

П. 1: 35
П 46

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Вып. III

МОСКВА

1964

П.1:35

П46

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Сборник работ факультета инженеров
противопожарной техники и безопасности
Высшей школы МООП РСФСР

ВЫПУСК III

Библиотека
ВИПТШ
МВД СССР



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ

Москва—1964

В сборнике публикуются статьи, в которых изложены основные рекомендации по пожарной безопасности малоизученных в этом отношении производств (производства сульфенамида БТ, аналина контактным способом, изопропилбензола, хлористого винила, териленовой пленки), рассмотрены вопросы огнестойкости железобетонных конструкций при различных температурных режимах, дан анализ практического использования смачивателей для тушения пожара.

Сборник рассчитан на работников пожарной охраны и инженерно-технический персонал промышленных объектов.

СОДЕРЖАНИЕ

Пожарная профилактика

Н. А. Аксенов. Карта пожарной опасности технологического процесса	3
В. В. Оглезнев. Пожарная опасность производства анилина контактным способом	9
Н. Д. Русанов. Пожарная опасность производства изопропилбензола	16
А. И. Федотов. Профилактические мероприятия при производстве хлористого винила	21
В. Г. Михайлов. Пожарная опасность производства териленовой пленки	27
И. Г. Ходаковский. Определение пределов огнестойкости железобетонных конструкций при различных температурных режимах	31
М. П. Башкирцев, Н. А. Шелудько. Определение коэффициента теплообмена в условиях «стандартного» пожара	39
М. С. Аксенов. Обоснование исходных данных для проектирования противопожарного занавеса	47
Н. И. Простов. Эвакуация людей из зданий большой площади (из зарубежного опыта)	51
В. С. Саушев. Определение температуры самовоспламенения плавящихся твердых и вязких жидких веществ	55
Н. М. Бычкова, Г. Г. Валуйкин, А. А. Качалов, В. Т. Кашин. Показатели пожарной опасности некоторых жидкостей	59
В. Н. Черкасов, И. А. Соловей. Молниезащита в сельской местности (на примере Белгородской области)	64

Пожарная тактика

Ю. Г. Гунбин. Применение смачивателей для тушения пожаров	76
Н. П. Андреев. Обоснование радиуса выезда пожарных частей (команд) и численности оперативных отделений пожарной охраны городов	37

Пожарная техника

Л. И. Исаченко. Кислородный изолирующий противогаз АИФ-1	95
В. Н. Козарь. Использование рукавов в пожарной охране	98
Н. Б. Кашеев. Пути совершенствования спринклерных систем	103

Н. А. АКСЕНОВ
Руководитель дипломного проекта
канд. техн. наук
М. Я. РОЙТМАН

КАРТА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Практика работы органов Государственного пожарного надзора показывает, что пожарно-технические обследования объектов народного хозяйства проводятся не всегда на достаточно высоком техническом и организационном уровне.

Главной причиной некачественных обследований является то, что начальствующий состав частей ВПО, охраняющих объекты, еще недостаточно использует помощь инженерно-технического персонала заводов для тщательного анализа пожарной опасности технологических процессов, определения необходимых мер противопожарной защиты, а также для разработки мероприятий, снижающих или вообще исключающих возникновение пожаров.

Кроме того, в частях ВПО, охраняющих объекты, а также в УПО—ОПО слабо обобщаются материалы, отражающие пожарную опасность объектов и противопожарные мероприятия, мало внимания уделяется совершенствованию форм и методов профилактической работы на промышленных объектах.

В данной работе сделана попытка разработать один из методов наиболее полного и наглядного изучения и анализа пожарной опасности технологических процессов производств, особенно производств химической промышленности, с изложением мер противопожарной защиты.

Этим методом является разработка «Карты пожарной опасности технологического процесса производства» на наиболее пожароопасные цехи или объекты химической промышленности.

«Карта пожарной опасности технологического процесса» отражает пожарную опасность производства, имеющиеся средства противопожарной защиты, а также мероприятия, направленные на повышение пожарной безопасности объекта.

Карта выполняется на листе чертежной бумаги и состоит из графической и текстовой частей.

Графическая часть включает в себя поэтажные планы цеха (объекта) или план установки.

На планах должно быть показано:

1) размещение технологических аппаратов, имеющих в цехе, или установок;

2) средства пожарной защиты: стационарные средства тушения пожара и их характеристика, внутренние пожарные краны, взрывные панели, вентиляция, средства механического и автоматического контроля производства, противопожарные преграды, конструктивные решения и т. п.;

3) пути эвакуации.

Кроме этого, в графической части должна быть дана характеристика пожаро-взрывоопасных свойств продуктов (газов, жидкостей, твердых веществ), обращающихся в данном производстве, и стрелками показано, в каких аппаратах или установках они применяются.

В текстовой части следует указать номер аппарата или установки на карте; номер аппарата на технологической схеме производства; наименование и количество аппаратов, установленных в цехе; емкость и коэффициент заполнения аппарата; продукт, находящийся в аппарате; рабочие параметры аппарата (температура, давление, вакуум); характеристику противопожарной защиты аппарата.

В карте целесообразно также отразить общие вопросы пожарной безопасности цеха и источники воспламенения, которые могут возникнуть в данном цехе.

Для большей наглядности и лучшей читаемости при разработке графической части карты рекомендуется применять условные обозначения и цветную тушь.

Текстовая часть выполняется тушью на одном листе с графической частью или отдельно.

Примерная карта пожарной опасности производства сульфенамида БТ приведена на рисунке и в таблице.

«Карта пожарной опасности» разработана на основе изучения технологического процесса производства сульфенамида БТ в цехах анилино-красочного завода, анализа проектных материалов на вновь строящийся цех сульфенамида БТ, а также на основе экспериментальных данных.

На карте нанесены планы трех этажей и площадки третьего этажа, на планах указано размещение технологического оборудования. На технологических аппаратах, представляющих пожарную опасность, стоят номера аппаратов и условные знаки, показывающие, какие рабочие параметры автоматически контролируются и регулируются.

В кругах дана характеристика пожарной опасности жидкостей, обращающихся в производстве (диэтиламина и сульфенамида БТ). От кругов проведены стрелки, показывающие аппараты, в которых имеются эти жидкости. Если в аппарате находится смесь диэтиламина и сульфенамида БТ, то к этому аппарату проведены стрелки от обоих кругов.

На поэтажных планах условными обозначениями указаны внутренние пожарные краны, вытяжная вентиляция и направление эвакуации людей.

КАРТА

Пожарной опасности технологического процесса получения сульфениаида БТ

Номер аппарата на карте	Номер аппарата на технологической схеме	Наименование аппарата	Количество аппаратов, шт.	Емкость каждого аппарата, л	Коэффициент заполнения	Продукт, находящийся в аппарате	Рабочая температура, °С	Давление, атм	Характеристика пожарной опасности	Перечень невыполненных мероприятий противопожарной защиты
1-й этаж										
1	3	Емкость с диэтил-амином	1	6000	0,9	Диэтил-амин	18	1	Взрывоопасная концентрация внутри аппарата не образуется, так как рабочая температура выше верхнего температурного предела взрыва. Опасно переполнение емкости, так как произойдет излив жидкости на пол цеха	Емкость не оборудована переливной трубой
2	62	Сборная емкость потока ДЭА	1	3000		То же	18	1	Взрывоопасная концентрация внутри емкости не образуется, так как $t_{раб} > ВПВ$ и отсутствует паровоздушное пространство	
3	14	Сборник промывного сульфениаида	2	4000	0,65	Сульфениамид	18	1	Взрывоопасная концентрация внутри сборника не образуется, так как $t_{раб} < НТПВ$	На дыхательной трубе не установлен огнепреградитель
4	26	Сборник остатков сульфениаида	1	3000		То же	18	1	Взрывоопасная концентрация внутри сборника не образуется, так как $t_{раб} < НТПВ$	

Номер аппарата на карте	Номер аппарата на технической схеме	Наименование аппарата	Количество аппаратов, шт.	Емкость каждого аппарата, л	Коэффициент наполнения	Продукт, находящийся в аппарате	Рабочая температура, °С	Рабочее давление, атм	Характеристика пожарной опасности	Перечень невыполненных мероприятий противопожарной защиты
2-й этаж										
5	13	Воронка для промывки	4	10 000	0,6	Смесь (диэтиламин, сульфенамид)	15	1	Взрывоопасная концентрация внутри воронки не образуется, так как отсутствует паровоздушное пространство	На дыхательной трубе не установлен огнепреградитель
6	20	Сборник сульфенофамида для сушки	1	5000	0,48	Сульфенамид	18	1	Взрывоопасная концентрация внутри сборника не образуется, так как $t_{\text{раб}} < \text{НТПВ}$	
7	18	Аппарат для сушки	2	6000	0,45	То же	50	0,01	В аппарате образуется взрывоопасная концентрация. Опасно повышение температуры, которое может возникнуть в результате отключения вакуумной линии. Повышение температуры до 90°С повлечет разложение сульфенамида БТ.	
3-й этаж										
8	8	Окислитель	4	10 000	0,75	Смесь (диэтиламин, сульфенамид)	50	1	Взрывоопасная концентрация в окислителе не образуется, так как отсутствует паровоздушное пространство. Опасное повышение температуры выше 90°С повлечет разложение сульфенамида БТ и повышение давления	Окислитель не защищен предохранительным клапаном
9	45	Сборник погона ДЭА	2	1000	0,8	Диэтиламин	18	1	Взрывоопасная концентрация в сборнике не образуется, так как $t_{\text{раб}} > \text{ВТПВ}$ и отсутствует паровоздушное пространство	

Номер аппа- рата на карте	Номер аппа- рата на тех- нологической схеме	Наименование аппарата	Количество аппаратов, шт.	Емкость каждого аппарата, л	Коэффициент наполнения	Продукт, находящийся в аппарате	Рабочая тем- пература, °С	Рабочее дав- ление, атм	Характеристика пожарной опасности	Перечень не выпол- ненных мероприятий противопожарной защиты
10	42	Дефлег- матор	1	315		Диэтил- амин	90	1	Взрывоопасная концентрация в дефлегматоре не образуется, так как $t_{раб} > ВТПВ$ и отсутствует паровоздушное пространство	Не защищена предохранительным клапаном. Нет подводки линии для промывки колонны горячей водой
11	40	Колонна	1	1100		То же	95	1,2	Взрывоопасная концентрация в колонне не образуется, так как $t_{раб} > ВТПВ$ и отсутствует паровоздушное пространство	
12	15	Друк- фильр сы- рого суль- фенамида	2	2600		Сульфен- амид	18	1	Взрывоопасная концентрация не образуется, так как $t_{раб} > НТПВ$	На дыхательной трубе не установлен огнепрегради- тель
13	17	То же	2	2600		То же	18	1	Взрывоопасная концентрация не образуется, так как $t_{раб} < НТПВ$	То же
Площадь 3-го этажа										
14	12	Делитель- ная ворон- ка	4	10 000	0,75	Смесь (диэ- тиламин, сульфен- амид)	25	1	Взрывоопасная концентрация не образуется, так как отсутствует паровоздушное пространство	
15	44	Обратный холодиль- ник	1	175		Диэтил- амин	20	1	Взрывоопасная концентрация не образуется, так как $t_{раб} > ВТПВ$ и отсутствует паровоздушное простран- ство	
16	43	Трубоча- теплооб- менник	1	980		То же	40	1	Взрывоопасная концентрация не образуется, так как $t_{раб} > ВТПВ$ и отсутствует паровоздушное простран- ство	

В графической части указаны также средства тушения и возможные источники воспламенения.

Данная в таблице характеристика аппаратов и установок, в которых имеются пожароопасные жидкости, включает следующие сведения:

номер аппарата или установки по карте пожарной опасности и номер по технологической схеме;

наименование аппарата или установки;

емкость аппарата или установки (в л) и коэффициент заполнения;

количество таких аппаратов или установок в цехе;

рабочие параметры (температура, давление, вакуум);

заключение о возможности образования взрывоопасной концентрации внутри аппарата или установки, имеющиеся недочеты в обеспечении пожарной безопасности, меры повышения безопасности, основные требования при проведении профилактической работы.

Настоящая карта может быть использована для составления карт пожарной опасности любых технологических процессов. Особенно удобна такая карта для производств, в которых обращается небольшое количество пожаро-взрывоопасных веществ.

Как правило, карта должна составляться на каждый цех или установку отдельно. Необходимость составления карты на тот или иной цех или установку определяется для объектовых пожарных частей, подчиненных непосредственно УПО—ОПО, начальниками УПО—ОПО, а для пожарных частей, подчиненных отряду,—начальником отряда.

Карты разрабатываются наиболее подготовленными лицами начальствующего состава пожарных частей, охраняющих объекты, сотрудниками УПО—ОПО, закрепленными за этими объектами. При составлении карты следует использовать помощь инженерно-технических работников тех цехов и объектов, на которые разрабатываются карты.

После разработки карта должна быть проверена главным технологическим или главным инженером объекта, о чем на ней делается соответствующая запись, и утверждена на заседании пожарнотехнической комиссии.

