  $g = 9,81$ ,  $k = 1,4$ ,  $T_n = 273^\circ \text{C}$ ,  $\gamma_0 = 1,29$ ,  $p_a = 1 \cdot 10^4$ ,  $\varphi = 0,75$ , то получим

$$v = 6,7 \sqrt{T_v}. \quad (9)$$

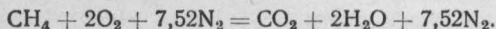
Тогда в окончательном виде формула для определения сечения взрывных люков примет вид

$$f_n = \frac{\Delta W_t}{6,7 \sqrt{T_v}}. \quad (10)$$



**Пример 1.** Определить сечение взрывных люков для помещения, в котором может быть образована метановоздушная смесь стехиометрической концентрации. Принимаются следующие исходные данные. Допустимое давление при взрыве и безопасное для устойчивости конструкции  $p_{\text{доп}} = 0,15 \text{ атм}$ . Время сгорания смеси в объеме здания  $\tau = 0,2 \text{ сек}$ . Температура горения метана равна  $2044^\circ \text{C}$ .

**Решение.** Находим из реакции горения соотношение молекул до взрыва и после взрыва.



Как видно из реакции горения  $n = m = 1 + 2 + 7,52 = 10,52$ , объем продуктов горения будет равен

$$W_t = \frac{T_v}{T_n} \cdot \frac{m}{n} = \frac{2044 + 273}{20 + 273} = 8,5 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Избыточный объем продуктов горения

$$\Delta W_t = W_t - W_0 \frac{p_{\text{доп}}}{p_n} = 8,5 - \frac{1,15}{1} = 7,35 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

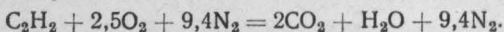
Площадь сечения взрывных люков

$$f_{\text{л}} = \frac{\Delta W_t}{6,7\tau \sqrt{T_v}} = \frac{7,35}{6,7 \cdot 0,2 \cdot 2319} = 0,114 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

**Пример 2.** Определить площадь вышибных панелей для производственного здания, относящегося по пожарной опасности к категории А. В здании возможно образование ацетилено-воздушной смеси в объеме всего здания. Начальная температура смеси  $20^\circ \text{C}$ . Время сгорания смеси при взрыве  $0,17 \text{ сек}$ .

**Решение.** Определим температуру горения ацетилена при стехиометрической концентрации с воздухом.

Реакция горения ацетилена



Соотношение компонентов продуктов сгорания следующее:

$$\text{CO}_2 - 2 \text{ г/моль}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 1 \text{ г/моль}$$

$$\text{N}_2 - 9,4 \text{ г/моль}$$

$$\text{Всего } 12,4 \text{ г/моль}$$

По приложению 5 находим, что теплота горения ацетилена составит  $312 \text{ ккал/г моль}$ . Задаемся температурой горения ацетилена  $2800^\circ \text{C}$ .

По приложению 6 находим, что при этой температуре тепло-содержание продуктов сгорания следующее:

$$\text{CO}_2 - 2 \cdot 34,5 = 69 \text{ ккал/г моль}$$

$$\text{H}_2\text{O} - 1 \cdot 35,8 = 35,8 \text{ ккал/г моль}$$

$$\text{N}_2 - 9,4 \cdot 22,4 = 210 \text{ ккал/г моль}$$

$$\text{Всего } 314,8 \text{ ккал/г моль}$$

Температура горения ацетилена составляет примерно  $2800^{\circ}\text{C}$ . Как было условлено, фактическая температура горения ацетилена будет  $0,9 \cdot 2800 = 2520^{\circ}\text{C}$ .

Определим количество продуктов горения при взрыве ацетилено-воздушной смеси в  $1 \text{ м}^3$  помещения.

Из реакции горения находим:

$$\text{количество молекул до взрыва } n = 1 + 2,5 + 9,4 = 12,9;$$

$$\text{количество молекул после взрыва } m = 2 + 1 + 9,4 = 12,4.$$

Объем продуктов сгорания

$$W_t = \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{н}}} \cdot \frac{m}{n} = \frac{2520 + 273}{20 + 273} \cdot \frac{12,4}{12,9} = 9,5 \text{ м}^3.$$

Избыточный объем продуктов сгорания на  $1 \text{ м}^3$  смеси

$$\Delta W_t = W_t - W_0 \frac{p_{\text{доп}}}{p_a} = 9,5 - \frac{1,15}{1} = 8,35 \text{ м}^3.$$

Площадь сечения взрывных панелей

$$f_{\text{л}} = \frac{\Delta W_t}{6,7 \sqrt{T_{\text{в}}}} = \frac{8,35}{6,7 \cdot 0,17 \sqrt{2520 + 273}} = 0,138 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

**Пример 3.** Определить скорость истечения продуктов сгорания ацетилено-воздушной смеси через легкосбрасываемую панель при взрыве. Допускаемое давление после взрыва  $p_{\text{доп}} = 1,15 \text{ ата}$ . Давление до взрыва  $p_a = 1 \text{ ата}$ . Коэффициент расхода  $\varphi = 0,75$ . Отношение  $C_p : C_v = 1,4$ . Начальная температура смеси  $T^{\text{н}} = 273^{\circ}\text{C}$ .

**Решение.** 1. Определяем удельный объем газа при температуре взрыва.

$$\omega_t = \frac{1}{\gamma_0} \cdot \frac{T_{\text{в}}}{T_{\text{н}}} \cdot \frac{p_a}{p_{\text{доп}}} = \frac{1}{1,29} \cdot \frac{2520 + 273}{273} \cdot \frac{1}{1,15} = 6,9 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

В общем виде удельный объем находится в следующей зависимости от температуры взрыва

$$\omega_t = 0,00025 T_{\text{в}}.$$

2. Определяем скорость истечения.

$$v = \varphi \sqrt{2g \frac{k}{k-1} p_{\text{доп}} \omega_t \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p_{\text{доп}}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}.$$

Подставляя в формулу численные значения, получим:

$$v = 0,75 \sqrt{2 \cdot 9,81 \frac{1,4}{1,4-1} 1,15 \cdot 10^4 \cdot 0,00025 T_{\text{в}} \left[ 1 - \frac{1}{1,15^{\frac{0,4}{1,4}}} \right]};$$

$$v = 0,75 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3,5 \cdot 1,15 \cdot 10^4 \cdot 0,00025 T_{\text{в}} \cdot (1 - 0,87^{0,285})};$$

$$v = 0,75 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3,5 \cdot 1,15 \cdot 10^4 \cdot 0,00025 T_{\text{в}} \cdot (1 - 0,96)};$$

$$v = 6,7 \sqrt{T_{\text{в}}} \text{ м/сек.}$$

Принимая для ацетилена температуру горения при взрыве  $2520^{\circ}\text{C}$ , получаем

$$v = 6,7 \sqrt{2520 + 273} = 350 \text{ м/сек.}$$

**Зависимость сечения взрывных люков от допустимого давления на строительные конструкции.** Приведенные выше расчетные формулы показывают, что между допустимым давлением на конструкции и сечением взрывных люков существует определенная связь. Чем прочнее конструкции, чем большее давление может быть допущено на строительные конструкции при взрыве, тем меньше может быть сечение взрывных люков. Если строительная конструкция может выдержать максимально возможное при взрыве давление, то взрывные люки не нужны и их площадь сечения может быть равна нулю.

Все сказанное говорит о том, что минимальная узаконенная норма площади сечения взрывных люков равна  $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , может являться приемлемой в том случае, если строительные конструкции рассчитаны на взрывоустойчивость при вполне определенном избыточном давлении при взрыве. Предварительные расчеты, а также анализ взрывов показывают, что при сечении взрывных люков, равном  $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , давление при взрыве может значительно превысить допустимое и разрушить строительные конструкции.

Таким образом, при существующей норме площади взрывных люков нужно производить расчет строительных конструкций на взрывоустойчивость. Для этого нужно знать давление, которое может возникнуть при взрыве при заданном сечении взрывных люков.

Чтобы решить эту задачу, целесообразно несколько преобразовать формулу (8) для определения скорости истечения продуктов сгорания при взрыве.

Если подставить в формулу (8) численные значения постоянных величин, то можно получить

$$v = 33,5 \sqrt{T_{\text{в}} \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p_{\text{доп}}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}.$$

Подставив значение  $v$  в формулу (3) для определения сечения взрывных люков, будем иметь

$$f_{\text{л}} = \frac{\Delta W_{\text{т}}}{33,5 \tau \sqrt{T_{\text{в}} \left[ 1 - \left( \frac{p_a}{p_{\text{доп}}} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}}. \quad (11)$$

Уравнение (11) можно было бы решить относительно  $p_{\text{доп}}$ , однако в этом нет особой необходимости. Проще задаться допустимым давлением, безопасным для проч-

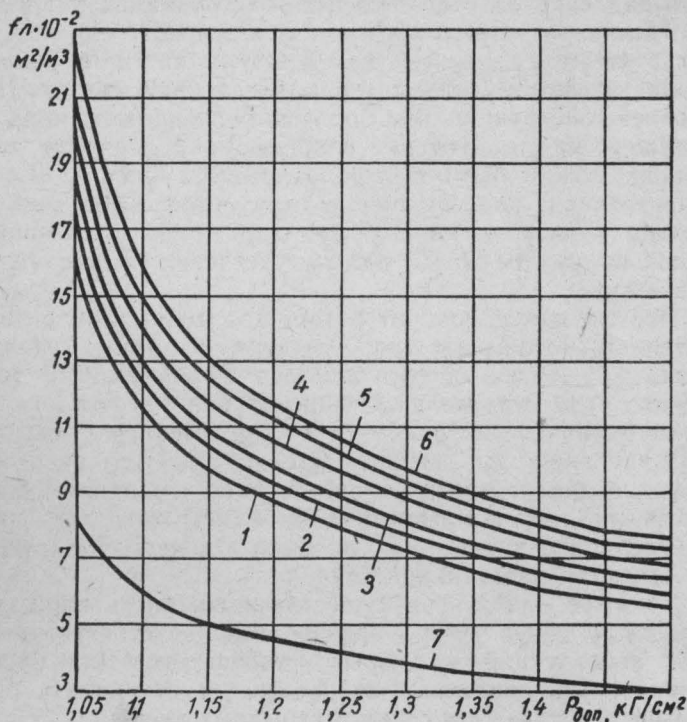


Рис. 15. Определение площади сечения взрывных люков в зависимости от допускаемого давления на строительные конструкции

- 1 —  $T_B = 2073^\circ K$ ;  $\Delta W_t = 5,6 - 6,05 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ;
- 2 —  $T_B = 2273^\circ K$ ;  $\Delta W_t = 6,3 - 6,75 \text{ »}$  ;
- 3 —  $T_B = 2473^\circ K$ ;  $\Delta W_t = 6,95 - 7,4 \text{ »}$  ;
- 4 —  $T_B = 2773^\circ K$ ;  $\Delta W_t = 8 - 8,45 \text{ »}$  ;
- 5 —  $T_B = 3073^\circ K$ ;  $\Delta W_t = 9 - 9,45 \text{ »}$  ;
- 6 —  $T_B = 3273^\circ K$ ;  $\Delta W_t = 9,6 - 10,05 \text{ »}$  ;
- 7 —  $T_B = 1400^\circ K$ ;  $\Delta W_t = 5 \text{ м}^3/\text{м}^3$

ности и устойчивости строительной конструкции, и применительно к этому давлению найти сечение взрывного люка. В предыдущих примерах было показано, что для

метано-воздушной и ацетилено-воздушной смеси при  $p_{\text{доп}} = 1,15 \text{ ата}$  сечение взрывных люков должно быть соответственно равно 0,11 или 0,138  $\text{м}^2/\text{м}^3$ . Найденные сечения взрывных люков в два с лишним раза превышают площадь сечения, предусмотренную нормами проектирования.

Для практических расчетов сечения взрывных люков в зависимости от допустимых давлений на строительные конструкции построены графики (рис. 15). Графики построены применительно к различным температурам горения смесей и к различному избыточному объему продуктов сгорания при взрыве. При этом соотношение числа молекул после взрыва к числу молекул до взрыва ( $m:n$ ) принято равным единице. Продолжительность взрыва принята 0,2 сек, что соответствует среднему значению из опытных данных, полученных для углеводородно-воздушных смесей. Кривая 7 построена применительно к взрыву пылевоздушных смесей с продолжительностью взрыва 0,4 сек и температурой горения при взрыве, равной  $1400^\circ \text{К}$  и  $\Delta W_t = 5 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Для смесей, имеющих существенно отличительную продолжительность взрыва, сечение люков определяют по формуле (11).