В случае изменений, происшедших в технологических процессах или в средствах пожарной защиты, карта подвергается корректировке. Корректировку карты, как правило, производит лицо, составляющее ее. При этом на карте делается отметка о произведенных изменениях и ставится роспись исполнителя.

Карта хранится в пожарной части, охраняющей объект.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА АНИЛИНА КОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ

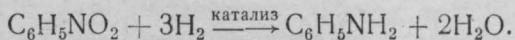
Анилин нашел широкое применение в производстве красителей, взрывчатых веществ, ускорителей вулканизации каучука, в производстве пластических масс и т. д.

Анилин представляет собой бесцветную, маслообразную жидкость; мало растворим в воде (до 3,5%); сильно ядовит; удельный вес 1,026. Пары его тяжелее воздуха в 3,2 раза. В смеси с воздухом пары анилина образуют взрывоопасную смесь в пределах от 1,31 до 4,2%. НТПВ = 70°С, ВТПВ = 90°С, температура вспышки 71°С, температура кипения 184,4°С, температура самовоспламенения 620°С. Анилин приобретает бурый цвет при частичном окислении на воздухе. Он хорошо растворяется в большинстве органических растворителей (в спирте, эфире, бензоле, нитробензоле), имеет характерный слабый запах.

В промышленности существуют два способа получения анилина: реакторный (старый способ) и контактный (новый способ).

Контактный способ производства экономически наиболее целесообразен, позволяет повышать культуру производства и не требует дорогостоящих продуктов (чугунной стружки и соляной кислоты), необходимых при получении анилина реакторным способом. Вместе с тем контактный способ характерен повышенной пожарной опасностью. Если в реакторном способе из всей аппаратуры взрывоопасным является только реактор, то при контактном способе весь процесс получения анилина взрыво- и пожароопасен.

Анилин по контактному способу получается путем восстановления нитробензола водородом в присутствии катализатора по следующей реакции:



Цех производства анилина обычно состоит из трех отделений: газодувного, контактного и отделения дистилляции. Принципиальная технологическая схема процесса показана на рис. 1.

Водород из газопровода и возвратный водород из контактных систем газодувками 1 подается в контактное отделение. Одновременно нитробензол из емкости 2 поступает в подогреватель 3, где нагревается до температуры 180°С, и подается в форсуночный испаритель 4. Водород, подогретый до температуры 260°С в теплообменниках 9, поступает также в форсуночный испаритель 4. Парогазовая смесь нитробензола с водородом, подогретая до температуры 250—260°С в подогревателе 5, поступает в контактный аппарат 8. В контактном аппарате происходит каталитическое восстановление нитробензола до анилина при температуре

330—365°С. В состав контактных газов входят пары анилина, воды, различные смолы и водород.

Из контактного аппарата газы поступают в теплообменники 9, затем в конденсаторы 10, где конденсируются пары анилина, воды и других жидкостей. Конденсат через емкость 12 насосом 13 перекачивается в отделение сепарации и дистилляции. В результате сепарации, отгонки и дистилляции из анилина-сырца получают готовый продукт—товарный анилин. Водород из конденсаторов 10 через брызгоулавливатель 11 направляется снова в газодувное отделение.

Пожарная опасность производства и меры профилактики

1. Газодувное отделение

Характерной особенностью, определяющей пожарную опасность газодувного отделения, является наличие водорода, который подается по трубопроводам в контактное отделение в количестве до 2040—2090 нм³/час.

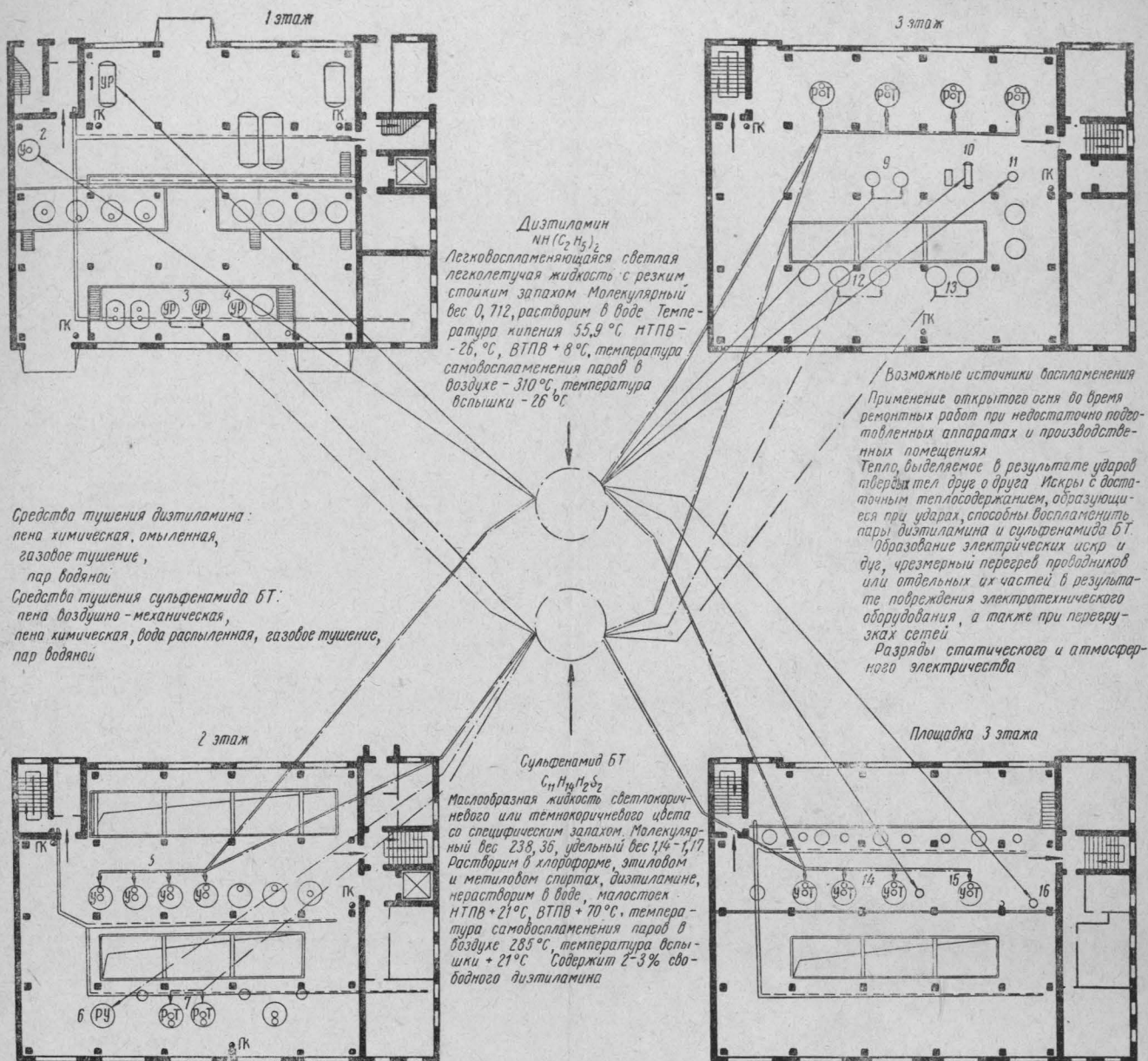
Водород — горючий и взрывоопасный газ, смесь его с воздухом имеет широкий диапазон взрыва — от 4,15 до 75%, а в смеси с кислородом он образует гремучий газ. Внутри аппаратов и трубопроводов при нормальном режиме работы взрывоопасной смеси водород не образует, так как вся система приемных и нагнетательных трубопроводов и аппаратов, заполненных водородом, находится под избыточным давлением. Падение или резкое возрастание давления должно сигнализироваться световыми и звуковыми сигналами. Непрерывный контроль за наличием кислорода в водороде необходимо осуществлять путем применения автоматических газоанализаторов; увеличение содержания кислорода в водороде выше нормы, указанной в инструкции, также должно сигнализироваться световыми и звуковыми сигналами.

Наиболее характерной опасностью для данного отделения является пропуск водорода в производственное помещение из аппаратов и трубопроводов с возможным образованием местных взрывоопасных концентраций. В таких случаях появление какого-либо источника воспламенения неизбежно приведет к взрыву.

Источники воспламенения здесь могут возникнуть от электрооборудования, при применении искрящих инструментов, в результате образования статического электричества.

Электроосвещение и электрооборудование газодувного отделения должны соответствовать классу взрывоопасности помещения по водородной среде: электроосвещение — выполнено в арматуре В-4А, а электромоторы — продуваемые под избыточным давлением.

Пуск электродвигателей должен быть заблокирован с подачей наружного воздуха в защитные кожухи через сигнализатор падения давления. Это обеспечит невозможность пуска электродвигателя при отсутствии давления воздуха в его каналах. На случай падения давления воздуха в процессе работы должно быть предусмотрено автоматическое подключение резервного вентилятора и



Карта пожарной опасности технологического процесса получения сульфеномида БТ.

звукового сигнала. Если давление в вентиляционном канале при этом все же не поднимается, то имеющееся реле времени автоматически отключит моторы всего газодувного отделения, в результате чего остановятся насосы подачи нитробензола в контактное отделение. Работа обдувочных вентиляторов должна контролироваться световыми сигналами на пульте управления.

Так как водородно-воздушные смеси весьма чувствительны к искрам, возникающим от ударов и трения, то при производстве ремонтных работ необходимо применять только неискрящий инструмент. Во избежание искрения от разрядов статического электричества оборудование должно быть надежно заземлено.

Охлаждение циркуляционных газодувок производится анилиновой водой, подаваемой центробежными насосами в специальные спиральные холодильники. Прекращение подачи воды на охлаждение приведет к перегреву газодувок. Во избежание этого целесообразно автоматически регулировать количество подаваемой анилиновой воды в холодильник в зависимости от температуры водорода.

На линиях подачи водорода должны быть установлены гидравлические затворы, чтобы предотвратить распространение пламени по коммуникациям.

2. Контактное отделение

Пожарная опасность контактного отделения характеризуется наличием водорода и нитробензола, а также образованием в зоне контактирования большого количества парогазовой смеси с тем-

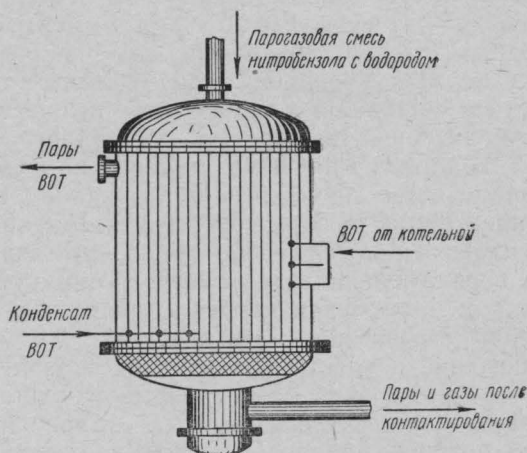


Рис. 2. Контактный аппарат.

пературой 365°C . Кроме того, для работы каждого контактного аппарата требуется до 9,5 т высокотемпературного органического теплоносителя (ВОТ) с температурой 365°C и под давлением 5,7 ати.

Контактирование осуществляется в контактных аппаратах, представляющих собой вертикальный трубчатый котел, заполненный катализатором (рис. 2). В межтрубном пространстве аппарата циркулирует теплоноситель ВОТ. Восстановление нитробензола в анилин происходит на катализаторе при температуре 325—365°С. Повышение температуры реакционной массы от 260°С на входе до 365°С в зоне реакции происходит за счет тепла реакции. Избыток тепла отводится кипящим ВОТ, пары которого направляются в подогреватель смеси и далее в котел-утилизатор.

Аппарат работает под избыточным давлением в 200 мм рт. ст. Следует иметь в виду, что для поддержания постоянного температурного режима и уменьшения потерь тепла в окружающую среду аппарат имеет теплоизоляцию, поэтому образование неплотностей в его корпусе не всегда можно быстро и легко обнаружить.

В подогревателях нитробензола и смеси паров нитробензола с водородом, в теплообменниках и реакторах при нормальных условиях их работы взрывоопасная концентрация образоваться не может, так как в циркулируемых парах и газах отсутствует воздух, а сами аппараты работают под положительным давлением. Взрывоопасная концентрация не может также образоваться внутри емкостей с нитробензолом, в мерниках и приемниках анилина-сырца, так как рабочая температура в них ниже нижнего температурного предела взрыва.

Эти положения подтверждаются данными табл. 1 (составление такой таблицы облегчает анализ пожарной опасности).

В помещении контактного отделения особое внимание уделяют герметичности аппаратов, так как пары нитробензола и анилина ядовиты и взрывоопасны.

Проведенными расчетами и опытными замерами установлено, что количество водорода, паров нитробензола, реакционных газов и паров анилина, выходящих из аппаратов при их нормальной герметизации, недостаточно для создания взрывоопасной концентрации в производственном помещении.

Значительное увеличение выхода газов и паров наружу возможно только в случае образования неплотностей в швах, фланцевых соединениях, сальниках и особенно в результате аварий и повреждений. Одной из основных причин образования повреждений является повышенное давление, которое может возникнуть при увеличенной подаче нитробензола, нарушении нормального процесса конденсации паров анилина, увеличении сопротивления линии за насосом (при неполном открытии задвижек или уменьшении сечения трубы в результате отложений на стенках смолистых веществ).