Пользуются графиком следующим образом. Вначале определяют температуру горения по формуле (5), а затем избыточный объем продуктов сгорания по формуле (5). По этим данным находят на графике соответствующую кривую  $f_{\text{л}} = f(p_{\text{доп}})$  и, задавшись величиной  $p_{\text{доп}}$  (ось абсцисс), находят площадь сечения люков на оси ординат.

$$\Delta W_t = \frac{m}{n} \cdot \frac{T_g}{T_n} - W_0 \frac{p_{\text{гор}}}{p_a}$$

Построение аналогичных графиков для различных смесей связано с известными трудностями из-за отсутствия необходимых данных. Поэтому необходимо продолжать исследования по определению скорости нарастания давления при взрыве, температуры горения и ряда других данных.

## 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ВЫШИБНЫХ ОТВЕРСТИЙ С УЧЕТОМ НЕПОЛНОЙ ЗАГАЗОВАННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ

Приведенные ранее соображения о размерах площади вышибных отверстий были справедливы для случая, когда весь объем здания или его часть заполнялись стехиометрической смесью. Опыт показывает, что

наиболее тяжелые последствия от взрыва получаются при авариях, когда весь объем здания заполняется взрывоопасной смесью. Недостаточная площадь вышибных отверстий приводит в таких случаях к полному разрушению зданий и всего оборудования. Вместе с тем не исключена возможность образования местных взрывоопасных концентраций, а также частичное загазование при заполнении пылью помещений. Так, например, в описаниях приводится следующий случай.

На теплоцентрали, работавшей на смеси щепы с древесной мукой, подача топлива производилась при помощи шнекового питателя, соединяющего топку с бункером, где находилась щепа. Случайно вылетевшая искра подожгла древесную муку, примешанную к щепе; при этом произошел взрыв, вызвавший значительные разрушения.

Взрывная волна выбила окна и жалюзи. Давление в помещении, где произошел взрыв, повысилось до  $1000 \text{ кг/м}^2$ . Объем помещения был равен  $1730 \text{ м}^3$ , а количество щепы, выброшенной в помещение, исчислялось несколькими килограммами. Естественно, что в этом случае взрывоопасная смесь могла образоваться лишь в части объема здания.

Если предположить, что было выброшено вспышкой  $5 \text{ кг}$  древесной муки, то при ее равномерном распределении в объеме здания концентрация муки составила бы  $5000 : 1730 = 3 \text{ г/м}^3$ , что значительно ниже нижнего предела взрыва.

Для определения площади сечения вышибных отверстий при частичном заполнении помещения взрывоопасной смесью сохраняются полностью предпосылки, высказанные ранее.

В связи с этим сохраняется справедливость формулы (3)

$$f_n = \frac{w_t^n}{\varphi \tau v},$$

где  $w_t^n$  — объем продуктов сгорания при неполном загазовании помещения в  $\text{м}^3$ ;

$\varphi$  — коэффициент расхода.

Вместе с тем нужно иметь в виду, что объем продуктов сгорания в этом случае будет меньше, чем для условий полного загазовывания помещений. Объем продук-



тов сгорания при неполной загазованности помещений будет во столько раз меньше объема продуктов сгорания при полном загазовании помещения, во сколько раз объем, заполненный стехиометрической смесью, будет меньше объема помещения, т. е.

$$\frac{W_{\text{пом}}}{W_{\text{см}}} = \frac{W_t}{W_t^{\text{н}}}, \quad (12)$$

где  $W_{\text{пом}}$  — объем помещения в  $\text{м}^3$ ;

$W_{\text{см}}$  — объем помещения, заполненного смесью в  $\text{м}^3$ ;

$W_t$  — объем продуктов сгорания при заполнении всего объема помещения стехиометрической смесью в  $\text{м}^3$ ;

$W_t^{\text{н}}$  — объем продуктов сгорания при частичном загазовании помещения в  $\text{м}^3$ .

Решая уравнение (12) относительно  $W_t^{\text{н}}$ , имеем

$$W_t^{\text{н}} = \frac{W_{\text{см}} W_t}{W_{\text{пом}}}. \quad (13)$$

Отношение  $W_{\text{см}} : W_{\text{пом}}$  колеблется в пределах от нуля до единицы, соответственно этому и будет изменяться значение площади вышибных отверстий.

После того как значение  $W_t^{\text{н}}$  подставим в формулу (3), получим

$$f_{\text{л}} = \frac{W_{\text{см}} W_t}{W_{\text{пом}} \tau v}. \quad (14)$$

Подставив значение скорости истечения продуктов сгорания (9) в формулу (14), имеем

$$f_{\text{л}} = \frac{0,15 W_{\text{см}} W_t}{W_{\text{пом}} \tau \sqrt{T_{\text{в}}}} \text{ м}^2/\text{м}^3. \quad (15)$$

## 2. ДАВЛЕНИЕ НА СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИ ВЗРЫВАХ

При взрыве пыли-, паро- и газозоудных смесей в закрытых производственных зданиях возникают значительные давления, величина которых колеблется от 1,5 до 15 атa. Некоторые сведения о давлениях, возникающих при взрывах пылевоздушных смесей, приведены в приложении 3. Эти давления вполне достаточны для того, чтобы разрушить здание. Вместе с тем

разрушительный эффект при взрыве зависит от времени действия давлений. Чем кратковременней действие давлений при взрыве, тем меньше их разрушительный эффект.

Чтобы определить допустимые давления на конструкции, необходимо провести специальные аналитические и экспериментальные исследования. Впредь до получения точных данных воспользуемся сведениями, заимствованными из специальной литературы о действии взрывной волны на здания и сооружения при взрывах атомных бомб (табл. 14).

Таблица 14

Характер разрушения сооружений	Максимальное избыточное давление ударной волны в кг/см <sup>2</sup>
Частичное разрушение оконных рам; частичное повреждение штукатурки; полное разрушение стекол . . . . .	0,1
Разрушение крыши и стен каркасных деревянных построек . . . . .	0,12
Сильное повреждение штукатурки . . . . .	0,17
Сильное повреждение домов, оконных рам и дверей . . . . .	0,2
Повреждение конструкций многоэтажных кирпичных домов . . . . .	0,3
Повреждение конструкций зданий со стальным каркасом . . . . .	0,4
Разрушение электрических сетей и городского транспорта . . . . .	0,45
Полное разрушение многоэтажных зданий . . . . .	0,48
Разрушение зданий со стальным каркасом . . . . .	0,6
Разрушение железобетонных труб с толщиной стенок 20 см . . . . .	0,7
Практически полное разрушение всех зданий, кроме железобетонных построек антисейсмической конструкции . . . . .	1,4

Как видно из табл. 14, полное разрушение домов наступает при давлении 0,5 *ати*, частичное повреждение штукатурки и полное разрушение стекол наступает при давлении 0,1 *ати*.

Взрыв — сравнительно редкое явление. Поэтому требование полной сохранности зданий при возможных взрывах было бы экономически неоправданным. Вместе с тем должно быть обеспечено сохранение жизни людей, а также наиболее ценного оборудования промышленных предприятий. Эту задачу можно решить, не

требуя полной сохранности зданий или сооружений. Вместе с тем к противопожарным преградам нужно предъявить более высокие требования в смысле сохранения при взрыве целостности и газонепроницаемости.

Как показывают опыты со взрывами атомных бомб, строительные конструкции зданий выдерживают без существенных повреждений динамическое давление 0,15 *ати*. Это значит, что если давление при взрыве смесей ниже 0,15 *ати*, то конструкции современных зданий II степени огнестойкости не будут разрушены.

Практически удобнее иметь дело со статической нагрузкой, эквивалентной динамической нагрузке. Под эквивалентной статической нагрузкой подразумевается в данном случае такая, которая вызывает те же деформации строительных конструкций, что и динамическая.

Отношение эквивалентной статической нагрузки к динамической зависит от соотношения времени действия динамической нагрузки  $\tau$  к периоду собственных колебаний строительной конструкции  $T$ .

Зависимость между амплитудой колебания строительной конструкции при динамической нагрузке (давление при взрыве) и деформацией от статической нагрузки устанавливается по формуле

$$Y_{\text{макс}} = 2Y_{\text{ст}} \sin \frac{\pi \tau}{T},$$

$Y_{\text{макс}}$  — максимальная амплитуда колебаний конструкции от динамического воздействия в *см*;

$Y_{\text{ст}}$  — деформация от статической нагрузки в *см*;

$\tau$  — время действия взрыва в *сек*;

$T$  — период собственных колебаний конструкции в *сек*.

Пользуясь этой формулой, легко установить соотношение деформаций в зависимости от соотношения  $\tau : T$ . Для этого зададимся различными значениями  $\tau : T$  и вычислим  $Y_{\text{макс}} : Y_{\text{ст}}$ . Полученные данные сведем в табл. 15.

Из табл. 15 видно, что если динамическая нагрузка действует в течение времени  $\tau \geq \frac{T}{2}$ , то деформация конструкции будут наибольшей и равна  $2 Y_{\text{ст}}$ .

Так как деформации пропорциональны силам, вызвавшим их, то устанавливаем, что динамическая

Таблица 15

$\tau/T$	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,1
$I_{\max}/I_{\text{ст}}$	0	0,062	0,126	0,188	0,251	0,313	0,618
$\tau/T$	0,15	0,167	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
$I_{\max}/I_{\text{ст}}$	0,908	1	1,75	1,413	1,617	1,782	1,902
$\tau/T$	0,45	0,5	0,5	—	—	—	—
$I_{\max}/I_{\text{ст}}$	1,97	2	2	—	—	—	—

нагрузка, действующая в течение времени, равном или больше полпериода собственных колебаний конструкций, может вызвать деформацию в 2 раза больше, чем равная ей статическая нагрузка. Поэтому эквивалентная

статическая нагрузка при  $\tau = \frac{T}{2}$  будет равна  $2 p_{\text{дин}}$  (удвоенной величине динамической нагрузки).

Из табл. 15 также видно, что эффект динамической нагрузки будет незначителен, если ее продолжительность действия невелика. Например, если внезапно появившаяся сила действует в течение времени, равного  $0,02 T$ , то эффект составляет только 12,6% от того, который получился бы при ее статическом действии. Следовательно, при такой продолжительности действия конструкция могла бы безопасно выдержать нагрузку, превосходящую допустимую статическую примерно в 8 раз.

Теперь очень важно выяснить фактическое соотношение времени действия динамической нагрузки к периоду собственных колебаний строительных конструкций при взрыве пыле-, паро- и газовоздушных смесей.

Время действия динамической нагрузки принимается равным времени горения (взрыва). По опытным данным, это время колеблется от сотых долей секунды (водородно-воздушные смеси) до десятых долей секунды. Например, скорость выгорания топливно-воздушных смесей принимает равной  $0,1-0,2$  сек, а пылевоздушных смесей  $0,5$  сек.

Период собственных колебаний строительных конструкций может быть определен по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{mf_0},$$

где  $m$  — масса конструкции, равная ее собственному весу, поделенному на ускорение силы тяжести;  
 $f_0$  — прогиб конструкции от единичной нагрузки, определяемый по формулам строительной механики.

Подсчеты показывают, что  $\tau : T$  в большинстве случаев больше 0,5, а поэтому целесообразно при расчете взрывоустойчивости конструкций принимать коэффициент динамичности, равный двум.

В нашем случае ход решения задачи на взрывоустойчивость строительных конструкций представляется следующим образом:

сначала устанавливаются фактическая удельная площадь взрывных люков в данном конкретном случае; давление взрыва, возможное при данном сечении взрывных люков; эквивалентная статическая нагрузка с учетом коэффициента динамичности, равного двум; проверяется прочность и устойчивость конструкций применительно к принятой эквивалентной статической нагрузке.

Если, например, сечение взрывных люков подобрано так, что давление при взрыве составит 0,15 *ати*, то взрывоустойчивость конструкций должна рассчитываться на  $p_{ст} = 2 p_{дин} = 2 \cdot 0,15 = 0,3$  *ати*.

### 3. КОНСТРУКЦИЯ ВЗРЫВНЫХ КЛАПАНОВ

Рассмотрим конструкцию взрывных клапанов в порядке их эффективности. Под понятием взрывной клапан будем подразумевать в дальнейшем устройство, перекрывающее взрывной люк.

Прежде всего нужно указать на необходимость принятия самых эффективных мер по устранению возможных причин возникновения взрыва. К этим мерам относятся решения, направленные на устранение причин образования взрывоопасной среды как в аппаратуре, так и в помещениях, на применение автоматических сигнализаторов, на установку взрывозащищенного электротехнического оборудования и т. д.

Одним из эффективных решений, направленных на предотвращение взрыва, является вынос взрывоопасного оборудования и коммуникаций на открытые площадки, т. е. монтаж этого оборудования на так называемых этажерках. Однако и в этом случае возможна



утечка паров и газов, образование взрывоопасных концентраций, которые при соприкосновении с тепловым источником взрываются.

В качестве таких тепловых источников могут явиться открытые топки котельных, обогревательных печей, огневые работы, электрооборудование, теплота трения, искры, возникающие при движении транспорта и т. п. Поэтому и на открытых установках необходимо соблюдать строгий режим и осторожность при проведении того или иного технологического процесса.

К устройству взрывных люков прибегают при размещении взрывоопасного технологического оборудования в зданиях. Само понятие люк или вышибное отверстие говорит о том, что в здании следовало бы иметь незащищенные отверстия достаточной площади для стравливания продуктов сгорания. Поэтому самым эффективным решением по стравливанию продуктов сгорания при взрыве было бы наличие отверстий соответствующей площади, без защиты их клапанами. При этих условиях давление на конструкции было бы минимальным.

Защита проемов резко повышает давление в помещениях. Коэффициент давления изменяется от 3,4 для люков, закрытых глянцевой бумагой 0,2 мм, укрепленной в виде мембраны, до 12,12 для люков, защищенных пластической бумагой (3,8 мм), укрепленной тоже в виде мембраны. Наиболее эффективной защитой взрывных люков будет такая, у которой коэффициент давления будет минимальным.

#### 4. ОСТЕКЛЕННЫЕ ПРОЕМЫ

Существует мнение, что наличие застекленных оконных проемов достаточной площади обеспечивает стравливание продуктов сгорания. Опыты показывают, что коэффициент давления при застекленных окнах (размеры  $356 \times 408 \times 3,2$  мм) без царапин равен 8,8. Если иметь в виду, что давление при незащищенных проемах составляло примерно  $250 \text{ кг/м}^2$ , то при наличии остекления это давление составит  $250 \cdot 8,8 = 2200 \text{ кг/м}^2$ , что уже небезопасно для основных несущих конструкций. Наличие неглубокой крестообразной царапины на стеклах снижает коэффициент давления до 3,7.

При испытательных взрывах было установлено, что оконные стекла размерами  $2,2 \text{ м}^2$ , толщиной 3 мм не



разбивались, пока под действием взрывной волны не вылетали наличники оконных проемов. Взрывное давление было при этом равно  $1000 \text{ кг/м}^2$ . По опытным данным, во многих зарегистрированных случаях, несмотря

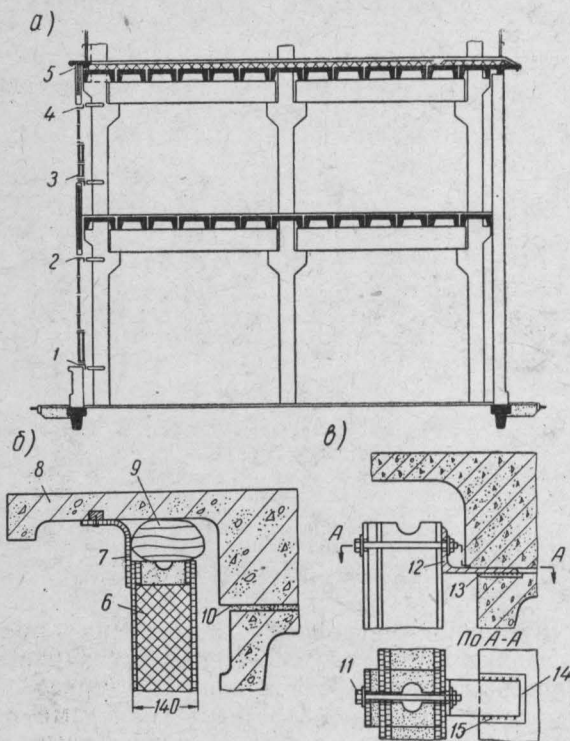


Рис. 16. Устройство вышибных стеновых панелей

*a* — общий вид здания со взрывными панелями в стенах; *б* — деталь узла № 5; *в* — вариант детали узла № 5; 1 — узел № 1; 2 — узел № 2; 3 — узел № 3; 4 — узел № 4; 5 — узел № 5; 6 — асбестоцементная панель; 7 — угловой асбестоцементный лист  $l=2000$ ; 8 — карнизная панель; 9 — пакет пакли, обернутой пергамином; 10 — цементный раствор; 11 — болт  $\varnothing 16$ ; 12 — уголок  $160 \times 100 \times 10$ ; 13 — закладная деталь в плите; 14 — закладная деталь в плите; 15 — монтажная сварка

на разбитые стекла в окнах, взрыв производит значительные разрушения.

Исходя из этих соображений можно высказать следующие предварительные рекомендации по устройству остекленных проемов:

двойное остекление взрывоопасных зданий недопустимо, рекомендуется одинарное;

оконные переплеты делают открывающимися в сторону улицы;

остекление должно иметь насечку. Толщина стекол должна быть не более 1—2 мм;

преимуществом должны пользоваться такие решения, при которых застекленная панель имеет шарнирное закрепление только одного конца.

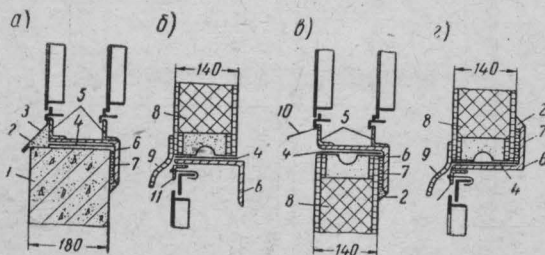


Рис. 17. Детали сочленения навесной панели с оконным каркасом

а — узел № 1; б — узел № 2; в — узел № 3; г — узел № 4; 1 — железобетонная панель; 2 — цементный раствор; 3 — фартук из оцинкованной стали; 4 — два слоя толя; 5 — уголки 45×28×3; 6 — уголки 160×100×10; 7 — промасленная пакля; 8 — асбестоцементная панель; 9 — асбестоцементный козырек; 10 — козырек 80×2,5; 11 — уголок 32×32×3

Конструктивно устройство остекления представляется следующим образом. К стеновому каркасу крепятся навесные панели стен и оконный каркас. Общий вид каркасной стены с навесными панелями и оконным каркасом показан на рис. 16, а. Стеновые панели и оконные каркасы крепятся таким образом, что они легко выталкиваются при незначительных давлениях. Навесная панель стены выполняется из легких термоизоляционных негорючих материалов. Согласно нормам СНиП II-A.5-62 разрешается навешивать в зданиях II степени огнестойкости фибролитовые панели, облицованные асбестоцементными листами. Деталь крепления такой панели к карнизному блоку (узел 5) представлена на рис. 16, б. Вариант крепления навесной панели к карнизному блоку с помощью болтов и закладных деталей показан на рис. 16, в. Варианты сочленения навесной панели с оконным каркасом (узлы 1, 2, 3 и 4) показаны на рис. 17.

### 5. ЛЕГКОСБРАСЫВАЕМЫЕ ПАНЕЛИ

Когда устройство остекленных стен по каким-либо обстоятельствам невозможно или когда площадь остекления недостаточна, прибегают к устройству так называемых легкосбрасываемых покрытий или легкосбрасываемых панелей.

В соответствии с действующими нормами вес панелей не должен превышать  $120 \text{ кг/м}^2$ . Расчеты показывают, что панели с таким весом не всегда сбрасываются

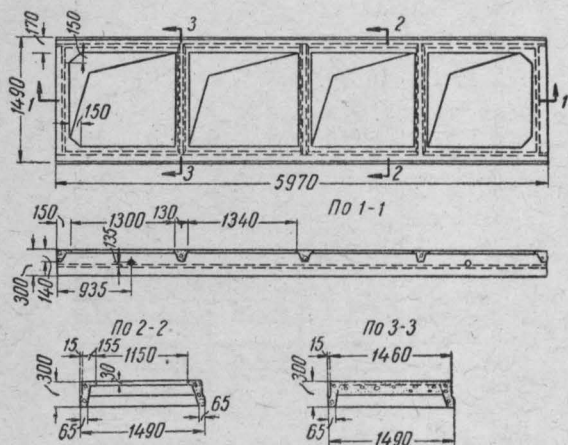


Рис. 18. Плиты ПКЖЛ

при взрыве. Вместе с тем значительное уменьшение веса покрытия сопряжено с опасностью его отрыва от несущих конструкций под напором ветра. Поэтому вес покрытия должен, по-видимому, определяться исходя из требований нормальной эксплуатации зданий с учетом максимальных значений ветровых напоров для данного климатического района.

Опыт проектирования зданий с легкосбрасываемыми покрытиями показал, что покрытия весом  $120 \text{ кг/м}^2$  обеспечивают теплотехнические требования даже для северных районов страны.

В настоящее время основными конструкциями легкосбрасываемых покрытий, разработанных Госхимпроектом, являются покрытия по плите ПКЖЛ и ПНСЛ (серия ТАР-5-3 и серия ПК-01-118).

Плита ПКЖЛ (рис. 18) отличается от плиты ПКЖ тем, что в ней между ребрами устроены проемы. Поверх плит ПКЖЛ укладывают асбестоцементную фанеру усиленного профиля (ГОСТ 8423—57). Асбестоцементные листы и особенно стыки обмазывают горячей битумной мастикой с предварительной промазкой

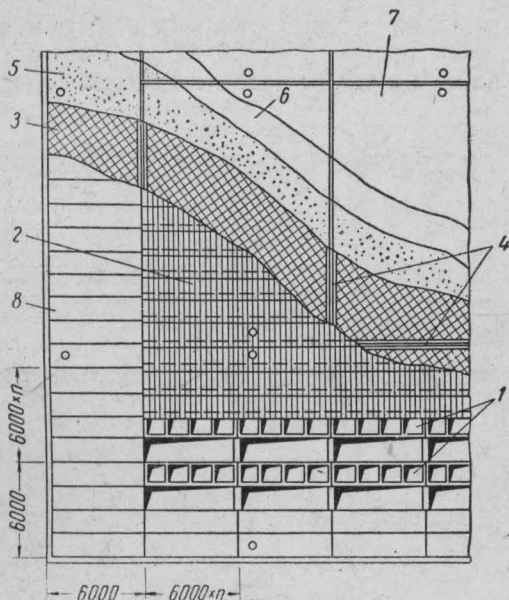


Рис. 19. План легкобрасываемого покрытия

1 — плиты ПКЖЛ; 2 — асбестоцементные листы; 3 — теплоизоляция; 4 — асбестоцементные угловые детали; 5 — цементно-песчаная стяжка; 6 — водоизоляционный ковер; 7 — защитный слой; 8 — плиты покрытия легкобрасываемой кровли

швов между ними битумной замазкой. На асбестоцементные листы укладывают теплоизоляцию, поверх которой устраивают цементно-песчаную стяжку толщиной 1 см. По стяжке настилают водоизоляционный ковер, приклеиваемый мастикой, поверх которого устраивают 15-мм защитный слой из шлака объемным весом до 700 кг/м<sup>3</sup>.

Общий вид легкобрасываемого покрытия по плитам ПКЖЛ показан на рис. 19.

Для создания необходимой жесткости покрытия по периметру крыши укладывают сплошные плиты

ПКЖ-8, а промежутки между плитами ПКЖЛ перекрывают асбестоцементными листами.

Таким образом, не все покрытие является легко-сбрасываемым. Для оценки качества покрытия вво-

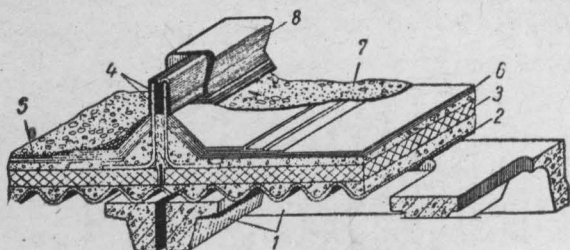


Рис. 20. Схема устройства шва в ковре кровли

1 — плиты ПКЖЛ; 2 — асбестоцементные волнистые листы; 3 — теплоизоляция; 4 — асбестоцементные угловые детали; 5 — цементно-песчаная стяжка; 6 — водоизоляционный ковер; 7 — защитный слой; 8 — нащельник из оцинкованной стали

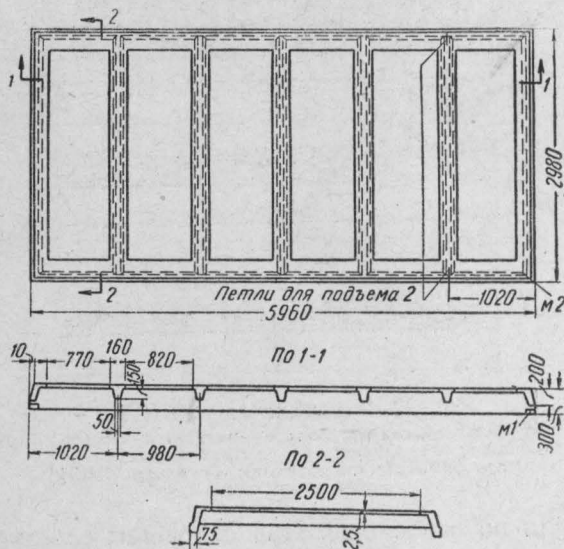


Рис. 21. Конструкция плиты ПНСЛ 3-6

дится понятие коэффициента проемности, который представляет собой отношение площади проемов к площади всего покрытия. В типовых конструкциях покрытий этот коэффициент составляет 0,6—0,7.