Подача нитробензола насосами должна производиться при наличии и постоянной исправности автоматических регуляторов давления с регистрацией расхода нитробензола, подаваемого в систему. В контактных аппаратах при недостаточном отводе тепла могут быть резкие повышения давления. От внезапных повышений

Таблица 1

Наименование аппаратов	Продукт, находящийся в аппарате	Наличие паровоздушного пространства	Температура рабочая, °С	Температурные пределы взрыва		Характеристика паровоздушной смеси в аппарате
				НТПВ, °С	ВТПВ, °С	
Емкость с нитробензолом	Нитробензол	Есть	18	90	116	$t_{раб} < \text{НТПВ}$ концентрация не взрывоопасна
Мерник	Нитробензол	Есть	18	90	116	То же
Промежуточная емкость	Смесь (анилин 70%, вода 30%)	Есть	40	70	90	"
Подогреватель нитробензола	Нитробензол	Нет	180	90	116	Нет паровоздушного пространства
Смеситель	Смесь (водород, нитробензол)	Нет	220	90	116	То же
Подогреватель парогазовой смеси	Смесь (водород, нитробензол)	Нет	260	90	116	"
Контактный аппарат	Смесь (водород, нитробензол)	Нет	365	90	116	"
Теплообменник	Смесь (водород, анилин-сырец)	Нет	365	70	90	"
Конденсатор	Смесь (водород, анилин-сырец)	Нет	100	70	90	"

давления контактные аппараты должны быть защищены мембранными предохранителями с отводом избыточных продуктов наружу. При этом свеча сброса защищается огнепреградителем.

Контактные аппараты должны быть оборудованы контрольно-измерительными приборами, обеспечивающими контроль (и сигнализацию) за постоянным поддержанием уровня ВОТ в бане контактного аппарата (путем установки индукционных датчиков), за температурным режимом в верхней, средней и нижней частях контактного аппарата (с помощью термпар); за перепадом давления на контактном аппарате (с помощью записывающего сигнализатора давления).

Предупредить повышение давления при нарушении режима конденсации паров анилина можно путем постоянного контроля за количеством и температурой воды, подаваемой в конденсаторы. В целях автоматизации контроля рекомендуется устанавливать на линиях регуляторы давления. Через установленные инструкции промежутки времени теплообменную поверхность подогревателей, теплообменников, конденсаторов следует очищать от накипи и отложений.

Во избежание температурных перенапряжений необходимо медленно нагревать и охлаждать аппараты в период их пуска и останова. Контактные аппараты, подогреватели, теплообменники и конденсаторы должны иметь температурные компенсаторы и исправную теплоизоляцию.

Образование взрывоопасных концентраций при остановке аппаратов может произойти в результате неполного удаления водорода, паров нитробензола и анилина из внутреннего объема системы, а при пуске аппаратов — в результате недостаточного удаления из них воздуха. Чтобы избежать этого, полностью сливают огнеопасные жидкости и стравливают водород, надежно отключают трубопроводы с огнеопасными веществами и продувают внутренний объем аппаратов, чтобы в них не было остатков жидкости и газа.

После 120—130 час. работы катализатора производят его регенерацию. При регенерации, сопровождающейся выжиганием органических отложений на катализаторе, не исключается возможность образования взрывоопасных концентраций внутри аппаратов и трубопроводов, их перегрев и прогар. Поэтому за процессом регенерации катализатора должен быть установлен строгий контроль.

Температура регулируется подачей определенного количества воздуха в аппарат. Анализ отходящих регенерационных газов позволяет контролировать правильность режима подачи воздуха при выжигании органики на катализаторе. Перекрытие задвижек должно производиться автоматически с фиксацией их положения на командном аппарате.

3. Отделение дистилляции

Пожарная опасность отделения дистилляции характеризуется наличием во всех аппаратах и трубопроводах анилина.

Анилин горюч, ядовит, пары его в смеси с воздухом образуют взрывоопасные концентрации, поэтому вся аппаратура герметизирована. Практически выход паров и жидкости наружу возможен только при нарушениях режима работы, повреждениях и авариях. Пары анилина тяжелее воздуха и, как правило, сосредотачиваются в приемках и нижней части помещения, которые мало проветриваются. В этих местах могут образовываться взрывоопасные концентрации. Поэтому технологическое оборудование должно размещаться таким образом, чтобы не было приемков и неветилируемых мест. Для таких помещений необходима приточно-вытяжная вентиляция с кратностью воздухообмена не менее десяти.

Наибольшую пожарную опасность в отделении представляют аппараты, работающие под вакуумом в 600 мм рт. ст., так как при наличии неплотностей или повреждений в самих аппаратах и связанных с ними трубопроводах будет происходить подсос воздуха и может образоваться горючая и взрывоопасная среда. В связи с этим в процессе работы падение вакуума в линии должно регистрироваться автоматическими сигнализаторами, установленными на пульте управления.

На действующих анилино-красочных заводах в отделении дистилляции наблюдается сильная коррозия аппаратов, что приводит к их преждевременному износу и производственным авариям.

Защите аппаратов от коррозии уделяют серьезное внимание, ведут контроль за степенью износа стенок аппаратов и трубопроводов.

В процессе эксплуатации может быть переполнение сборников, кубов и попадание анилина в производственное помещение. Чтобы исключить возможность случайного переполнения анилином емкостей, необходимо после каждого ремонта и контрольных осмотров все люки на аппаратах герметически закрывать и следить за исправностью измерителей уровня.

Сборники и кубы целесообразно оборудовать уровнемерами, сигнализирующими на пульт управления о количестве жидкости в той или другой емкости. Необходимо также осуществить дистанционный пуск и остановку погруженных центробежных насосов для своевременной откачки жидкости из емкостей.

В табл. 2 показаны категории пожарной опасности производственных помещений (по СНиП II-М.2-62), классы помещений и характеристика окружающей среды (по ПУЭ).

Таблица 2

Наименование производства	Категория производства	Класс помещения по ПУЭ	Характеристика среды (категория, группа)
Газодувное отделение	А	В-Ia	4А
Контактное отделение	А	В-Ia	4А
Насосная	Б	П-I	—
Хранилище нитробензола	Б	П-I	—
Котельная ВОТ	Б	В-Iб	—
Отделение дистилляции	Б	П-I	—

Н. Д. РУСАНОВ

Руководитель дипломного проекта
инж. М. В. АЛЕКСЕЕВ

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ИЗОПРОПИЛБЕНЗОЛА

Производство фенола и ацетона по кумольному способу ново, прогрессивно, но в то же время весьма пожаро- и взрывоопасно.

Первой ступенью этого производства является получение изопропилбензола путем алкилирования бензола пропиленом.

Изопропилбензол — $C_6H_5CH(CH_3)_2$ — представляет собой жидкость с приятным запахом, легче воды (уд. вес. $0,812 \text{ г/см}^3$), с температурой кипения $152,4^\circ \text{C}$. Характерен большим октановым числом, поэтому находит широкое применение в качестве компонента авиационных бензинов. В настоящее время изопропилбен-

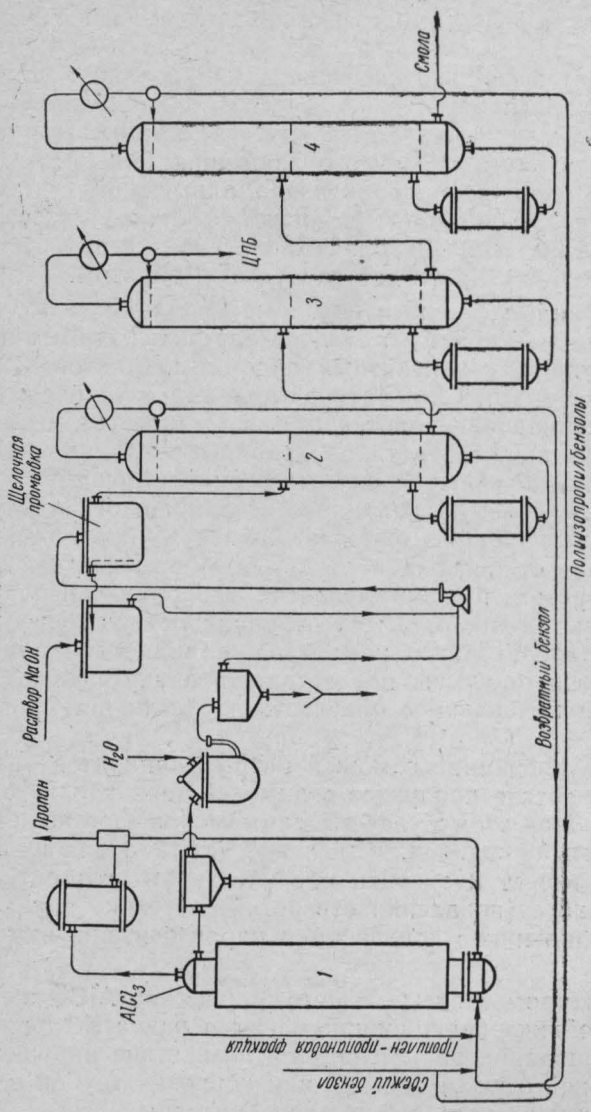


Схема алкилирования бензола в присутствии безводного AlCl_3 .

зол используют для совместного синтеза фенола и ацетона, кроме того, из него получают метилстирол.

Процесс алкилирования бензола — каталитический. В качестве катализаторов применяют H_2SO_4 , H_3PO_4 , AlCl_3 и др. Применение того или иного катализатора определяет температуру реакции, давление и допустимость наличия примесей в бензоле и олефинах.

Существует несколько способов алкилирования. В Советском Союзе нашел распространение способ алкилирования бензола пропиленом с использованием в качестве катализатора безводного сублимированного хлористого алюминия (AlCl_3).

Для получения изопропилбензола применяют чистый этилен или, что чаще, пропан-пропиленовую фракцию газов крекинга или пиролиза нефтепродуктов. Технологический процесс производства (см. рисунок) протекает следующим образом.

Освобожденные от влаги исходные продукты (в молярном соотношении не менее 5:1) проходят через теплообменник-испаритель и поступают в контактный аппарат-алкилатор 1, заполненный катализатором. Температура при контактировании — 275°C . Реакция алкилирования протекает экзотермически, выделяющееся тепло непрерывно отводится из колонны холодильниками. Получающиеся парообразные продукты реакции подаются на ректификацию в бензольную колонну 2, изопропилбензольную колонну 3 и полиизопропилбензольную колонну 4 для отделения изопропилбензола от бензола и от ди- и полиалкилатов.

Таким образом, при производстве изопропилбензола основные производственные процессы: азеотропная осушка бензола, приготовление катализаторного комплекса, алкилирование и ректификация. Все эти процессы представляют значительную пожарную опасность, но наибольшую опасность представляет процесс алкилирования.

При алкилировании возможен разрыв аппаратов или выброс через линию абгаза продуктов взаимодействия хлористого алюминия с водой. При этом будет выделяться большое количество тепла и хлористый водород. Смешение AlCl_3 с водой в больших количествах может произойти при следующих обстоятельствах:

- при износе (появлении отверстий) стенок алкилатора или трубок холодильников конденсации паров бензола, выходящих из алкилатора;

- при быстром сливе большого количества AlCl_3 из алкилатора или отстойника реакционной массы в разлагатель;

- при попадании воды с шихтой вследствие нарушения режима азеотропной осушки бензола или коррозии трубок в холодильниках колонны азеотропной осушки бензола;

- при повреждении стенок аппаратов приготовления катализаторного комплекса.

Серьезную аварию может вызвать нарушение свободного выхода реакционной массы или абгазов из системы алкилирования при непрерывной подаче в алкилатор бензола, пропилен-пропано-

Причины аварий и способы защиты

Причины аварий	Характеристика аварийного состояния	Рекомендуемая защита и сигнализация
Попадание воды или пара в аппарат приготовления катализаторного компонента	Бурное взаимодействие H_2O с $AlCl_3$, выброс из аппарата, загазованность помещения	Прибор, записывающий температуру, сигнализация давления, предохранительный клапан. Блокировка сигнализатора температуры с регулятором расхода теплоносителя
Понижение температуры колонны осушки бензола с последующим повышением влажности бензола	Попадание влажного бензола в алкилатор, повышение давления, осмоление стенок и при больших количествах влаги разрыв аппарата	Установка регуляторов температуры куба колонны, связь его с сигнализацией и защитой. При падении температуры куба $< 90^\circ C$ — подача сигнала, а $< 70^\circ C$ — отсечка подачи бензола и пара в колонну. Установка анализатора влажности бензола на выходе из колонны осушки
Резкое изменение подачи шихты в алкилатор	Осмоление, нарушение теплообмена	Регуляторы расхода бензола и пропилена. Автоматическая регулировка соотношения и сигнализация расхода шихты и пропилена
Прекращение подачи воды на охлаждение в рубашку алкилатора	Повышение давления, температуры. Возможен разрыв аппарата	Сигнализация падения давления воды ниже 3,5 атм и отсечка подачи пропилена и шихты с остановкой насоса подачи бензола
Попадание влаги в алкилатор в результате коррозии стенок	Повышение давления в аппарате, осмоление стенок, при больших количествах отложений — разрыв	Сигнализация при $P > 0,3$ атм и установка предохранительных клапанов
Прекращение подачи воды на охлаждение конденсаторов алкилатора	Повышение давления в конденсаторах и алкилаторах	Сигнализация протекания воды через конденсаторы. Остановка алкилатора при прекращении протекания воды
Прекращение поступления воды в разлагатель, заполненный реакционной массой, и внешняя ее подача	Выброс из аппарата, возможен разрыв	Сигнализация падения давления воды, подаваемой в линию реакционной массы. Остановка отделения алкилирования при снижении давления воды до 0,7 атм
Прекращение поступления воды на промывную колонну	Возможно попадание реакционной массы в канализацию и линию воды	Сигнализация падения давления воды на вводе в цех. Сигнализация повышения давления на дефлегматорах

Причины аварий	Характеристика аварийного состояния	Рекомендуемая защита и сигнализация
<p>Разрыв трубопровода пропилен - пропановой фракции на линии подачи в алкилатор</p> <p>Разрыв трубопровода на линии, подачи реакционной массы в ректификационную колонну выделения бензола</p> <p>Отключение воздуха КИП</p>	<p>Загазованность помещения, возможность образования взрывоопасной смеси и ее взрыв</p> <p>Разлив продукта, загазованность помещения, возможность образования взрывоопасной концентрации</p> <p>Нарушение работы регуляторов и схем блокировки</p> <p>Возможен разрыв алкилатора из-за повышения давления</p>	<p>Установка отсекаателя пропилена по расходу на вводе в цех (с наружной стороны)</p> <p>Установка отсекаателя при повышении заданного расхода реакционной массы.</p> <p>Остановка отделения ректификации</p> <p>Кроме ручного перехода с воздуха КИП на технологический воздух, сигнализация падения давления воздуха КИП до 2 атм и автоматический переход на технологический воздух</p> <p>Кроме контроля температуры пропилена, поступающего в алкилатор, сигнализация появления жидкого пропилена в ресивер</p>

вой фракции и раствора катализатора. Свободный выход абгазов из алкилатора может произойти в зимнее время при накоплении и замерзании бензола в скруббере, в результате сильного загрязнения насадку скруббера смолой или при плохой работе компрессора на линии абгазов. Выход реакционной массы из алкилаторов может произойти также в результате забивки внутреннего объема алкилатора продуктами окисления.

Завышение температуры и давления в процессе ректификации может привести к выбросам жидкости через «воздушку» ректификационных колонн, к нарушению герметичности системы ректификации и разрыву кубов.

Возможен выход из строя кипятильников, подогревателей при подаче в них греющего пара с давлением более 16 атм.

Основным мероприятием, обеспечивающим предупреждение возможных пожаров и взрывов, является автоматическое поддержание заданных параметров работы всей системы аппаратов и контроль за исправной работой приборов автоматики.

В представленной выше таблице показаны возможные причины аварийного состояния, рекомендуемые способы автоматического контроля, регулирования и защиты технологического процесса.

Пожары в цехах, где производится изопропилбензол, лучше тушить воздушно-механической или химической пеной. Применяемые иногда установки объемного паротушения вряд ли могут дать положительный эффект в связи с большими объемами помещений. Успех в тушении пожара может быть только при условии быстрого сосредоточения сил и введения пенных стволов.

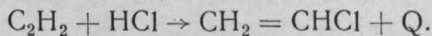
ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛОРИСТОГО ВИНИЛА

Хлорвинил является сырьем для получения пластических масс и лаков. На основе полихлорвинила изготавливается свыше 70 наименований пластиков и искусственных волокон.

Полихлорвиниловые и перхлорвиниловые смолы, получающиеся путем полимеризации хлористого винила или его сополимеризации с другими химическими продуктами, обладают высокой механической прочностью, химической устойчивостью, упругостью, высокими диэлектрическими свойствами и другими ценными качествами.

Сырьем для получения хлористого винила служат хлористый водород (HCl) и взрывоопасный ацетилен (C_2H_2). Для реакции взаимодействия ацетилена с хлористым водородом необходим катализатор, которым является активированный уголь, пропитанный 10%-ным раствором сулемы.

Реакция протекает следующим образом:



Технологический процесс производства хлористого винила гидрохлорированием ацетилена показан на рис. 1.

Ацетилен поступает через гидрозатвор 1 и компрессором через водоотделитель 2 подается в холодильник 3. Сконденсировавшаяся влага отбирается внизу холодильника. Ацетилен далее проходит осушитель 4, заполненный кусками твердого едкого кали, и поступает в смеситель 5. Туда же подается хлористый водород, проходящий через ловушку 6. Полученная смесь ацетилена и HCl направляется в контактный аппарат 7, где протекает основная реакция получения хлористого винила.

Реакционные газы, содержащие хлористый винил, хлористый водород, ацетилен и другие побочные продукты, охлаждаются в холодильнике 8, проходят абсорбер 9 и скруббер 10 для улавливания и отмывки водой от хлористого водорода и др. газов. Для окончательной отмывки от HCl реакционные газы проходят щелочный скруббер 11 и затем направляются в конденсатор 12 для отделения влаги от газа. Для окончательной сушки от влаги реакционные газы пропускают через щелочной осушитель 13. Осушенный газ проходит далее холодильник-конденсатор и поступает на дистилляцию для отделения дихлорэтана, ацетальдегида и ацетилена в колонну 14. Хлористый винил из дефлагматора 15 поступает в газоотделитель 16, где от него отгоняется ацетилен. Из куба газоотделителя хлористый винил стекает в ректификационную колонну 17. Легколетучие примеси и ацетилен через дефлегматор 18 уходят в колонну 14, а хлористый винил из куба с тем-

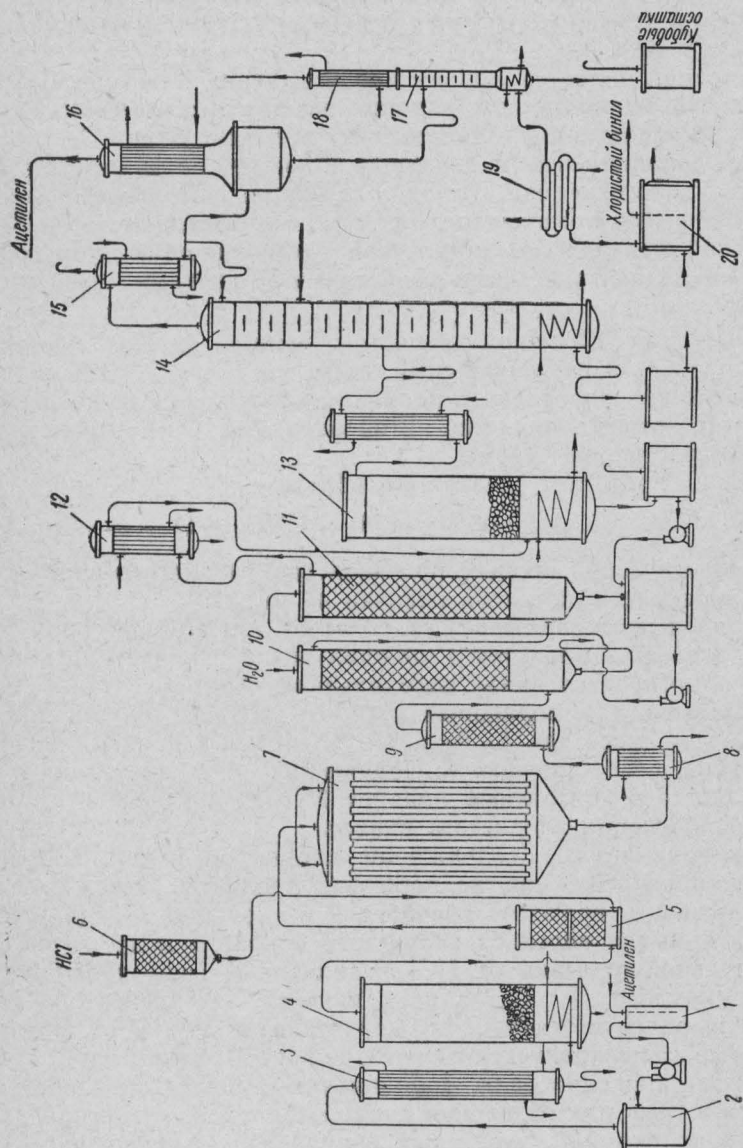
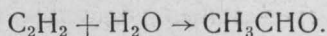


Рис. 1. Технологическая схема производства хлористого винила.

пературой 13—18°С проходит через холодильник 19 в емкость готового продукта 20.

В процессе взаимодействия ацетилена с хлористым водородом, кроме образующегося хлористого винила-сырца, получают промежуточные продукты (ацетальдегид и дихлорэтан).

Ацетальдегид (уксусный альдегид, этаноль) CH_3CHO образуется по реакции:



Ацетальдегид представляет собой летучую жидкость с резким запахом. Температура кипения 20,8°С, температура вспышки минус 4,5°С, температура воспламенения 35°С, температура самовоспламенения 185°С. Пределы взрываемости от 4 до 5% объема. Ввиду малого количества ацетальдегида, обращающегося в производстве (0,3%), влиянием его на пожароопасные свойства реакционных газов можно пренебречь.

Дихлорэтан ($\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$) представляет собой бесцветную жидкость. Температура кипения 83,48°С, температура воспламенения 21,1°С, температура вспышки 9°С, температура самовоспламенения 485°С. Пределы взрываемости от 6,2 до 15,9% (объемных). Температурные пределы взрываемости от 9 до 23°С. Дихлорэтана, как и ацетальдегида, образуется очень мало (0,3%).

В качестве теплоносителя в контактном аппарате используется трансформаторное масло, количество которого в системе достигает 100 т. Его температура вспышки 135°С, температура самовоспламенения 300°С. Температурные пределы взрываемости от 122 до 163°С. Оно легче воды. При тушении пожара водой масло всплывает и растекается по поверхности, что способствует распространению огня.

Кроме того, в процессе производства применяются метанол (для промывки системы) и этиленгликоль в качестве теплоносителя, служащего для поддержания определенной температуры в кубах конденсационно-отпарной и ректифицированной колонн. Пожароопасные свойства этих веществ достаточно подробно отражены в литературе.

Конечным продуктом производства является хлористый винил (хлорвинил, винилхлорид, монохлорэтилен) $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$. В обычных условиях это газ. На производстве обращается и хранится в сжиженном состоянии. Температура кипения — 13,8°С, температура вспышки минус 43°С. Пределы взрываемости паров хлорвинила в смеси с воздухом от 4 до 22% (объемных). Пары хлорвинила обладают высокой упругостью. Так, давление паров хлорвинила составляет: при 0°С — 1,7 ата, при 20°С — 3,5 ата, при 30°С — 4,75 ата.

Процесс получения хлорвинила, состоит из следующих операций: осушка ацетилена; гидрохлорирование ацетилена (синтез хлорвинила); промывка и осушка реакционных газов; конденсация и ректификация хлорвинила; очистка абгазов и хранение хлорвинила как готового продукта.

Осушка ацетилена осуществляется твердым едким кали. Этот метод обладает большими недостатками, как с пожарной, так и с технологической точек зрения.

Так, при попадании в осушители хлора возможно образование дихлорацетилена — нестойкого взрывчатого соединения. По этой причине произошел взрыв в одном из работающих осушителей. При снижении давления ацетилена в осушителях и рабочей линии хлористый водород пошел обратным током в осушители. В результате взаимодействия ацетилена с хлором, видимо, образовался дихлорацетилен, который за счет теплоты реакции хлористого водорода с едким кали сильно разогрелся, что и явилось причиной взрыва.

Технологические недостатки этого способа осушки ацетилена следующие:

- на поверхности едкого кали в процессе осушки образуется карбонатная корка (из-за присутствия в ацетилене углекислого газа), в результате чего осушающая способность едкого кали резко падает и время работы осушителей сокращается;

- большой расход дефицитного материала (едкого кали);

- в связи с необходимостью периодической ручной загрузки и разгрузки осушителей уменьшается их производительность, увеличивается пожарная опасность и затрудняется возможность автоматизации процесса.

Аналогичные недостатки имеют место и в процессе осушки реакционных газов, также осуществляемом твердым едким кали.

В целях снижения пожарной опасности применяемый в настоящее время процесс осушки ацетилена едким кали целесообразно заменить процессом вымораживания влаги из смеси ацетилена с хлористым водородом при температуре минус 10°C .

Осушку реакционных газов также целесообразно заменить вымораживанием влаги 30%-ным раствором хлористого кальция (CaCl_2) при температуре минус 10°C . Это позволит в значительной степени снизить пожарную опасность процессов осушки ацетилена и реакционных газов и обеспечить непрерывность процессов, т. е. ликвидирует необходимость ручной перегрузки аппаратов и создаст благоприятные условия для полной автоматизации и контроля производства. Изменение технологии не требует расхода большого количества едкого кали и тем самым снижает себестоимость получаемого хлорвинила. При проектировании таких производств это изменение технологии уже находит отражение. В тех же случаях, когда реконструкция установок по очистке ацетилена не предусматривается, необходимо обеспечивать строжайшее соблюдение требований пожарной безопасности, установленных цеховыми инструкциями.