В качестве теплоизоляции применяют негорюемый материал. Хорошие показатели, например, дает утеплитель из неавтоклавно пенобетона с объемным весом  $400 \text{ кг/м}^3$  и коэффициентом теплопроводности  $\lambda=0,13$ .

Общим недостатком конструкций легкосбрасываемых покрытий является наличие сплошного ковра мяг-

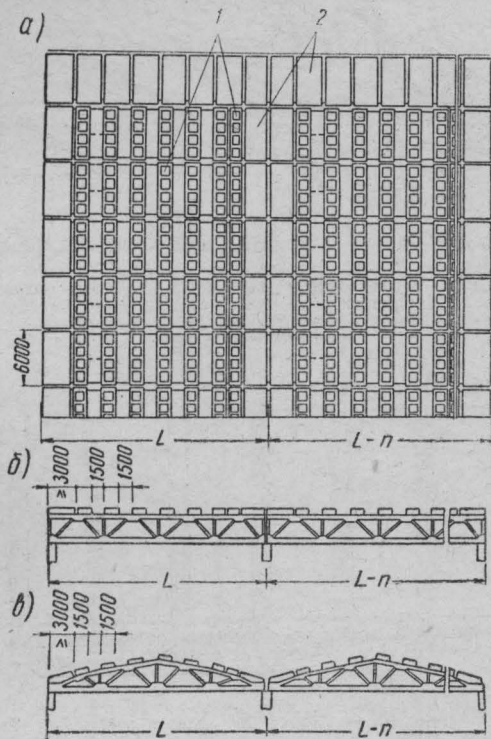


Рис. 22. Раскладка плит ПНСЛ

а — план раскладки плит; б — вариант с плоской кровлей; в — вариант со скатной кровлей; 1 — плиты ПНСЛ (с отверстиями); 2 — плиты ПНСЛ (без отверстий)

кой кровли по основанию. При сплошном слое кровли, который в процессе эксплуатации неоднократно покрывается битумом, коэффициент давления будет резко увеличен. При цементной же стяжке необходимо еще большее давление для сброса покрытия.

Поэтому, по предложению Госхимпроекта, при проектировании легкосбрасываемых покрытий устраивают



специальные швы, разрезающие рулонный ковер и цементную стяжку (рис. 20, поз. 4). Площадь кровли между швами принята 540—720 м<sup>2</sup>. Существенное влияние на срабатывание взрывной панели может оказать снеговой покров. Поэтому необходимо систематически удалять снег с панелей.

На легкобрасываемой кровле рекомендуется устанавливать предупреждающие знаки или ограждения с указанием допустимых нагрузок.

Плита ПНСЛ отличается от ПКЖЛ тем, что она является предварительно напряженной. Пролет этих плит 5,97 м, а ширина бывает 1,49 и 3 м (см., например, серию ПК-01-118). Общий вид панели размером 6×3 показан на рис. 21. Заполнение поверх плит ПНСЛ принимается такое же, как и для плит ПКЖЛ. Общий принцип раскладки панелей в покрытии показан на рис. 22.

---

## ПРОТИВОПОЖАРНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ БЕСФОНАРНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

### 1. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПОЖАРОВ В БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЯХ И ИХ ПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

Значительные размеры помещений в бесфонарных производственных зданиях и отсутствие в них естественного освещения, как показывает уже имеющийся опыт, затрудняет тушение возникающих пожаров и требует поэтому оборудования бесфонарных зданий соответствующим противопожарным водопроводом.

Как уже отмечалось, при возникновении пожара в помещении бесфонарного здания отвод продуктов сгорания затрудняется, в результате чего будет происходить быстрое задымление помещения и размещенного над ним технического этажа, в котором обычно находятся вентиляционные каналы и установки, различные системы трубопроводов. Быстрому задымлению может также способствовать работа вентиляционных систем до их выключения. Хотя при развитии пожара и предусматривается открытие специальных дымовых люков, предназначенных для удаления дыма или аварийной вентиляции (если она имеется), однако эти мероприятия полностью не исключают возможность задымления помещений.

Таким образом, возникновение пожара в бесфонарном здании будет сопровождаться быстрым его задымлением и возникновением в районе пожара высокой температуры. В этом случае, если действия по тушению пожара с помощью внутренних пожарных кранов не дадут надлежащего эффекта, пожарные подразделения, уже при развившемся пожаре, столкнутся со значительными трудностями не только в отношении тушения самого пожара в условиях задымления и высокой температуры, но и возможно при отыскании очага пожара.

Эти обстоятельства приводят к необходимости предусматривать в пожароопасных бесфонарных зданиях стационарные системы тушения пожара и в первую очередь спринклерные установки.

Таким образом, для тушения пожаров в бесфонарных производственных зданиях должны предусматриваться:

а) внутренние пожарные краны (в качестве средства тушения первой помощи);

б) спринклерные установки (для целей автоматического тушения пожара);

в) гидранты на наружной водопроводной сети (на случай отказа в работе спринклерной установки или на случай возникновения пожара в помещении, не защищенном спринклерами).

Кроме того, в пожароопасных производственных помещениях (например, при шинном производстве, учитывая что тушение пожаров при наличии каучука представляет собой определенные трудности) возможны и целесообразны дополнительные средства защиты в виде дренчерных завес с целью, например, ограничения отдельных пожароопасных участков производства, внутренних (промежуточных) складов горючих материалов и т. д.;

лафетных стволов, позволяющих подавать мощные водяные струи, в пределах защищаемого помещения к очагу пожара.

Могут быть различные варианты совмещения систем тушения. Так, например, при наличии внутренних пожарных кранов и пожарных гидрантов (их наличие во всех случаях является обязательным) возможно, в отдельных случаях, устройство вместо спринклерных установок — стационарных лафетных стволов при наличии дренчерных завес, разделяющих противопожарные отсеки на отдельные секции (участки). В этом случае в целом сокращается общая протяженность трубопроводов противопожарных систем и достигается сокращение веса труб, потребных для их монтажа.

Однако при этом следует учитывать, что такие системы (лафетные стволы, дренчерные завесы) не относятся к категории автоматических средств тушения пожаров, так как не могут быть приведены в действие автоматически.

Нередко требуются значительные площади отдельных противопожарных отсеков в бесфонарных зданиях, прежде всего, исходя из технологических соображений с превышением нормативных величин площадей противопожарных отсеков. В таких случаях противопожарные отсеки могут образовываться устройством дренчерных завес с возможным их дополнением, при необходимости лафетными стволами. При этом дренчерные завесы должны устраиваться таким образом, чтобы под ними были проходы, свободные от оборудования и материалов.

Оборудование бесфонарных зданий стационарными средствами пожарной защиты должно сопровождаться осуществлением других необходимых противопожарных мероприятий, разрабатываемых применительно к производственным условиям:

системой дистанционного отключения вентиляционных устройств или установок кондиционирования зданий (с целью снижения возможности задымления помещений);

устройством дымовых люков, открываемых в случае пожара (автоматически или дистанционно), или устройством специальных систем аварийной вытяжной вентиляции и др.

## **2. ВНУТРЕННИЕ ПОЖАРНЫЕ КРАНЫ**

Проектирование внутренних противопожарных водопроводов в бесфонарных производственных зданиях должно осуществляться в соответствии со Строительными нормами и правилами (СНиП II-Г.2-62, гл. 2 «Внутренний водопровод производственных и вспомогательных зданий промышленных предприятий». Нормы проектирования) и в своих основных положениях не отличается от проектирования внутренних противопожарных водопроводов в других производственных зданиях.

Кольцевая внутренняя противопожарная сеть монтируется по перекрытию над производственным помещением в пределах технического этажа. Внутренние пожарные краны должны устраиваться преимущественно у выходов и в проходах, в заметных и доступных местах. Учитывая большие размеры помещений бесфонарных зданий, в них, как правило, внутренние пожар-

ные краны устанавливаются по колоннам и присоединяются к внутренней противопожарной сети стояками, спускаемыми вниз и проходящими через перекрытие.

Размещение внутренних пожарных кранов производится при наличии спринклерного оборудования из рас-

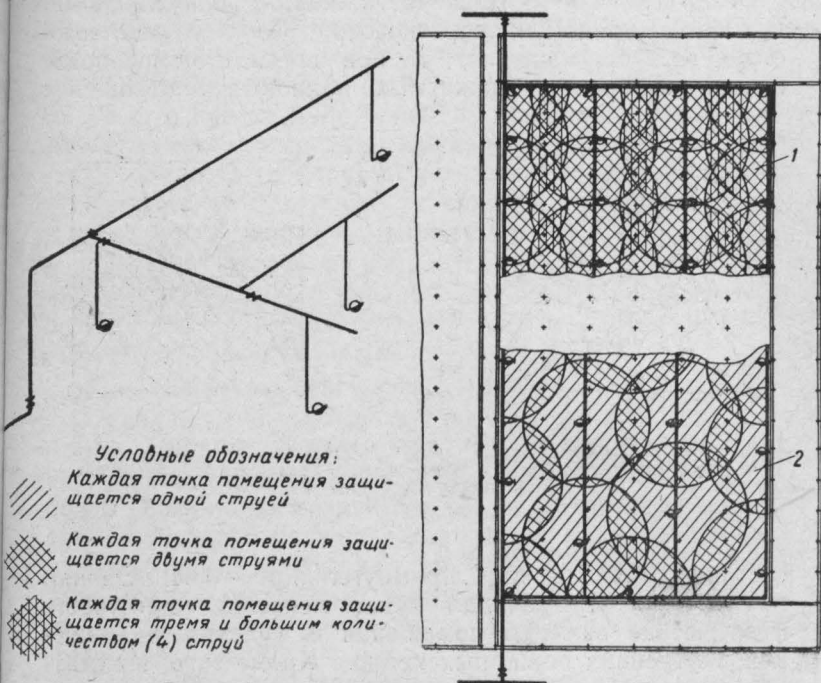


Рис. 23. Схемы размещения внутренних пожарных кранов в бесфонарном здании из расчета защиты каждой точки помещения

1 — двумя струями; 2 — одной струей

чета орошения каждой точки помещения одной струей (см. схему расстановки внутренних пожарных кранов в нижней половине помещения на рис. 23). При отсутствии спринклерного оборудования каждая точка помещения должна орошаться двумя струями (см. верхнюю половину помещения на рис. 23.) Производительность струи принимается не менее 2,5 л/сек.

На рис. 23 показано шахматное (см. нижнюю половину плана помещения) и прямоугольное (верхняя



половина плана помещения) размещение внутренних пожарных кранов. Теоретически шахматное размещение внутренних пожарных кранов считается предпочтительнее, так как в этом случае зона, в которой происходит накладка струй от смежных кранов, является меньшей (рис. 24).

Так, если взять отношение площади, обслуживаемой пожарным краном, к теоретической (без учета накладки струй во втором случае), то при шахматном расположении внутренних пожарных кранов это отношение

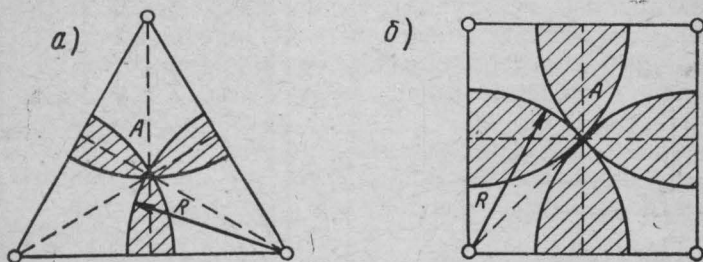


Рис. 24. Схема орошения

а — при шахматном и б — прямоугольном размещении внутренних пожарных кранов

составит 0,83, а при прямоугольном — 0,64. Однако практически эта разница будет меньшей, если учесть фактические размеры помещения и условия размещения внутренних пожарных кранов. Кроме того, шахматное размещение внутренних пожарных кранов, при котором сокращается их количество, не всегда возможно, если учесть, что внутренние пожарные краны должны размещаться по определенной системе, в доступных и заметных местах, т. е. у входов, по проходам, в связи с чем нередко находит применение прямоугольное размещение внутренних пожарных кранов.