Гидрохлорирование ацетилена (синтез хлористого винила). Осушенный ацетилен в смеси с хлористым водородом поступает в трубное пространство реактора, заполненное катализатором. В реакторе ацетилен взаимодействует с хлористым водородом, об-

реагуя реакционные газы сложного состава. Реакция экзотермична, т. е. сопровождается выделением большого количества тепла.

Нарушение нормального процесса эксплуатации реакторов может сопровождаться взрывом. Наиболее опасным является повышение температурного режима в результате недостаточно эффективного или несвоевременного отвода тепла реакции.

С целью отвода тепла от зоны реакции в межтрубном пространстве реактора циркулирует теплоноситель — трансформаторное масло (в системе его находится около 100 т). Большое количество масла увеличивает и без того большую пожарную опасность процесса гидрохлорирования ацетилена и производства в целом.

В целях снижения пожарной опасности процесса гидрохлорирования ацетилена целесообразно заменить охлаждение реакторов трансформаторным маслом охлаждением промышленной водой с предварительной ее тонкой очисткой. Можно рекомендовать способ электромагнитной очистки воды, разработанный Всесоюзным теплотехническим институтом. Этот способ весьма эффективен и экономичен.

Производство хлорвинила характерно сильной коррозией реакторов и трубопроводов.

С целью предупреждения коррозии трубопроводов и коллектора реакционных газов в результате возможного наличия в газах соляной кислоты рекомендуется на трубопроводах, сразу же после каждого реактора, установить простейшие индикаторы. Такой индикатор представляет собой холодильник в виде стеклянной трубки, охлаждаемой окружающим воздухом.

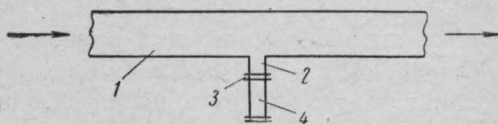


Рис. 2. Схема холодильника-индикатора:

1 — трубопровод; 2 — штуцер; 3 — диафрагма; 4 — стеклянная трубка.

Принцип работы индикатора (рис. 2) сводится к следующему. Если газообразный хлористый водород в смеси с парами воды, проникшими в трубное пространство реактора, будет иметь температуру выше температуры точки росы, а влажность меньше предела насыщения газа при данной температуре, то коррозия будет незначительной (обычной). При понижении температуры газ будет насыщаться водяными парами.

Дальнейшее понижение температуры до точки росы и ниже приведет к тому, что влага из газа будет конденсироваться, образуя соляную кислоту и вызывая возможность интенсивной коррозии.

При попадании паров воды в реакционный газ их смесь будет проходить через прибор, при этом конденсация влаги в стеклянной трубке 4 начнется значительно раньше, чем в трубопроводе 1, так как температура в ней будет значительно ниже, чем в трубопроводе. Это позволит визуально заметить конденсацию влаги на стенках стеклянной трубки (по запотеванию) и тем самым уста-

новить наличие неплотностей в трубчатке реактора до начала коррозии коллектора труб.

Против разрушения при возможном взрыве реакторы обычно защищают чугунными взрывными мембранами, рассчитанными на срабатывание при давлении 1,3 *ати*. Такое давление для мембран надо считать завышенным (рабочее давление в реакторе 0,6 *ати*). Кроме того при срабатывании чугунной мембраны может быть высечена искра, способная воспламенить ацетилено-воздушную смесь. На основании требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (Госгортехнадзор, 1961 г.), допускающих установку предохранительных мембран, разрывающихся при давлении, превышающем рабочее давление не более чем на 25%, необходимо защиту реакторов осуществить калиброванными алюминиевыми взрывными мембранами с разрывающим усилием в 0,75 *ати*.

Промывка реакционных газов. При промывке (кислотной, водной и щелочной) реакционных газов применяются, как правило, негорючие растворы. Опасность этого процесса возникает при аварии и повреждениях, которые сопровождаются выходом наружу негорючих абсорбентов и значительного количества огнеопасных реакционных газов. Одной из главных причин повреждений является коррозия материала производственных аппаратов.

Конденсация и ректификация хлорвинила по своей сущности не отличается от конденсации и ректификации других соединений, но следует иметь в виду, что при этом в аппаратах находится огнеопасный сжиженный газ. Нарушение режима работы конденсаторов и ректификационных колонн может сопровождаться повреждениями с выходом хлорвинила наружу, быстрым его испарением и образованием взрывоопасных смесей в помещении. Это может иметь место при нарушении температурного режима в результате уменьшения или прекращения подачи холодильного раствора, а также при образовании ледяных пробок в линиях и аппаратах. Избежать подобных явлений можно, применяя системы автоматического регулирования подачи холодильного раствора и контролируя степень осушки реакционных газов. Колонны должны иметь исправно действующие предохранительные клапаны.

Хранение хлорвинила. Ввиду большой пожарной опасности сжиженного хлорвинила его следует хранить на складе в наземных емкостях, оборудованных манометрами, измерителями уровня жидкости, предохранительными клапанами и линией ручного стравливания. Хранилище по своему оборудованию и нормам разрывов должно удовлетворять требованиям «Противопожарных норм и ТУ строительного проектирования заводов синтетического каучука и синтетического спирта» (Гипрокаучук, Г. К. СМ СССР по химии, 1959 г.).

В целях снижения степени пожарной опасности производства хлорвинила целесообразно все технологическое оборудование, не связанное с использованием воды и не требующее особо жесткого режима, размещать вне помещения, на открытых этажерках. При

таким проектным решением ничем не ограниченные воздушные потоки способствуют быстрому рассеиванию выделяющихся из аппаратов горючих паров и газов, понижая тем самым их концентрацию до безопасной. Это в значительной степени уменьшает опасность возникновения пожара. В открытых установках упрощается размещение оборудования на необходимом расстоянии без значительного удорожания установки, уменьшается степень воздействия ядовитых паров и газов на обслуживающий персонал.

Эксплуатационные расходы для открытых установок не выше расходов в закрытых цехах, а капитальные затраты значительно уменьшаются, так как резко уменьшается объем закрытой части здания, почти полностью исключается необходимость устройства вентиляции, укорачиваются электролинии и снижается объем ряда других строительных работ.

В. Г. МИХАЙЛОВ

Руководитель дипломного проекта
инж. **А. Н. САВУШКИНА**

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКИ

Производство териленовой пленки в нашей стране осуществляется на промышленно-опытных установках и в ближайшее время будет освоено в промышленных условиях.

Целесообразность внедрения териленовой пленки в промышленное производство объясняется рядом ее ценных свойств.

Пленка обладает повышенной стойкостью к органическим растворителям, слабым щелочам и кислотам. Высокие диэлектрические показатели, высокая термостойкость, повышенная прочность и сохранение ценных свойств в большом интервале температур позволяет применять ее в очень многих отраслях промышленности и особенно в радиоэлектронике.

Сырьем для производства териленовой пленки является лавсановая смола — продукт поликонденсации диметилового эфира терефталевой кислоты. Технологический процесс получения териленовой пленки заключается в следующем (см. рисунок).

Гранулированная смола из бункера 1 под давлением собственного веса поступает к плавильной головке 2, которая обогревается парами динила (ВОТ) с $t = 280 \div 285^\circ \text{C}$ от котла 11.

Образующийся расплав смолы стекает и собирается в нижней части плавильной головки, откуда напорным насосом подается к дозирующему насосу, а затем подводится к фильере 3. Фильера имеет узкую щель, через которую расплав в виде аморфной пленки выдавливается на вращающийся барабан 4, обогреваемый водой $t = 80 \div 90^\circ \text{C}$. Фильера обогревается парами динила от котла 11.

Полученная пленка растягивается на растяжной машине (термофиксирующей установке) 6 до заданной толщины.

Растяжению подвергается пленка в нагретом состоянии. Подогрев ее в растяжной машине осуществляется плитами 8 из алюминиевого сплава, внутри которых расположены нагревательные электрические элементы. По технологическому процессу пленка нагревается при этом до 220°C (не более).

Затем пленка обрезается и намотанная на барабаны поступает на упаковку.

Отходы пленки в виде обрезков перерабатываются во вторичную смолу, применяемую для приготовления электроизоляционных лаков. Переработка отходов происходит также с обогревом динильной смесью.

Териленовая пленка бесцветна; ее удельный вес — $1,39 \text{ г/см}^3$; толщина $2 \div 150 \text{ мк}$; прочность на разрыв по длине и ширине — 1000 кг/см^2 ; электрическая прочность при $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ — 140 кв/мм ; удельное объемное сопротивление — не менее $1 \times 10^{16} \text{ ом} \cdot \text{см}$; температура, при которой пленка не теряет своих свойств — от минус 60°C до плюс 130°C ; теплопроводность — $3,36 \times 10^{-4} \text{ ккал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$; температура плавления $+265^{\circ}\text{C}$; температура разложения $280 \div 320^{\circ}\text{C}$.

При термическом разложении пленки выделяется углекислый газ.

Териленовая пленка является одним из термостойких веществ, выпускаемых в данное время.

По литературным данным териленовая пленка негоряема. Однако, опыты показали, что пленка горит, но, в основном, в расплавленном состоянии. Горение может быть более интенсивным, если подогревать расплав (условия, применительные к пожару). Пленка в развернутом виде загорается от пламени спички, но горение через некоторое время самопроизвольно прекращается. Хорошо тушится распыленной водой.

Результаты исследований пожароопасных свойств териленовой смолы, аморфной пленки, термофиксированной пленки, вторичной смолы приведены в нижепомещенной таблице.

Наименование параметров	Териле- новая смола	Аморфная пленка	Термофик- сированная пленка	Вторичная смола
Теплота сгорания, ккал/кг	5431,6	5400,79	5392,9	5384,0
Температура воспламенения, $^{\circ}\text{C}$	405	405	410	390
Температура самовоспламенения, $^{\circ}\text{C}$	565	545	545	565

Температура воспламенения пленки определялась по методу «капли», так как горение ее происходит в расплавленном виде. Пленка горит пламенем с оранжевым оттенком, выделяя большое количество коптящего дыма.

Исследования показывают, что изделия из терилена в пожар-

ном отношении менее опасны, чем изделия из ацетата, вискозы, волокон капрона, анида и энанта.

При производстве териленовой пленки причин для образования взрывоопасных концентраций непосредственно в отделении ее получения нет. Горючей средой является сама пленка, но, как указывалось выше, териленовая пленка не дает интенсивного горения. К тому же для ее воспламенения необходим мощный источник тепла. Такие источники, как пламя спички, искры не способны вызвать горение пленки.

Наибольшую пожарную опасность при производстве териленовой пленки представляют процессы обогрева динильной смесью и очистки азота от кислорода.

Как уже указывалось, пары динильной смеси применяются в качестве теплоносителя для расплава смолы и при переработке отходов пленки во вторичную смолу.

Плавление смолы происходит в среде чистого азота. Инертная среда в данном случае применяется для того, чтобы избежать окисления смолы при повышенных температурах и исключить возможность образования взрывоопасной концентрации продуктов термического распада смолы с воздухом при нарушении температурного режима плавления смолы.

В связи с тем, что азот, поступающий на производство содержит до 10% кислорода, на месте происходит его очистка в реакторах с медным катализатором. Для восстановления катализатора реакторы продувают азотно-водородной смесью (75% азота и 25% водорода).

В реакторах может образоваться взрывоопасная концентрация при следующих нарушениях технологического режима продувки:

а) в момент впуска азотно-водородной смеси, если реактор не освобожден от неочищенного азота;

б) в момент впуска на очистку азота от кислорода, если реактор после восстановления катализатора не освобожден от азотно-водородной смеси.

Процесс очистки азота от кислорода проходит при температуре $300 \div 500^{\circ}\text{C}$, а при нарушении технологического процесса температура может повышаться до 600°C , что является опасным для газоздушных смесей.

По степени пожарной опасности технологические процессы относятся к следующим категориям:

котельная динильной смеси (ВОТ) или ее паров к категории «Б»;

отделение очистки азота от кислорода к категории «А»;

отделение получения, контроля, упаковки пленки и отделение переработки ее отходов во вторичную смолу к категории «В».

Котельная ВОТ и отделение очистки азота от кислорода должны располагаться в помещениях, обособленных от отделения получения териленовой пленки.

Другие требования пожарной безопасности должны предъявляться, исходя из категории пожарной опасности производства.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ ОГНЕСТОЙКОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Пределы огнестойкости строительных конструкций, приведенные в приложении I СНиП II-A.5-62 (Противопожарные требования. Основные положения проектирования) определены экспериментально, применительно к стандартному температурному режиму.