При одной расчетной струе должно обеспечиваться соприкосновение компактных струй от двух смежных кранов, при рукавах длиной 20 м, в наиболее высокой и наиболее удаленной точке здания, обслуживаемой этими кранами.

В помещениях, размером в плане менее  $20 \times 20$  м, допускается применение рукавов длиной 10 м. Однако



следует всегда учитывать, что в одном здании наиболее целесообразно применять пожарные стволы со spryskami одного диаметра и рукава одной длины, с тем чтобы они не могли быть перепутаны при эксплуатации в здании.

При двух расчетных струях каждая точка помещения должна орошаться двумя компактными струями, и в этом случае расстояние между внутренними пожарными кранами уменьшается.

Радиус действия внутреннего пожарного крана определяется как сумма длины рукавной линии и проекции компактной части струи. Учитывая возможные обходы оборудования, длину рукава принимают на 20% меньшей, т. е., например, вместо 20 м 16 м. Обычно при определении проекции компактной части струй принимают угол наклона ствола по отношению к горизонтали равным 70°. В данном случае угол наклона можно принимать несколько меньшим, порядка 60—50°.

При значительных площадях помещений бесфонарных зданий и одновременном их оборудовании внутренними пожарными кранами и спринклерами, при устройстве для них самостоятельных систем трубопроводов получается значительная общая протяженность труб с затратой большого количества металла. В связи с этим нормы допускают (п. 3.20 СНиП II-Г. 2-62) производить установку внутренних пожарных кранов на спринклерной сети после контрольно-сигнальных клапанов (рис. 25).

Такое объединение является маложелательным, поэтому учитывая, что при необходимости, например, ремонта одного внутреннего пожарного крана придется выключать всю секцию спринклерной сети, в результате чего значительная часть площади остается без защиты. Затем, поскольку спринклерная сеть соединяется с водопитателем через контрольно-сигнальный клапан, получается тупиковое присоединение внутренних пожарных кранов к водопитателю. Таким образом, учитывая значительные размеры площади помещений бесфонарных зданий, данное решение следует рассматривать по существу вынужденным и вызываемым лишь стремлением к экономии труб.

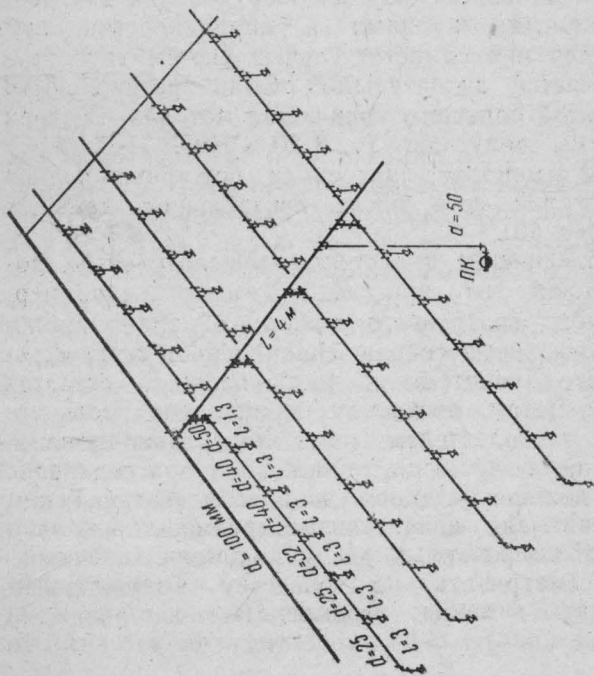
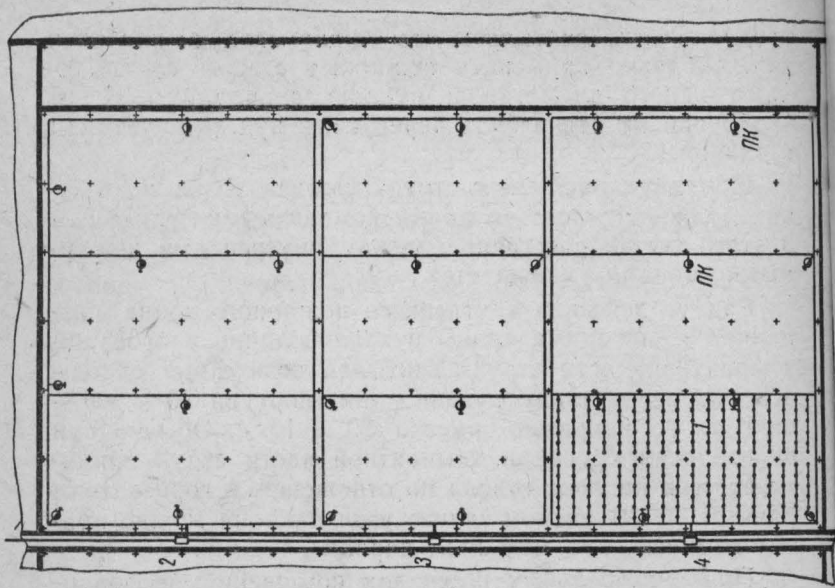


Рис. 25. Вариант размещения sprinkлеров и внутренних пожарных кранов в бесформанном здании

1 — распределительные ряды; 2 — контрольно-сигнальный клапан пожарной системы; обслуживает 648 sprinkлеров и 8 ПК; 3 — то же, 540 sprinkлеров и 8 ПК; 4 — то же, 648 sprinkлеров и 8 ПК

### 3. СПРИНКЛЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ

Проектирование спринклерных систем в бесфонарных зданиях должно производиться в соответствии со СНиП II-Г. 2-62 и «Нормами и техническими условиями проектирования спринклерных и дренчерных установок» (СН 75—59) при производствах, относящихся по пожарной опасности к категориям А, Б и В. Расходы воды на работу спринклерных установок принимаются по п. 2.7 СНиП II-Г. 2-62 и составляют при объеме зданий:

до 100 000 м <sup>3</sup> . . . . .	30 л/сек
более 100 000 до 200 000 м <sup>3</sup> . . . . .	35 »
» 200 000 до 300 000 м <sup>3</sup> . . . . .	40 »
» 300 000 м <sup>3</sup> . . . . .	50 »

Эти расходы воды примерно отвечают площади тушения порядка 300—500 м<sup>2</sup>; которую не следует считать значительной, если учесть, что площадь защищаемого помещения может составлять около 20—30 и более тысяч квадратных метров.

Магистральные трубопроводы (трубопроводы от контрольно-сигнального клапана до распределительных рядков) и распределительные рядки (трубы, на которые непосредственно ввертываются спринклеры) монтируются по перекрытию, в пределах технического этажа, а спринклеры выводятся вниз через отверстия в перекрытии (см. рис. 25). При этом с целью уменьшения возможности задымления технического чердака зазоры в местах прохода труб через перекрытие следует заделывать.

На рис. 25 показано размещение спринклеров на защищаемой площади размером 108×204 м с устройством трех секций водяной спринклерной системы, с количеством спринклеров в секциях 540—648 (максимальное допустимое количество спринклеров в одной секции составляет 800). К питательным трубопроводам присоединены и внутренние пожарные краны (по 8 в каждой секции).

В данном случае расстояние между рядками принято равным 4 м, а между спринклерами в рядке 3 м (обратное размещение при расстоянии между рядками 3 м привело бы к значительному увеличению количества распределительных рядков). Возможно не только прямоугольное размещение спринклеров, как это

показано на рис. 25, но и в шахматном порядке, что, однако, особых преимуществ не дает.

Магистральные трубопроводы секций спринклерных установок могут проектироваться как тупиковыми, так и кольцевыми. Кольцевание магистральных труб в данном случае дает сравнительно небольшую экономию в весе затрачиваемых труб. В рассматриваемом примере, при тупиковой сети, общая протяженность труб уменьшается примерно на 370 м (по трем секциям). Однако диаметр части питательных трубопроводов нужно было бы принять 150 мм вместо 100 мм (длиной 390 м), на концевых же участках питательных трубопроводов их диаметр был бы меньше 100 мм, в целом же экономия в весе труб практически получится весьма незначительной.

Заметим также, что, как известно, кольцевание труб имеет своей целью прежде всего повысить надежность работы системы посредством разделения сети труб на отдельные участки задвижками. В данном же случае, принимая во внимание, что на спринклерной сети задвижки не устанавливаются (после контрольно-сигнального клапана), это преимущество кольцевания не достигается.

Учитывая изложенное, вместо показанных на рисунке кольцевых питательных труб их можно проектировать и в виде обычных тупиковых спринклерных сетей.

Контрольно-сигнальные клапаны необходимо устанавливать в заметных и доступных местах. На рис. 25 контрольно-сигнальные клапаны установлены в проходе, по стене. Проектирование секций спринклерных систем (под секциями подразумевается спринклерная сеть, обслуживаемая самостоятельным контрольно-сигнальным клапаном), должно производиться с учетом планировки цехов с таким расчетом, чтобы при подаче сигнала контрольно-сигнальным клапаном можно было бы в течение короткого времени установить место пожара.

При плоских перекрытиях цехов значительной площади тепло, возникающее в начальной стадии развития пожара, может распространиться по значительной площади, в результате чего повышение температуры непосредственно над очагом пожара может замедлиться, что в свою очередь может привести к задержке вскры-

тия спринклеров и распространению огня на большую площадь. Для того чтобы избежать этого, целесообразно при значительной площади плоских перекрытий предусматривать крепление к потолку перемычек высотой около 300—400 мм с таким расчетом, чтобы под перекрытием образовывались кессоны. Площадь в пределах одного кессона должна составлять порядка 300—500 м<sup>2</sup>.

Как показали опыты, проведенные в 1964 г. в г. Иванове, в бесфонарном производственном текстильном здании спринклерное оборудование является надежным средством защиты для такого рода помещений. Так, в одном из опытов в помещении бесфонарного здания на площади 15 м<sup>2</sup> были уложены угары штапеля, одновременно подожженные в пяти точках. В месте расположения угаров находилось 6 спринклеров. Два спринклера, расположенные в центре площади над угарами, вскрылись через 28 и 30 сек. Остальные не вскрылись из-за быстрого понижения температуры. Через 10 сек с момента поджигания наибольшая наблюдаемая температура в месте расположения вскрывшихся спринклеров составила 137°С, а через 1 мин температура снизилась до 22°С. Общая продолжительность горения в этом опыте составила 2 мин.

Количество спринклеров в бесфонарных зданиях весьма значительно. Так, например, на Барнаульской прядельно-ткацкой фабрике, при размере бесфонарного здания 210×165 м, предусмотрено 7 секций спринклерных установок с количеством спринклеров в секциях от 630 до 777, причем общее число спринклеров составит 4810 при площади защищаемых помещений 43 287 м<sup>2</sup>. Таким образом, средняя площадь помещения, приходящаяся на один спринклер, составила 9 м<sup>2</sup>.

#### 4. НАРУЖНЫЕ ГИДРАНТЫ

Наружная сеть хозяйственно-противопожарного водопровода с установкой на ней гидрантов должна проектироваться в соответствии со СНиП II-Г. 3-62. Она не имеет каких-либо отличий от систем противопожарных водопроводов промышленных предприятий.

В то же время значительные площади и размеры бесфонарных зданий создают определенные трудности в развертывании пожарных подразделений (прежде всего, в отношении прокладки рукавных линий большой протяженности).



Так, например, при размере здания  $300 \times 400$  м потребуется прокладывать рукавные линии длиной около 150—200 м и более.

Учитывая это обстоятельство целесообразно по внутренним проездам, обычно устраиваемым в таких бесфонарных зданиях, прокладывать водопроводные линии, связывающие между собой противоположные стороны наружного водопроводного кольца. На этой внутренней линии в проезде целесообразно преду-

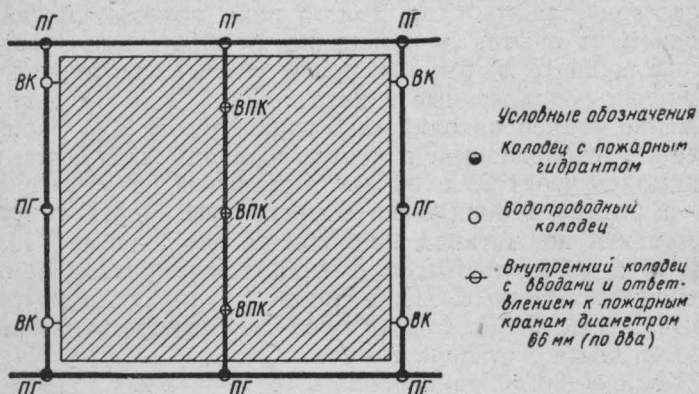


Рис. 26. Схема расположения наружной сети и внутренней связи

сматривать установку пожарных кранов диаметром 66 мм с размещением рядом с ними запаса пожарных рукавов (такие краны на рис. 26 обозначены ВПК).