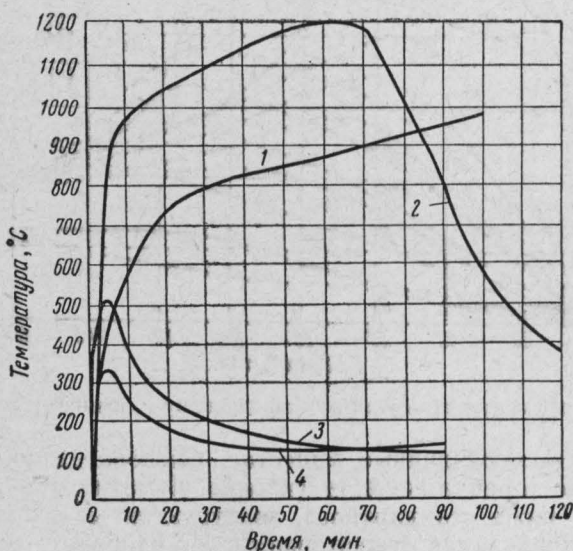


Рис. 1. Кривые изменения температур при горении различных твердых веществ:

1 — стандартная; 2 — при горении каучука; 3 — при горении бумаги; 4 — при горении хлопка.

Стандартный температурный режим, как известно, отвечает условиям развития пожара в жилых и общественных зданиях. При возникновении и развитии пожаров в производственных зданиях, как показали опыты ЦНИИПО, температурные режимы существенно отличаются от стандартного температурного режима.

Это наглядно можно проследить по графику (рис. 1), на котором изображены кривые изменения температуры при горении различных твердых веществ (каучука, бумаги и хлопка).

Значительные расхождения в этом отношении можно подтвердить и графиком прогрева плит по стандартному и опытному

температурным режимам (рис. 2). Если защитный слой бетона до рабочей арматуры равен 15 мм (при критической температуре арматуры, равной 500°C), то при стандартном температурном режиме предел огнестойкости железобетонной плиты будет 42 мин., а при опытном температурном режиме — 25 мин.

Это говорит о том, что применяемый до настоящего времени метод определения пределов огнестойкости строительных конструкций не учитывает реальные температурные режимы пожаров, возникающих в производственных зданиях, в которых горению мо-

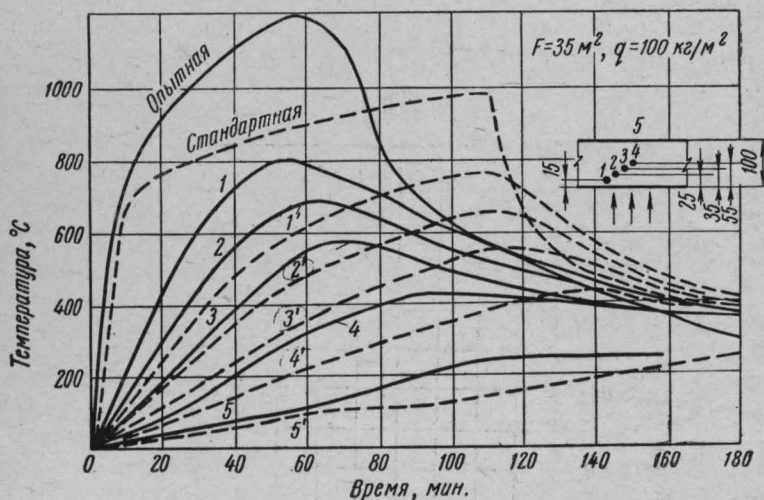


Рис. 2. График прогрева плит по стандартному и опытному режимам.

гут подвергаться различные вещества. Следовательно, в зданиях, где возможно горение веществ (хлопка, бумаги) при температурном режиме ниже стандартного, конструктивные элементы будут иметь излишний запас огнестойкости. И, наоборот, в зданиях с наличием веществ (каучук и др.), в процессе горения которых возникает температурный режим выше стандартного, огнестойкость конструкций может оказаться недостаточной.

В связи с изложенным сделана попытка дать методику определения фактических пределов огнестойкости строительных конструкций при различных температурных режимах, возникающих в условиях пожаров.

Для решения этой задачи применен графо-аналитический метод конечных разностей, который является универсальным при решении задач нестационарной теплопроводности.

Метод конечных разностей основан на допущении замены непрерывного процесса изменения температуры скачкообразным как в пространстве, так и во времени. При этом дифференциальное уравнение теплопроводности заменяется уравнением в конечных разностях.

Рассмотрим случай, когда движение тепла происходит только в направлении одной из осей координат.

Такой случай будет иметь место при передаче тепла через плоскую стенку неограниченного протяжения и выражается дифференциальным уравнением:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{C\gamma} \cdot \frac{\partial^2 t}{\partial x^2}.$$

В конечных разностях это уравнение примет вид:

$$\frac{\Delta t}{\Delta \tau} = a \frac{\Delta^2 t}{\Delta x^2}, \quad (1)$$

где Δt — конечные приращения температуры, °C;

$\Delta \tau$ — конечные приращения времени, час;

Δx — толщины слоев в направлении оси x , м;

a — коэффициент теплопроводности среды, м²/час.

Для решения этого уравнения разделим плоскую стенку на слои одинаковой толщины Δx (рис. 3). Плоскости, разделяющие слои, обозначим через $n-1, n, n+1$

Время разобьем на равные интервалы $\Delta \tau$ час. Температуры будем определять в плоскостях, разделяющих слои, и обозначать их буквами t с двойными индексами, причем первый индекс будет обозначать номер плоскости, а второй индекс — номер времени, которому соответствует данная температура.

Тогда уравнение (1) примет вид:

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

где $t_{n, \tau+1}$ — температура в плоскости n в момент времени $\tau + \Delta \tau$.

Решая это уравнение относительно $t_{n, \tau+1}$, получим:

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

Это есть общая формула для определения температуры в любой плоскости через интервал времени $\Delta \tau$ по температурам в этой же плоскости и в двух соседних плоскостях в предыдущий момент времени τ .

Таким образом, расчет изменения температуры во времени сводится к последовательному вычислению температур во всех

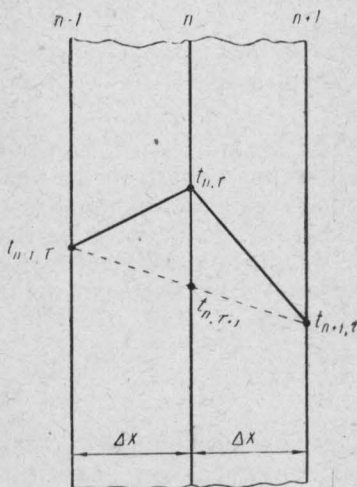


Рис. 3.

плоскостях стенки через равные интервалы времени $\Delta\tau$ по формуле (2).

В частном случае, если подобрать значение $\Delta\tau$ и Δx таким образом, чтобы $a \frac{\Delta\tau}{\Delta x^2} = 0,5$, формула (2) примет вид:

$$t_{n, \tau+1} = \frac{t_{n+1, \tau} + t_{n-1, \tau}}{2}. \quad (3)$$

Эта формула, имеющая очень простой вид, справедлива только при:

$$\Delta\tau = \frac{\Delta x^2}{2a}. \quad (4)$$

Физический смысл формулы (3) состоит в том, что через данный интервал времени $\Delta\tau$ между плоскостями $n + 1$ и $n - 1$ устанавливается стационарное состояние теплопередачи.

Следовательно, этот интервал времени является максимальным, и при пользовании формулой (2) можно принять интервалы времени $\Delta\tau$, не превышающие величину $\Delta\tau_{max}$, определяемую по формуле:

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

При превышении $\Delta\tau_{max}$, даже если оно незначительно, изменения температуры начинают носить беспорядочный скачкообразный характер и расчет становится неверным.

Формула (3) показывает, что при $\Delta\tau = \Delta\tau_{max}$ можно определить температуры в плоскостях раздела слоев производить графически.

Для того, чтобы получить температуру в данной плоскости через интервал времени $\Delta\tau$ (пунктирная прямая на рис. 3), достаточно соединить точки, соответствующие температурам в двух соседних плоскостях в момент времени τ .

Решение конкретной задачи начинают с определения исходных данных и графического построения.

К числу исходных данных относят теплофизические константы (λ , C , γ , a и α), необходимые для определения отрезков времени $\Delta\tau$ и графического построения.

Порядок определения теплофизических констант:

а) значение коэффициента температуропроводности определяется по известной формуле:

$$\alpha_t = \frac{\gamma_t}{C_t \lambda_t}, \text{ м}^2/\text{час}, \quad (5)$$

где λ_t — коэффициент теплопроводности при $t^\circ\text{C}$, $\text{ккал}/\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$;

C_t — удельная теплоемкость при $t^\circ\text{C}$, $\text{ккал}/\text{кг} \cdot \text{град}$;

γ_t — объемный вес материала при $t^\circ\text{C}$, $\text{мкг}/\text{м}^3$;

б) коэффициент теплопроводности с учетом поправки на температуру определяется по формуле:

$$\lambda_t = \lambda_{c,y,x} + K_t \left(\frac{t_{cp} - 20}{100} \right), \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}, \quad (6)$$

где $\lambda_{c,y,x}$ — коэффициент теплопроводности сухого материала при нормальной температуре, ккал/м · час · град;

K_t — прирост коэффициента теплопроводности на каждые 100°С повышения температуры;

t_{cp} — средняя температура в заданном слое строительной конструкции равна $\frac{t_a + t_{кр}}{2}$, °С ;

t_a — температура на обогреваемой поверхности конструкции, °С;

$t_{кр}$ — критическая температура рабочей арматуры, °С;

в) величина удельной теплоемкости с учетом поправки на температуру определяется по формуле:

$$C_t = C + 0,01 \frac{t_{cp} - 20}{100}, \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}, \quad (7)$$

где C — удельная теплоемкость при нормальных условиях принимается равной 0,2 ккал/кг · град;

0,01 — прирост удельной теплоемкости на каждые 100°С повышения температуры;

г) полагая, что объемный вес бетона уменьшается при нагревании на 5% за счет содержащейся в нем влаги, объемный вес с учетом поправки на температуру определяется $\gamma_t = 0,95 \gamma$, где γ — объемный вес бетона при нормальной температуре;

д) коэффициент тепловосприимчивости α определяется следующим образом:

при температуре t до 400°С по формуле Иванцова $\alpha = 7 + \frac{t}{20}$, ккал/м² · час · град,

при температуре t 800—1200°С по данным Буша: $\alpha = 25 \div \div 50$, ккал/м² · час · град.

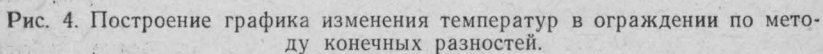
Графическое построение необходимо начинать с определения координат направляющих точек A и B (рис. 4).

Точка A является направляющей точкой со стороны обогреваемой поверхности и имеет абсциссу, равную $\frac{\lambda}{\alpha}$, а ординату $t_{в.с}$ (температура внутренней среды).

Ординатой для точки B является начальная температура (t_n) бетона, а абсциссой — $\frac{\lambda}{\alpha}$. Вначале наносят на график сечение плиты бетона в определенном масштабе и направляющие точки A и B . Абсциссы точек A и B откладывают в масштабе толщины бетонной плиты.

Далее определяют толщину слоев Δx , которая в данном случае не должна быть больше абсциссы направляющей точки A , и

Начальное распределение температуры в бетоне принимают в виде прямой линии 0, 1, 2, 3, 0 (для упрощения иллюстрации бетонная плита разделена на три слоя Δx).



Вначале соединяют направляющую точку A с точкой O и на пересечении со вспомогательной линией MN получают точку a . Далее соединяют точку a с точкой 2 и получают точки 1^I и 0^I , а соединив точку 0^I с точкой A , получают точку a^I . Соединив точки 1 и 3 , 2 и 0 , получают соответственно точки 2^I и 3^I .

Распределение температур за первый отрезок времени, таким образом, выражено ломаной линией $0^1, 1^1, 2^1, 3^1$ и 0^1 .

Полученная ломаная линия принимается за начальную линию распределения температур и построение повторяют.

Соединяют точки a^1 с $2^1, 1^1$ с $3^1, 2^1$ с $0^1, 3^1$ с B и получают $0^2, 1^2, 2^2, 3^2, 0^2$ и т. д., а затем 0^2 соединяют с A и получают a^2 .

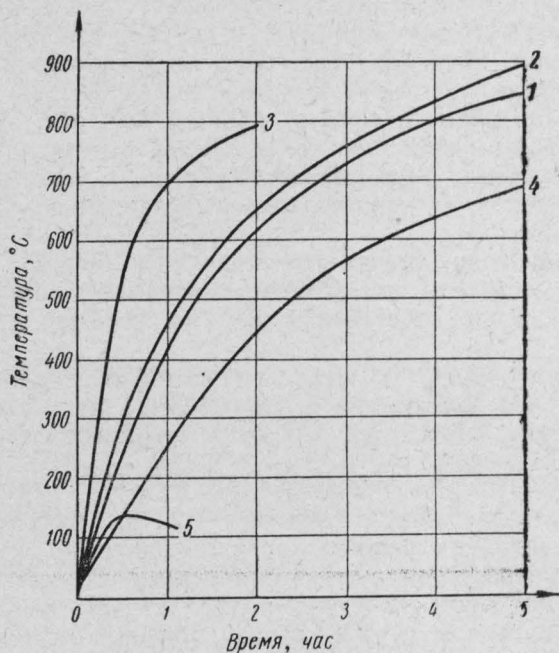


Рис. 5. График прогрева пенокерамзитобетона на глубине 20 мм:

1 — опытная при стандартном температурном режиме; 2 — графическая при стандартном температурном режиме; 3 — графическая при температурном режиме горения каучука; 4 — графическая при температурном режиме в подвалах; 5 — графическая при температурном режиме горения бумаги и хлопка.