Подобные пожарные краны позволят подавать достаточные по производительности струи для тушения развившихся пожаров, при sprысках пожарных стволов порядка 19—22 мм (в пожарной охране такие струи известны как струи литер «А»).

## 5. ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕНЧЕРНЫХ ЗАВЕС И ЛАФЕТНЫХ СТВОЛОВ В БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЯХ

Учитывая возможность быстрого развития пожара при пожароопасном производстве в бесфонарном здании, в ряде случаев целесообразно предусматривать



такие дополнительные меры защиты, как устройство дренчерных завес с целью локализации пожара в пределах части площади цеха; установку лафетных стволов с целью тушения пожара на защищаемой площади мощными струями.

Разделение защищаемого помещения на отдельные секции должно производиться при этом с учетом особенностей размещения производственного оборудования, наличия промежуточных складов и т. д., для того чтобы обеспечить эффективную работу дренчерных завес. При этом дренчерные завесы следует располагать по проходам, между производственным оборудованием и т. д.

Необходимость устройства дренчерных завес может возникать также и в том случае, когда площадь помещения в бесфонарном здании превышает допустимую площадь противопожарного отсека.

Устройство дренчерных завес может производиться и в целях выделения отдельных пожароопасных участков (например, промежуточных внутрицеховых складов горючих материалов) или когда требуется разделить защищаемое помещение на несколько рисков (с тем чтобы, например, при пожаре в одной части склада огонь не перешел в другую часть).

На рис. 27 в качестве примера показано устройство дренчерных завес в бесфонарном помещении размером  $108 \times 204$  м, т. е. площадью  $22\,032\text{ м}^2$ . В данном случае принято деление помещения на 8 секций, выделяемых дренчерными завесами. Площадь, ограниченная завесами в одной секции, составляет около  $2500\text{ м}^2$ .

Расходы воды, потребные на работу дренчерных завес, могут быть приняты из расчета  $0,5\text{ л/сек}$  на  $1\text{ пог. м}$  завесы. В данном случае наибольший расход воды будет при выделении одного из отсеков III, IV, V, VI (включение завес в комбинациях 3, 4, 5; 2, 4, 6; 5, 7, 8; 6, 7, 9) и при протяженности завес  $154\text{ м}$  и составит около  $75\text{—}77\text{ л/сек}$ .

Задвижки управления завесами должны располагаться в доступных и заметных местах. На рис. 27 задвижки управления завесами размещены во внутреннем проезде. В том случае, если имеется опасение, что при ошибочном включении или при подтекании воды возможна порча материалов, продукции или оборудования, целесообразно устанавливать на линии к каждому

участку завесы две последовательно расположенные задвижки с размещением между ними пробных — спускных кранов.

На стене, у места размещения задвижек управления, должна быть изображена схема управления задвижками, на которой показываются защищаемые места и номера задвижек, с помощью которых достигается ограждение требуемого участка.

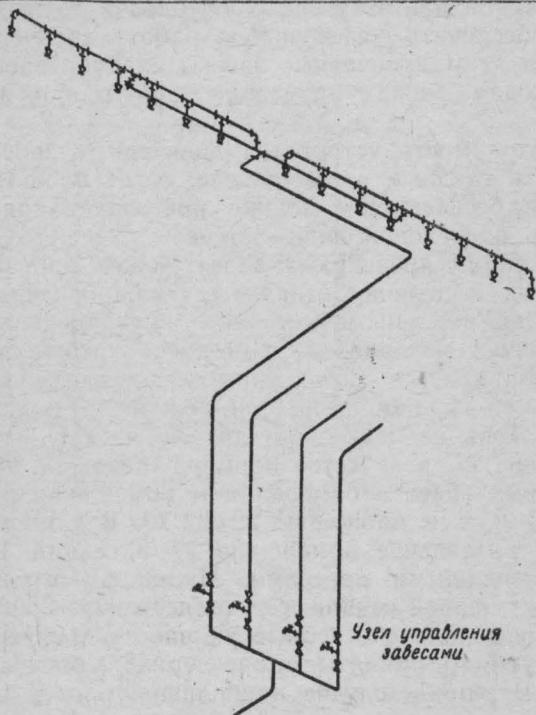
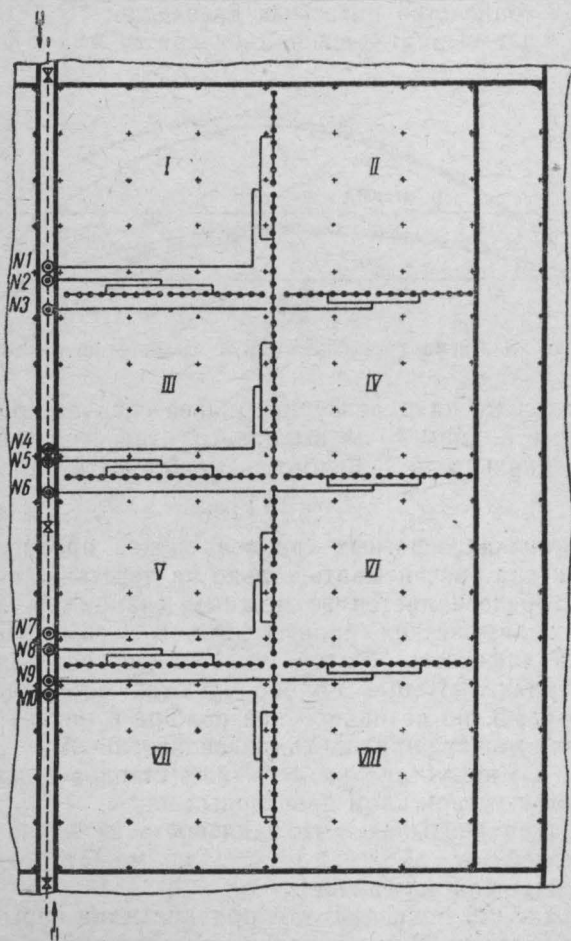


Рис. 27. Схема устройства дренчерных завес  
Обозначения: № 1—10 узлы управления завесами; I—VIII — отсеки, образуемые завесами. Образование отсеков осуществляется:

отсек	включаемые завесы
I	1; 2
II	1, 3
III	2; 4, 5
IV	3; 4, 6
V	5, 7, 8
VI	6, 7, 9
VII	8, 10
VIII	9, 10
I+II	2, 3
I+II+III+IV	5, 6
VII+VIII	9, 10

При проектировании дренчерных завес необходимо стремиться к достижению равномерного орошения водой по всему участку завесы. Это достигается установкой дренчеров на распределительных рядках, как это показано на схеме на рис. 27 (схема завесы № 7).

Выбор диаметров труб при этом производится таким образом, чтобы разница в расходах воды из дренчеров в рядке, между конечным и начальным дренчерами, не превышала 20—25%. В этом случае может быть применен обычный принцип расчета спринклерных сетей



с увеличением диаметра труб распределительного рядка в зависимости от количества питаемых дренчеров.

Для получения более равномерного расхода воды выбор диаметра распределительного рядка (одного по всей длине) может быть произведен путем использования несложной зависимости вида

$$D^2 = 1,5nd^2,$$

где

$D$  — диаметр трубы рядка в мм;

$n$  — количество питаемых дренчеров;

$d$  — диаметр отверстия дренчера в мм.

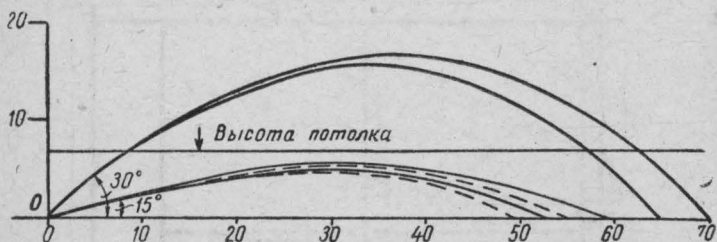


Рис. 28. Схема траекторий струй из лафетного ствола

Поскольку для дренчерных завес следует применять дренчеры с диаметром выходного отверстия 12,7 мм, приведенная выше зависимость может быть дана в виде

$$D = 15 \sqrt{n}.$$

Установка лафетных стволов может производиться тогда, когда рассчитывать только на действие спринклеров не представляется возможным (например, при некоторых химических производствах). Кроме того, установка лафетных стволов может производиться в тех помещениях, которые не оборудуются спринклерными установками, но возникновение пожара в них не исключено и может приводить к значительному ущербу. В этом случае установка лафетных стволов должна сочетаться с устройством дренчерных завес.

Следует учитывать, что дальность действия струи, получаемой от лафетного ствола, может ограничиваться высотой помещения.

На рис. 28 показано, что при диаметре spryska лафетного ствола 38 мм и напоре у ствола 68 м вод. ст.,

при высоте помещения 7 м возможный угол наклона ствола составляет порядка  $15^\circ$ , а дальность действия струи (дальность полета раздробленной части струи) можно считать равной 60 м (пунктиром показана тра-

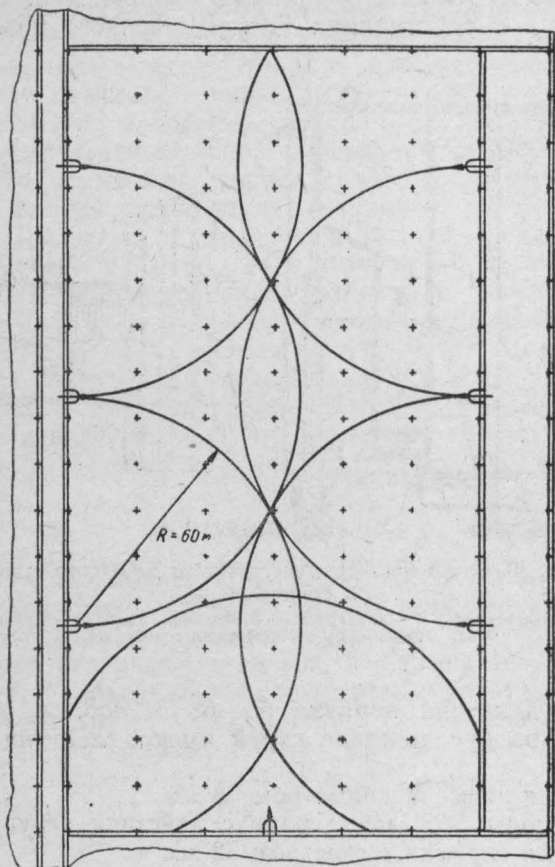


Рис. 29. Схема размещения лафетных стволов в бесфонарном здании

ектория струи при spryске диаметром 32 мм). При наклоне ствола  $30^\circ$  можно было бы получить увеличение дальности полета струи до 70 м, но это не может быть осуществлено в связи с ограниченной высотой помещения (в данном случае).

Размещение лафетных стволов должно производиться в зависимости от их радиуса действия. При этом могут быть приняты лафетные стволы со sprысками диаметром 32 и 38 мм, в зависимости от степени пожарной опасности защищаемых помещений, по консультации с работниками Государственного пожарного надзора.

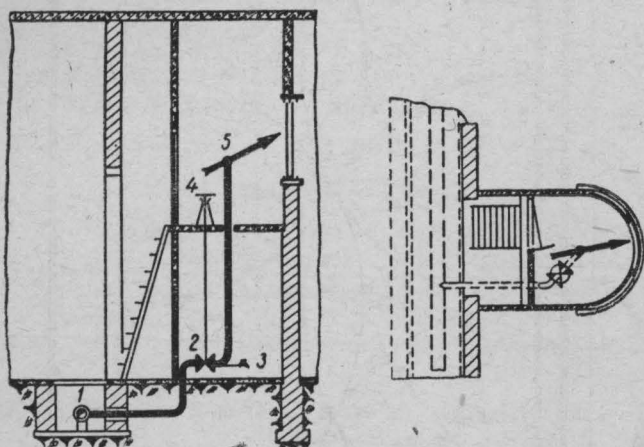


Рис. 30. Схема установки внутреннего лафетного ствола в стенной нише

1 — магистраль; 2 — задвижка; 3 — спускной кран; 4 — маховик задвижки; 5 — лафетный ствол

При давлении порядка 65—68 м вод. ст. расходы воды и радиус действия струй имеют следующие значения:

- а) для sprыска диаметром 38 мм расход воды 37,7 л/сек; радиус действия струи 60 м;
- б) для sprыска диаметром 32 мм расход воды 29,8 л/сек; радиус действия струи 55 м.