Найденные точки с индексом 2 соединяют и получают линию распределения температур для второго отрезка времени и т. д.

Следуя этому методу, мы получим возможность представить процесс распределения температур в любой момент времени путем нанесения прямых линий.

Основываясь на вышеизложенном методе конечных разностей, графоаналитически была получена температурная кривая 2 (рис. 5) прогрева плиты из пенокерамзитобетона.

Сравнивая температурную кривую, полученную графоаналитически по методу конечных разностей, с температурной кривой 1, полученной экспериментально, видим, что расхождения между ними незначительны (менее 10%) и приемлемы для практическо-

го определения пределов огнестойкости строительных конструкций.

Учитывая, что сходимость данных, полученных при стандартном температурном режиме экспериментально и графоаналитически, удовлетворительна, были взяты кривые температурных режимов, отличающихся от стандартного (горение каучука, бумаги, хлопка, пожары в подвалах), полученные опытным путем в ЦНИИПО МООП РСФСР, и построены температурные кривые для определения пределов огнестойкости изгибаемых конструктивных элементов из пенокерамзитобетона, имеющих защитный слой бетона для рабочей арматуры 20 мм (см. рис. 5).

Необходимо заметить, что такие температурные кривые могут быть построены при реальных температурных режимах для любых видов бетонов, имеющих различные защитные слои для рабочей арматуры.

С помощью этих температурных кривых можно определить пределы огнестойкости изгибаемых железобетонных конструктивных элементов с достаточной для практических целей точностью.

Из графика видно, что пределы огнестойкости плиты из пенокерамзитобетона, армированной сталью ст. 3 при коэффициенте запаса прочности 1,6 а, следовательно, при критической температуре арматуры $t_{кр} = a - b \frac{1}{n} = 750 - 450 \frac{1}{1,6} = 470^\circ \text{C}$ и защитном слое бетона для растянутой арматуры — 20 мм, будут следующие:

при температурном режиме горения каучука — 21 мин.,

при стандартном температурном режиме — 62 мин.,

при температурном режиме в подвалах — 128 мин.,

при температурном режиме горения бумаги и хлопка арматура прогревается только до 130°C и предел огнестойкости не наступает.

Таким образом, существенная разница пределов огнестойкости конструкций, полученных при различных температурных режимах, настолько значительна, что ею нельзя пренебрегать как практически работникам пожарной охраны, так и проектировщикам.

Поэтому необходимо иметь в нормах данные о пределах огнестойкости конструкций не только применительно к стандартному температурному режиму, но и для других температурных режимов, особенно для режимов, превышающих стандартный.

Эти данные получить весьма несложно графоаналитически и расчетами, их целесообразно было бы дать в виде поправочных коэффициентов к приложению I СНиП II-A.5-62.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООБМЕНА В УСЛОВИЯХ «СТАНДАРТНОГО» ПОЖАРА

Для определения пределов огнестойкости строительных конструкций в условиях пожара используют различные методы, вытекающие из приближенного решения дифференциального уравнения теплопроводности Фурье

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\gamma} \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right).$$

К таким методам относятся:

- 1) метод конечных разностей;
- 2) метод элементарных балансов;
- 3) графический метод с использованием критериев подобия Био и Фурье.

При пользовании любым из этих методов необходимо знать численное значение коэффициентов теплообмена между продуктами сгорания и поверхностью строительных конструкций, а также между необогреваемой поверхностью и окружающим воздухом.

В настоящее время в пожарно-технической литературе* коэффициент теплообмена α рекомендуется определять следующим образом:

при температуре нагретого тела (окружающей среды или поверхности) до 400°С по формуле Иванцова:

$$\alpha = 7 + \frac{t}{20} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град},$$

где t — температура более нагретого тела, °С;

при температуре 800°С $\alpha = 25 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$;

при температуре 1200°С $\alpha = 50 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}$;

при температуре между 800 и 1200°С принимать α по интерполяции между 25 и 50 ккал/м²·час·град.

При этом не дается рекомендации по определению α в практически важном диапазоне температур от 400 до 800°С. Кроме того, как показывают расчеты и эксперименты, значения α , принимаемые при температурах 800°С и выше, существенно занижаются.

Более обоснованным и более точным является определение коэффициента теплообмена α на основании законов конвективного и лучистого теплообмена, используя усредненные температуры при пожаре в помещении и на поверхности конструкций.

* М. Я. Ройтман. Пожарная профилактика в строительном деле. Изд-во МКХ РСФСР, 1961.

П. Н. Романенко, М. Я. Ройтман. Основы теплопередачи. ВШ МВД РСФСР, 1961.

Определение коэффициента теплообмена α на обогреваемой стороне

Коэффициент теплообмена между продуктами сгорания с температурой t_z и поверхностью конструкций с температурой t_c представляет собой сумму коэффициентов теплообмена за счет конвекции и за счет лучеиспускания, т. е. $\alpha = \alpha_k + \alpha_{\lambda}$.

Усредненные температуры в помещении и на поверхности конструкций при пожаре приводятся в табл. 1.

Таблица 1

Продолжительность пожара, мин.	10	30	60	120	180	240	300	360	420	480
Усредненная температура среды, °С . . .	612	715	819	866	917	956	985	1014	1027	1053
Усредненная температура на поверхности конструкций, °С . . .	339	541	646	758	833	887	927	961	991	1019

Коэффициент теплообмена за счет естественной конвекции в неограниченном объеме определяется из уравнения:

$$\alpha_k = \frac{\text{Nu}_m^x}{h},$$

где x — коэффициент теплопроводности продуктов сгорания, $\text{ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$;

h — характерный линейный размер, м.

В качестве h принимают для стен — высоту, для плит — ширину, для труб — диаметр;

$\text{Nu}_m = c (\text{Gr} \times \text{Pr})_m^n$ — критерий Нуссельта,

где $\text{Gr} = \frac{\beta g \Delta t h^3}{\nu^2}$ — критерий Грасгофа;

$\text{Pr} = \frac{\mu g C_p}{\lambda} = \frac{\nu}{a}$ — критерий Прандтля,

где β — коэффициент объемного расширения, $1/\text{град}$;

g — ускорение силы тяжести, м/сек^2 ;

C_p — теплоемкость продуктов сгорания при постоянном давлении, $\text{ккал/кг} \cdot \text{град}$;

Δt — разность температур между окружающей средой и поверхностью, град;

μ — коэффициент динамической вязкости, $\text{кгс} \cdot \text{сек/м}^2$;

ν — коэффициент кинематической вязкости, $\text{м}^2/\text{сек}$;

a — коэффициент температуропроводности $= \frac{\lambda}{c \rho}$, $\text{м}^2/\text{сек}$;

c и n — в критериальном уравнении опытные коэффициенты, значения которых приводятся в табл. 2.

Таблица 2

$(Cr \times Pr)_m$	c	n
Меньше 10^{-3}	0,5	0
$1 \times 10^{-3} \div 5 \times 10^2$	1,18	1/8
$5 \times 10^2 \div 2 \times 10^7$	0,54	1/4
Больше 2×10^7	0,135	1/3

Индекс m означает, что физические параметры, входящие в критерии Nu, Cr и Pr, необходимо брать из таблиц по средней температуре между продуктами сгорания и поверхностью конструкций:

$$t_{cp} = \frac{1}{2} (t_2 + t_c), \text{ град.}$$

Коэффициент теплообмена за счет лучеиспускания определяется из уравнения:

$$\alpha_A = \frac{q_A}{t_2 - t_c}, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град},$$

где $q_A = 4,9\varepsilon_{\text{эф}} \left[\xi_2 \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 A_2 \right], \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} -$

тепловой поток от продуктов сгорания к стенке,

где $\varepsilon_{\text{эф}} = \frac{\varepsilon_c + 1}{2}$ — эффективная степень черноты;

T_2 — абсолютная температура продуктов сгорания, °K;

T_c — абсолютная температура стенки, °K;

$\varepsilon_2 = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta\varepsilon_2$ — степень черноты продуктов сгорания;

$\varepsilon_{\text{CO}_2}$ и $\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ — соответственно степень черноты углекислого газа и водяного пара, входящих в продукты сгорания.

$$\varepsilon_{\text{CO}_2} = f(P_{\text{CO}_2} l; t_2); \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} = f(P_{\text{H}_2\text{O}} l; t_2),$$

где P_{CO_2} и $P_{\text{H}_2\text{O}}$ — соответственно парциальные давления углекислого газа и водяного пара. В практических расчетах принимают $P_{\text{CO}_2} = 0,13 \text{ атм}$, $P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,11 \text{ атм}$;

$$l = \frac{3,5V}{F} - \text{длина пути луча, м};$$

V — объем помещения, м^3 ;

F — площадь оболочки, м^2 ($F = F_{\text{пола}} + F_{\text{потолка}} + F_{\text{стен}}.$).

По известным $(P_{\text{CO}_2} l; t_2)$ и $(P_{\text{H}_2\text{O}} l; t_2)$ $\varepsilon_{\text{CO}_2}$ и $\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}$ находят по графикам, представленным на рис. 1, 2.

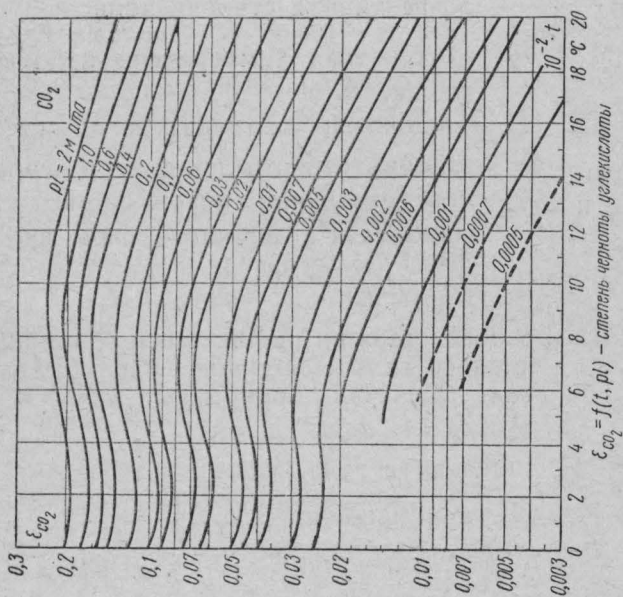


Рис. 1. График для определения степени черноты CO_2 .

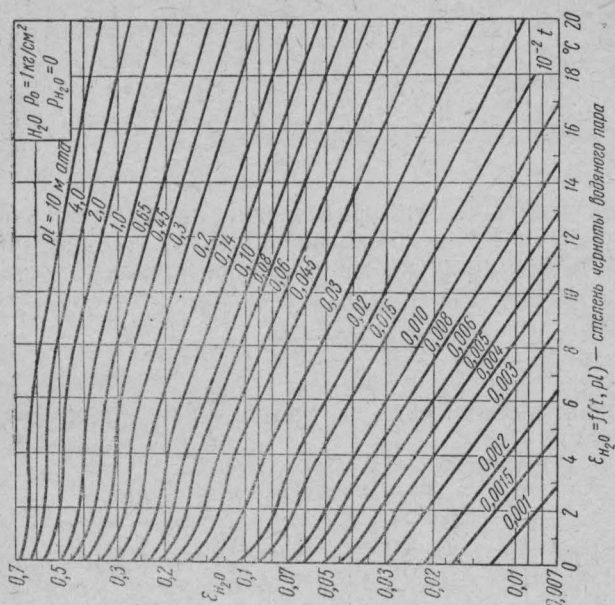


Рис. 2. График для определения водяного пара.

$A_{H_2O} = A_{CO_2} + A_{H_2O} - \Delta A_2$ — поглощательная способность продуктов сгорания.

$A_{CO_2} = \epsilon'_{CO_2} \left(\frac{T_2}{T_c} \right)^{0,65}$ — поглощательная способность углекислого газа.

ϵ'_{CO_2} — находится по графику (см. рис. 1) по температуре стенки.

$A_{H_2O} = \epsilon'_{H_2O} \beta$ — поглощательная способность водяного пара. ϵ'_{H_2O} находится по графику на рис. 2 по темпе-

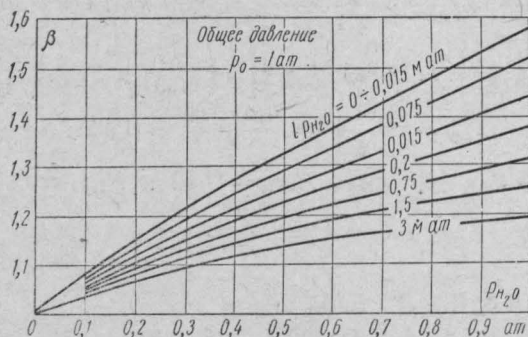


Рис. 3. Поправочный коэффициент β на парциальное давление водяного пара.