При выборе мест для лафетных стволов в расчет принимается орошение каждой точки защищаемого объема одной струей при соприкосновении двух струй в наиболее удаленной и возвышенной точке.

В схеме на рис. 29 показан пример размещения лафетных стволов в помещении бесфонарного здания при sprысках диаметром 38 мм и при радиусе действия струи 60 м (размеры помещения 108×204 м).



Лафетные стволы в помещении рекомендуется размещать на возвышениях, в башенках, с прозрачными перемещаемыми экранами при обеспечении подпора воздуха (рис. 30).

Во всех случаях выбор системы защиты конкретного объекта рекомендуется производить с участием представителя Государственного пожарного надзора.

Вместо обычных спринклерных систем, там где это целесообразно, например, при наличии в помещении трудно смачиваемых водой материалов (хлопок и др.) возможно применение спринклерных установок с введением в воду смачивателя (например, 0,5% сульфанола). При этом интенсивность подачи воды может быть снижена примерно до 0,06 л/сек м<sup>2</sup>.

Для введения смачивания могут быть использованы различные схемы, например введение смачивателя во всасывающую линию насоса (при отсутствии подпора); введение смачивателя в напорную линию с помощью эжектора путем диафрагмирования напорного трубопровода и параллельной установки емкости со смачивателем и др.

## 6. ВОДОПИТАТЕЛИ

Постоянное давление во внутреннем противопожарном водопроводе бесфонарного здания, необходимое для первоначальной работы внутренних пожарных кранов и спринклерных установок, в течение 10 мин обеспечивается объединенным хозяйственно-противопожарным водопроводом объекта. При этом должна производиться подача воды из расчета 2,5 л/сек на действие внутренних пожарных кранов и 10 л/сек на работу спринклеров (или 5 л/сек на действие внутренних пожарных кранов при отсутствии спринклерных установок).

Для подачи полного расчетного пожарного расхода воды на работу гидрантов, внутренних пожарных кранов и спринклерных установок, как правило, устанавливаются специальные пожарные насосы и таким образом наружный водопровод объекта будет являться противопожарным водопроводом высокого давления (СНиП II-Г.3-62).

При наличии в бесфонарном здании дренчерных завес или стационарных лафетных стволов их питание

также осуществляется стационарными пожарными насосами.

Могут встречаться случаи, когда повышение давления в наружной водопроводной сети, потребное для работы стационарных лафетных стволов, спринклерных установок или дренчерных завес, является нецелесообразным. В этом случае установка стационарных насосов может быть осуществлена непосредственно в бесфонарном здании, на вводах в него.

Включать пожарные насосы можно автоматически или дистанционно (например, от кнопок, установленных у стационарных лафетных стволов или у узла управления дренчерными завесами.)

## **7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИСТЕМ ВНУТРЕННИХ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ВОДОПРОВОДОВ**

Учитывая, что значение внутренних противопожарных водопроводов в бесфонарных зданиях по сравнению с обычными производственными зданиями возрастает, к эксплуатации противопожарных водопроводов должны быть предъявлены повышенные требования.

Основными из них являются:

назначение ответственных лиц из числа инженерно-технического персонала предприятия за эксплуатацию систем водопроводов и соответствующего обслуживающего персонала — слесарей, осуществляющих постоянное наблюдение за исправностью водопроводных сооружений, оборудования и арматуры;

знание обслуживающим персоналом (в особенности машинистами насосной станции) своих обязанностей на случай пожара (умение включать пожарные насосы и производить при этом соответствующее переключение задвижек) и наличие инструкций для дежурного персонала и схем коммуникаций;

наличие исполнительных схем систем противопожарных водопроводов с регулярным внесением в них происходящих изменений;

наличие схем в местах установки контрольно-сигнальных клапанов секций спринклерных установок, схем в местах расположения узлов управления дренчерными завесами и в местах установки стационарных лафетных стволов, наглядно показывающих, как производить включение установок в случае пожара.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Данные о пределах взрываемости пылей  
(по данным М. Г. Годжелло)

Наименование	Нижний предел взрыва в г/м³	Наименование	Нижний предел взрыва в г/м³
1	2	3	4

### I Класс пылей

а) Лабораторного приготовления		б) Промышленные	
Сера, серный цвет . . . . .	2,3	Сухие сливки с сахаром	6,3
Нафталин . . . . .	2,5	Сухое молоко нормальное . . . . .	7,6
Канифоль . . . . .	5	Сухое молоко горелое . . . . .	7,6
Антрацен . . . . .	5	Эбонитовая пыль с вальцевого станка . . . . .	7,6
Эбонитовая пыль I сорта	7,6	Пыль готовой продукции, кормовой брикет	7,6
Шрот подсолнечный . . . . .	7,6	Пыль пшеничных отрубей . . . . .	10,1
Молоко сухое . . . . .	7,6	Пыль мельничная, серая	10,1
Кровяная мука . . . . .	7,6	Торфяная пыль из осадительной камеры . . . . .	10,1
Сахар свекловичный . . . . .	8,9	Пыль из пылевой камеры (кормовая) . . . . .	12,6
Камфара . . . . .	10,1	Серно-рудная пыль . . . . .	13,9
Шрот хлопчатниковый . . . . .	10,1	Пыль из помещения очистки мешкотары (кормовая) . . . . .	15
Торфобрикет . . . . .	10,1		
Чечевица . . . . .	10,1		
Мясокостная мука . . . . .	10,1		
Маисовые корма . . . . .	12,6		
Дифенил . . . . .	12,6		
Дифенилоксид . . . . .	12,6		
Фталевый ангидрид . . . . .	12,6		
Пек . . . . .	15		
Уротропин . . . . .	15		
Шеллак . . . . .	15		

### II Класс пылей

а) Лабораторного приготовления		б) Промышленные	
Алюминиевый порошок	58	Сенная пыль . . . . .	20,2—70,7
Барда хлебная . . . . .	22,7	Пыль пшеничных отрубей . . . . .	22,7—42,8
Горох . . . . .	25,2	Пыли зерновых отходов	25,5—30,2
Жом свекловичный . . . . .	27,7	» жмыховые . . . . .	20,2—27,7
Жмых хлопчатниковый	27,7	» шротов . . . . .	20,2—27,7
Зерновые отходы . . . . .	50,4	» готовой (кормовой) продукции . . . . .	17,6—55,4
Казеин технический . . . . .	32,8	Эбонитовая промышленная пыль . . . . .	20,2
Крахмал картофельный	40,3		
Кукуруза в початках . . . . .	37,8		

Наименование	Нижний предел взрыва в г/м <sup>3</sup>	Наименование	Нижний предел взрыва в г/м <sup>3</sup>
1	2	3	4
Лак красный II . . . . .	19,5	Пыль льняной костры . . . . .	16,7
Лигнин . . . . .	30,2	Пыли кофе-цикорной фабрики . . . . .	42,8—63
Литоль прочный шарлах (краситель) . . . . .	25	Чайная пыль . . . . .	32,8
Льняная костра . . . . .	16,7	Мучная пыль . . . . .	30,2—63
Овес . . . . .	30,2	Сланцевая пыль . . . . .	58
Отруби крупные . . . . .	45,4		
Просяные зерновые отходы . . . . .	47,8		
Пшеничная сечка . . . . .	45,4		
Электронная пыль . . . . .	30		
Ячменная мука . . . . .	32,8		
<b>III класс пылей</b>		<b>IV класс пылей</b>	
Табачная пыль (самовоспламеняется при 205° С) . . . . .	68—101	Угольная пыль (высокозольные) . . . . .	114—400
Элеваторная пыль (самовоспламеняется при 250° С) . . . . .	227	Древесные опилки (самовоспламеняется при 275° С) . . . . .	выше 65

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Данные о пределах взрываемости смеси паров жидкостей и газов с воздухом

Наименование	Темпе- ратура вспыш- ки паров в °С	Концентрационные пределы взрываемости паров в воздухе				Кате- гория произ- вод- ства
		по объему в %		по весу в мг/л		
		ниж- ний	верх- ний	ниж- ний	верх- ний	
Бензол . . . . .	—14	1,1	6,8	35	217	А
Толуол . . . . .	+5	0,92	5	34,12	186	А
Ацетон . . . . .	—20	2,6	12,2	61,62	28,91	А
Спирт амиловый-изо . . . . .	+50	1,07	5	37	178	Б
Анилин . . . . .	+79	1,31	4	49,65	149,26	Б
Спирт бутиловый-изо . . . . .	+28	1,89	7,30	58,4	227	А
» этиловый . . . . .	+13	3,30	18,4	62,2	347,2	А
Сульфенамид БТ . . . . .	+90	—	—	—	—	Б
Триэтиламин . . . . .	—12	1,5	6,1	62,21	252,99	А
Хлорбензол . . . . .	+26	1,6	7,83	73,47	360	А
Циклогексанол . . . . .	+61	1,52	11,1	63,87	466,89	Б
Этилбензол . . . . .	+20	0,9	3,9	38,98	169,09	А

Наименование	Темпе- ратура вспыш- ки паров в °С	Концентрационные пределы взрываемости паров в воздухе				Кате- гория произ- вод- ства
		по объему в %		по весу в мг/л		
		ниж- ний	верх- ний	ниж- ний	верх- ний	
Эфир диэтиловый . . . . .	—45	2,74	44,3	61,11	134,37	А
» этил бензиловый . . . . .	+47	0,42	1,79	23,34	99,65	Б
Аммиак Н <sub>3</sub> . . . . .	—	16	27	111,1	187,7	Б
Ацетилен С <sub>2</sub> Н <sub>2</sub> . . . . .	—	3,5	82	37,2	870	А
Бутадиен С <sub>4</sub> Н <sub>6</sub> . . . . .	—	2,06	44	45,7	975	А
Блаугаз . . . . .	—	4	8	38	76	А
Бутан С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> . . . . .	—	1,60	8,5	38	201,5	А
Водород . . . . .	Н <sub>2</sub>	4,15	75	3,45	62,5	А
Водяной газ . . . . .	—	12	66	81,5	423,5	Б
Генераторный газ . . . . .	—	20,7	73,7	221	785	Б
Доменный газ . . . . .	—	35,5	74	315	666	Б
Изобутан С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub> . . . . .	—	1,9	8,4	45,1	199	А
Метан СН <sub>4</sub> . . . . .	—	5	16	32,6	104,2	А
Оксись углерода СО . . . . .	—	12,8	75	145	850	Б
» этилена С <sub>2</sub> Н <sub>4</sub> О . . . . .	—	3	8	54	144	А
Пропан С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub> . . . . .	—	2,3	9,5	41,5	170,5	А
Сероводород Н <sub>2</sub> . . . . .	—	4,3	45,5	60,6	642,2	А
Циан С <sub>2</sub> . . . . .	—	7,6	38	168	840	А
Этан С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub> . . . . .	—	3	15	36,1	180,5	А
Этилацетат С <sub>4</sub> Н <sub>8</sub> О <sub>2</sub> . . . . .	—	2,2	11,4	89	462	А
Этилен С <sub>2</sub> Н <sub>4</sub> . . . . .	—	3	34	34,8	392	А

## ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## Давление при взрыве пылей 7

Наименование	Концентра- ция в кг/м³	Взрывное давление в кг/м²
Цирконий . . . . .	0,04	17 000
Сахар . . . . .	0,02	22 000
Алюминий . . . . .	0,025	25 000
Сера . . . . .	0,035	12 000
Древесная мука . . . . .	0,04	25 000

## Давление при взрыве пылей 9

Наименование	Давление при взрыве в кг/см²
Алюминиевая пудра, степень дисперсности 0,3 мк . . . . .	11,6
Ликоподиевая пыль . . . . .	4,2
Угольная пыль . . . . .	8—10
» » (артемовский уголь) . . . . .	4,75
Уголь-пыль (кизеловский уголь) . . . . .	4

# ПРИЛОЖЕНИЕ 4 Теоретическая температура горения газов

Наименование	Теплота горения в ккал/м³		Объем продуктов сгорания в м³/м³	Теоретическая температура горения в °C
Оксись углерода . . . . .	3045	3045	2,88	2370
Водород . . . . .	3050	2580	2,88	2230
Водяной газ . . . . .	2750	2500	2,7	2210
Нефтяной » . . . . .	10070	9180	10,8	2120
Природный газ . . . . .	9440	8470	10,4	2020
Доменный газ:				
древесно-угольный . . . . .	1230	1170	1,8	1590
коксовый . . . . .	960	940	1,6	1470
сжиженный . . . . .	27180	25000	29,6	2110

# ПРИЛОЖЕНИЕ 5 Теплота горения веществ

Наименование	Теплота горения		
	в ккал/кг	в ккал/м³	в ккал/г моль
<b>Углеводороды</b>			
Метан . . . . .	—	9410,7	210,8
Этан . . . . .	—	10 560	368,4
Пропан . . . . .	—	23 450	546,7
Бутан . . . . .	—	30 230	683,3
Пентан . . . . .	11 601,3	—	838,3
Гексан . . . . .	11 616,2	—	999
Бензол . . . . .	10 000	—	783
Толуол . . . . .	10 174	—	936
Ксилол . . . . .	10 292	—	1091
Ацетилен . . . . .	—	13 800	312
<b>Спирты</b>			
Метилловый . . . . .	5700	—	170,9
Этиловый . . . . .	7402	—	328
Пропиловый . . . . .	8310	—	482
Бутиловый . . . . .	8898	—	639
Амиловый . . . . .	9319	—	787
<b>Кетоны простые и сложные эфиры</b>			
Ацетон . . . . .	7384	—	427
Диэтиловый эфир . . . . .	8807	—	651,7
Этилацетат . . . . .	6103	—	538,5
Амилацетат . . . . .	8000	—	1040
<b>Нефть и нефтепродукты</b>			
Нефть сырая . . . . .	10 500	—	—
Бензин . . . . .	11 200	—	—
Керосин . . . . .	9900—11100	—	—
Мазут . . . . .	10000—11000	—	—



# ПРИЛОЖЕНИЕ 6

## Теплоемкость и теплосодержание газов при постоянном давлении

Темпера- тура в °C	Теплоемкость в ккал/кг моль град			Теплосодержание в ккал/кг моль		
	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> , CO, O <sub>2</sub> N <sub>2</sub>
1000	10,6	8,91	7,15	10 600	8 910	7 150
1100	10,75	9,04	7,18	11 830	9 944	7 900
1200	10,9	9,17	7,21	13 080	11 000	8 650
1300	11,04	9,31	7,25	14 350	12 100	9 420
1400	11,17	9,46	7,28	15 640	13 250	10 190
1500	11,3	9,69	7,32	16 950	14 440	10 980
1600	11,42	9,8	7,36	18 270	15 680	11 780
1700	11,53	9,99	7,40	19 610	16 980	12 590
1800	11,64	10,19	7,45	20 950	18 340	13 410
2000	11,83	10,62	7,54	23 660	21 240	15 090
2100	11,92	10,85	7,59	25 020	22 790	15 950
2200	11,99	11,09	7,65	26 390	24 410	16 820
2300	12,07	11,35	7,70	27 750	26 100	17 710
2400	12,13	11,62	7,76	28 120	27 880	18 620
2500	12,19	11,89	7,82	30 480	29 730	19 550
2600	12,24	12,18	7,88	31 830	31 670	20 490
2700	12,29	12,45	7,94	33 170	33 690	21 440
2800	12,32	12,79	8,01	34 510	35 810	22 420
2900	12,35	13,11	8,07	35 820	38 030	23 410
3000	12,38	13,44	8,14	37 140	40 320	24 420

## ЛИТЕРАТУРА

Баратов А. Н., Годжелло М. Г. Пожарная опасность производств, применяющих газы и жидкости. Изд-во МКХ РСФСР, 1961.

Годжелло М. Г. Взрывы промышленных пылей и их предупреждение. Изд-во МКХ РСФСР, 1952.

Глушко А. П. и др. Атомное оружие и противоатомная защита. Воениздат МО СССР, 1958.

Демидов П. Г. Горение и свойства горючих веществ. Изд-во МКХ РСФСР, 1962.

Действие ядерного оружия (перевод с англ.). Воениздат, 1963.

Лазарев Н. В. Химически вредные вещества в промышленности. Госхимиздат, 1951.

Литвин А. М. Техническая термодинамика. Госэнергоиздат, 1947.

Монахов В. Т. Справочные данные по горению, развитию и тушению пожаров. Изд-во ВШ МООП РСФСР, 1963.

Огнестойкость зданий (перевод с франц.). Госстройиздат, 1963.

Львов К. С. К вопросу об аналитическом определении площади вышибных конструкций во взрывоопасных цехах. Сб. «Пожарная безопасность», Изд-во МКХ РСФСР, 1963.

Львов К. С. Проблема ждет решения. «Пожарное дело» 1962, № 9.

Рабинович И. М. Основы динамического расчета сооружений на действие мгновенных или кратковременных сил. Стройиздат, 1945.

Ройтман М. Я., Тарасов-Агалаков Н. А., Демидов П. Г. Определение площади сечения дымовых люков. Сб. «Пожарная безопасность», Изд-во МКХ РСФСР, 1963.

Ройзен И. С. Техника безопасности и противопожарная техника в химической промышленности, Госхимиздат, 1951.

Справочник проектировщика. Госстройиздат, 1960.

СНиП, ч. II, разд. А, гл. 5 (СНиП II-А. 5-52), «Противопожарные требования, основные положения проектирования», 1962.

СНиП, ч. II, разд. М., гл. 2 (СНиП II-М. 2-62), «Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования».

Тидеман Б. Г., Спироборский Д. Б. Химия горения. Гострансиздат, 1934.

Хитрин А. Н. Физика горения взрыва. Изд.-во МГУ, 1957.

---

Дуб

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Специфика бесфонарных зданий . . . . .	3
Введение . . . . .	—
1. Состав и особенности планировочных решений бесфонарных зданий . . . . .	—
2. Особенности конструктивных решений бесфонарных зданий . . . . .	5
3. Особенности пожарной опасности и тушения пожаров в бесфонарных зданиях . . . . .	7
Глава II. Пожарная профилактика при внутренней планировке бесфонарных зданий . . . . .	12
1. Общие принципы пожарной профилактики при планировке . . . . .	—
2. Противопожарные отсеки . . . . .	14
3. Нормирование площади противопожарных отсеков . . . . .	15
4. Расчет площади противопожарных отсеков . . . . .	16
5. Вынужденная эвакуация людей из зданий . . . . .	28
Особенности вынужденной эвакуации . . . . .	—
Нормирование путей эвакуации . . . . .	31
6. Предложения по расчету протяженности эвакуационных путей . . . . .	35
7. Конструктивные планировочные решения эвакуационных путей и выходов . . . . .	38
Организационные меры . . . . .	43
Глава III. Дымовые люки . . . . .	45
1. Продукты сгорания . . . . .	—
2. Сечение дымовых люков . . . . .	49
3. Конструкция дымовых люков . . . . .	57
Глава IV. Взрывные люки . . . . .	69
1. Определение площади вышибных отверстий с учетом неполной загазованности помещений . . . . .	83
2. Давление на строительные конструкции при взрывах . . . . .	85
3. Конструкция взрывных клапанов . . . . .	89
4. Остекленные проемы . . . . .	90
5. Легкосбрасываемые панели . . . . .	93
Глава V. Противопожарное водоснабжение бесфонарных производственных зданий . . . . .	98
1. Особенности развития пожаров в бесфонарных зданиях и их пожарной защиты . . . . .	—
2. Внутренние пожарные краны . . . . .	100
	125

3. Спринклерное оборудование бесфонарных зданий . . .	105
4. Наружные гидранты . . . . .	108
5. Применение дренчерных завес и лафетных стволов в бесфонарных зданиях . . . . .	—
6. Водопитатели . . . . .	115
7. Эксплуатация систем внутренних противопожарных во- допроводов . . . . .	116
Приложение 1 . . . . .	117
Приложение 2 . . . . .	118
Приложение 3 . . . . .	119
Приложение 4 . . . . .	120
Приложение 5 . . . . .	—
Приложение 6 . . . . .	121
Приложение 6а . . . . .	—
Литература . . . . .	123

---

Аммосов Федор Алексеевич  
Ройтман Мирон Яковлевич  
Тарасов-Агалаков Николай Александрович  
ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА БЕСФОНАРНЫХ ЗДАНИЙ  
Тем. план 1965 г. п. 195

\* \* \*

Стройиздат  
Москва, Третьяковский проезд, д. 1

\* \* \*

Переплет художника Н. Ф. Тимешова  
Редактор издательства Г. М. Виноградова  
Технический редактор В. М. Родионова  
Корректор Е. Н. Кудрявцева

---

Сдано в набор 18.VIII 1965 г.	Подписано к печати 5.XI 1965 г.	T-14412
Бумага 84×108 <sup>1/32</sup> .	2,0 бум. л.	6,72 усл. печ. л. (уч.-изд. 6,66 л.)
Тираж 7000 экз.	Изд. № VII-8973.	Зак. № 2018. Цена 33 коп.

---

Ленинградская типография № 4 Главполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров СССР по печати, Социалистическая, 14.



**СТРОЙИЗДАТ  
ГОТОВИТ К ВЫПУСКУ В 1966 г.**

**Из опыта противопожарной пропаганды** (вып. 3). УПО МООП РСФСР. М., Стройиздат, 3 л., 12 000 экз., ц. 11 коп.  
Тем. план 1966 г. № 475.

**Из опыта работы пожарной охраны.** УПО МООП РСФСР. М., Стройиздат, 3 л., 12 000 экз., ц. 11 коп.  
Тем. план 1966 г. № 476.

**Кашеев Н. Б., Новиков Г. В., Петров В. С., инженеры. Пожарные машины и противопожарное оборудование.** М., Стройиздат, 25 л., 10 000 экз., ц. 1 р. 43 к., в переплете.  
Тем. план 1966 г. № 477.

**Ройтман М. Я., канд. техн. наук. Пособие по нормативно-технической работе.** Изд. 2-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 8 л., 10 000 экз., ц. 30 коп.  
Тем. план 1966 г. № 481.

**Пожарная безопасность** (сборник работ факультета инженеров противопожарной техники и безопасности Высшей школы МООП РСФСР, вып. 5). М., Стройиздат, 7 л., 5000 экз., ц. 25 коп.

Тем. план 1966 г. № 485.

**Пожарная профилактика и тушение пожаров** (информационный сборник ЦНИИПО, вып. 4). М., Стройиздат, 6 л., 5000 экз., ц. 30 коп.

Тем. план 1966 г. № 483.

**Пожарная техника** (информационный сборник ЦНИИПО, вып. 7). М., Стройиздат, 6 л., 5000 экз., ц. 30 коп.

Тем. план 1966 г. № 484.

**Сборник работ пожарно-испытательных станций** (вып. 7). ЦНИИПО и УМО МООП РСФСР. М., Стройиздат, 8 л., 5000 экз., ц. 40 коп.

Тем. план 1966 г. № 488.

**Сборник «Рационализация и изобретательство в пожарной охране».** УПО МООП РСФСР. М., Стройиздат, 6 л., 8000 экз., ц. 30 коп.

Тем. план 1966 г. № 489.

С подробными аннотациями на книги можно ознакомиться в книжных магазинах, где имеется план выпуска литературы Стройиздата на 1966 г.

В случае отказа от приема заказов книготоргом необходимо сообщить об этом Отделу научно-технической литературы В/О «Союзкнига» (Москва, Ленинский проспект, 15).

**СВОЕВРЕМЕННО ЗАКАЗЫВАЙТЕ  
НЕОБХОДИМУЮ ВАМ КНИГУ ДО ВЫХОДА ЕЕ В СВЕТ  
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАКАЗЫ ПРИНИМАЮТ  
ВСЕ КНИЖНЫЕ МАГАЗИНЫ**

# ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
25	12 снизу	по формуле (3)	по формуле (4)
26	3 »	» » (4)	» » (4')
26	14 »	в формулу (3)	в формулу (4)
36	2 сверху	в 1 мин;	в мин;
50	3 »	$W = \frac{n_t W_{am}}{3600}$	$W = \frac{n W_t^{am}}{3600}$
79	15 »	$\Delta W_t = W_t - W_0$	$\Delta W_t = W_t - W_0 \frac{P_{доп}}{P_a}$
80	4, 5, 6 и 10 снизу	0,00025 $T_B$	0,0025 $T_B$
83	16—17 снизу	по формуле (5)	по формуле $\Delta W_t = \frac{m}{n} \frac{T_B}{T_H} - W_0 \frac{P_{доп}}{P_a}$
83	18 снизу	по формуле (5a)	по формуле (5)