ратуре стенки; β — поправочный множитель, зависящий от парциального давления водяного пара, находится по графику на рис. 3.

$\Delta \epsilon_2$ и ΔA_2 — соответственно уменьшение степени суммарной черноты и поглощательной способности смеси CO_2 и H_2O под влиянием совпадения их полос поглощения и излучения.

Обычно $\Delta \epsilon_2$ и ΔA_2 не превышают $2 \div 4\%$ и в технических расчетах принимают $\Delta \epsilon_2 = \Delta A_2 = 0$.

По изложенной выше методике произведены вычисления $\alpha = \alpha_K + \alpha_L$ для различных отрезков времени. Ниже приводим пример расчета $\alpha = \alpha_K + \alpha_L$ для времени — 10 мин. $t_2 = 612^\circ C$, $t_c = 339^\circ C$, при площади помещения 20 м^2 и высоте $2,7 \text{ м}$.

Средняя температура пограничного слоя:

$$t_{cp} = \frac{t_2 + t_c}{2} = \frac{612 + 339}{2} = 475,5^\circ C;$$

$$\Delta t = 612 - 339 = 273^\circ C.$$

Физические параметры, соответствующие температуре $475,5^\circ C^*$, следующие:

* П. Н. Романенко. Теплопередача. МАТИ, 1956.

$$\lambda = 5,46 \times 10^{-2}, \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}; \text{Pr} = 0,632;$$

$$\nu = 64,28 \times 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{сек}; \alpha_\kappa = \frac{\text{Nu}_m \lambda}{h}; \text{Nu}_m = c (\text{Gr} \times \text{Pr})_m^n;$$

$$\beta = \frac{1}{273 + t_{cp}} = \frac{1}{273 + 475,5} = 0,00132 = 1,32 \times 10^{-3}; q = 9,81 \text{ м/сек}^2;$$

$$\text{Gr} = \frac{\beta g h^3 \Delta t}{\nu^2} = \frac{1,32 \times 10^{-3} \times 9,81 \times 2,7^3 \times 273 \times 10^{12}}{(64,28)^2} = 16,8 \times 10^9;$$

$$\text{Nu}_m = c (\text{Gr} \times \text{Pr})_m^n = 0,135 (16,8 \cdot 10^9 \cdot 0,632)^{0,33} = 275;$$

$$\alpha_\kappa = \frac{\text{Nu}_m \lambda}{h} = \frac{275 \times 5,46 \times 10^{-2}}{2,7} = 5,59 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град};$$

$$\alpha_A = \frac{q_A}{t_2 - t_c}; q_A = \varepsilon_{\text{эф}} \times 4,9 \left[\varepsilon_z \left(\frac{T_s}{100} \right)^4 - A_z \left(\frac{T_z}{100} \right)^4 \right];$$

$$\varepsilon_{\text{эф}} = \frac{\varepsilon_c + 1}{2} = \frac{0,91 + 1}{2} = 0,955;$$

$$\varepsilon_z = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \beta \cdot \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}}; P_{\text{CO}_2} = 0,13 \text{ и } P_{\text{H}_2\text{O}} = 0,11.$$

$$l = \frac{mV}{F},$$

где $m = 3,5$;

$$V = fh = 4 \times 5 \times 2,7 = 54 \text{ м}^3;$$

$$F = [20 + 20 + (4 + 4) \times 2,7 + (5 + 5) \times 2,7] = 88,6 \text{ м}^2.$$

Откуда

$$l = \frac{3,5 \times 54}{88,6} = 2,14 \text{ м}.$$

$$P_{\text{CO}_2} \times l = 0,13 \times 2,14 = 0,278; P_{\text{H}_2\text{O}} \times l = 0,11 \cdot 2,14 = 0,236;$$

$$\varepsilon_{\text{CH}_2} = f(P_{\text{CO}_2} l; t_2) \text{ и } \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} = f(P_{\text{H}_2\text{O}} l; t_2).$$

Определяем по графикам на рис. 1 и 2 $\varepsilon_{\text{CO}_2} = 0,15$, $\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,23$.

Поправочный коэффициент на парциальное давление водяного пара $\beta = 1,07$ находим по графику на рис. 3.

$$\varepsilon_z = \varepsilon_{\text{CO}_2} + \beta \varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 0,15 + 1,07 \times 0,23 = 0,396.$$

$$A_z = A_{\text{CO}_2} + A_{\text{H}_2\text{O}},$$

$$A_{\text{CO}_2} = \varepsilon'_{\text{CO}_2} \left(\frac{T_z}{T_c} \right)^{0,65}; \varepsilon'_{\text{CO}_2} = f(P_{\text{CO}_2} l; t_c) = 0,13 \text{ (по графику на рис. 2),}$$

$$A_{\text{CO}_2} = 0,13 \left(\frac{885}{612} \right)^{0,65} = 0,165;$$

$$A_{\text{H}_2\text{O}} = \beta \varepsilon'_{\text{H}_2\text{O}}; \varepsilon'_{\text{H}_2\text{O}} = f(P_{\text{H}_2\text{O}} l; t_c) = 0,25 \text{ (рис. 2);}$$

$$A_{\text{H}_2\text{O}} = 1,07 \times 0,25 = 0,268;$$

$$A_z = A_{\text{CO}_2} + A_{\text{H}_2\text{O}} = 0,165 + 0,268 = 0,433;$$

$$q_A = \varepsilon_{\text{эф}} \times 4,9 \left[\varepsilon_z \left(\frac{T_z}{100} \right)^4 - A_z \left(\frac{T_c}{100} \right)^4 \right] = 0,955 \times 4,9 \times$$

$$\times 4,9 \left[0,396 \left(\frac{612 + 273}{100} \right)^4 - 0,433 \left(\frac{339 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 8220 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час};$$

$$\alpha_A = \frac{q_A}{t_2 - t_c} = \frac{8220}{612 - 339} = 31 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град};$$

$$\alpha = \alpha_K + \alpha_A = 5,59 + 31 = 36,59 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град}.$$

Результаты всех вычислений для различных отрезков времени сводим в табл. 3.

Таблица 3

τ , мин.	10	30	60	120	180	240	300	360	420	480
t_2	612	715	819	866	917	956	980	1014	1027	1053
t_c	339	541	646	758	833	887	927	961	991	1019
α_K	5,59	4,135	3,46	2,62	2,21	1,19	1,18	1,17	1,06	1,05
α_A	31	50,9	61,5	63,3	70,8	79,8	86,5	88,8	90,5	98,25
$\alpha = \alpha_K + \alpha_A$	36,59	55,03	63,26	67,12	73,01	80,99	87,68	92,57	95,66	99,3

Как видно из табл. 3, начиная с температуры продуктов сгорания 715°C и выше, коэффициентом теплообмена за счет конвекции α_K можно пренебречь, так как его доля составляет менее 5% от суммарного коэффициента теплообмена α .

Из приводимых выше формул и графиков следует, что степень черноты, поглощательная способность CO_2 и H_2O будут изменяться с изменением их процентного состава и отношения объема помещения к площади оболочки. Следовательно, будут изменяться q_A и α_A .

В целях выяснения того, насколько существенно изменение P_{CO_2} , $P_{\text{H}_2\text{O}}$, 1 изменит значения α_A , было произведено 70 вычислений $\alpha = \alpha_K + \alpha_A$.

При этом процентное содержание углекислого газа изменялось от 9 до 13%, водяного пара — от 7 до 11%; высота помещения h была постоянной равна 3 м, площадь пола изменялась от 10 до 50 м^2 .

Расчеты показали, что с изменением P_{CO_2} , $P_{\text{H}_2\text{O}}$ и l в указанных выше процентах коэффициент теплообмена α изменяется незначительно.

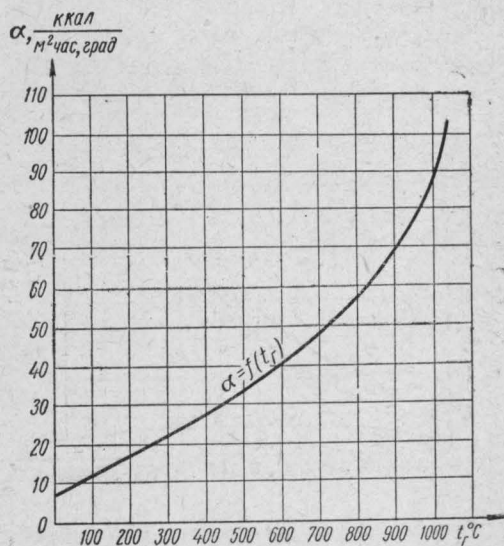


Рис. 4. Графическое выражение результатов вычислений.

Результаты вычислений $\alpha = \alpha_k + \alpha_l$ представлены на графике (рис. 4) в виде усредненной кривой $\alpha = f(t_2)$.

Математический анализ полученной кривой показывает, что при температуре пожара до 400°C $\alpha = \alpha_k + \alpha_l$ можно определять по формуле Иванцова $\alpha = 7 + \frac{t_2}{20}$, при температурах выше 400°C

$$\alpha = 12e^{0,002t_2},$$

где $e = 2,718$ — основание натурального логарифма;

t_2 — температура продуктов сгорания, $^\circ\text{C}$.

Определение температурных полей в бетонных плитах по методу конечных разностей с использованием данных значений α , показало хорошую сходимость с опытными данными по прогреву этих плит.

Определение коэффициента теплообмена α на необогреваемой стороне

Коэффициент теплообмена α на необогреваемой стороне также представляет собой сумму коэффициентов теплообмена за счет конвекции α_k и за счет лучеиспускания α_l , т. е. $\alpha_k = \alpha + \alpha_l$.

$\alpha_k + \alpha_l$ $\frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \text{ час град}}$

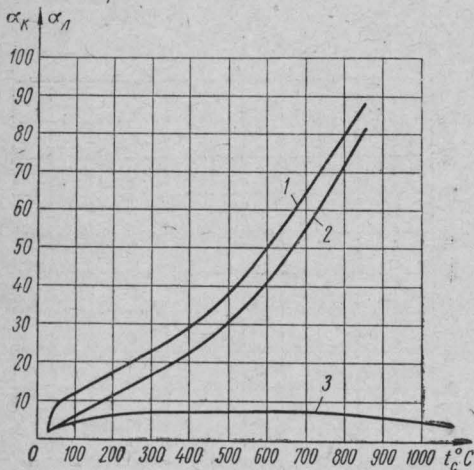


Рис. 5. График зависимости коэффициента теплообмена от температуры поверхности стенки:

$$1-\alpha = \alpha_k + \alpha_l = f(t_c); \quad 2-\alpha_l = f(t_c); \\ 3-\alpha = f(t_c).$$

α_k определялся на основании критериальных зависимостей при естественной конвекции в неограниченном объеме. При этом температура поверхности конструкции изменялась от 21 до 800°C , а температура окружающего воздуха принималась постоянной, равной 20°C ; в качестве характерного линейного размера принималась высота стены $h = 3$ м.

α_l определялся на основании излучения твердой поверхности со степенью черноты $\varepsilon_c = 0,9$ при тех же разностях температур между поверхностью и окружающей средой.

Результаты расчета приводятся в табл. 4 и на рис. 5.

Из математического анализа полученной кривой $\alpha = \alpha_k + \alpha_l = f(t_c)$ следует, что при температурах стенки до 400°C $\alpha = 7 + \frac{t_c}{20}$, т. е. справедлива формула Иванцова; при температурах выше 400°C $\alpha \approx 0,14 t_c - 30$ ккал/м² час $^\circ\text{C}$.

Таблица 4

Значения коэффициента теплообмена α между стенкой с температурой t_c и воздухом при температуре 20°C

$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$\alpha_k = \frac{\text{Nu}_{m\lambda}}{h}$	$\alpha_{\lambda} = \frac{q_{\lambda}}{\Delta t}$	$\alpha = \alpha_k + \alpha_{\lambda}$
21	20	1,45	2,2	3,65
25	20	2,43	3,95	6,38
30	20	3,63	4,84	8,47
40	20	3,68	4,85	8,53
50	20	4,38	5,3	9,68
100	20	5,36	6,64	12,0
150	20	6,42	8,35	14,77
200	20	6,77	10,5	17,27
250	20	6,87	13,1	19,97
300	20	7,14	16,0	23,14
350	20	7,25	19,3	26,55
400	20	7,35	22,9	30,25
500	20	7,52	32,2	39,72
600	20	7,55	43,8	51,35
700	20	7,5	58,2	65,7
800	20	7,42	76,0	83,42

Таким образом, в тех случаях, когда температурный режим при пожаре соответствует стандартной кривой, коэффициент теплообмена между продуктами сгорания и строительными конструкциями с достаточной для практических расчетов точностью можно определять либо по формуле $\alpha = 12e^{0,002t_2}$, либо по графику на рис. 4 или по табл. 3.

Коэффициент теплообмена между поверхностью ограждения, противоположной пожару (необогреваемой), и воздухом при температуре 20°C можно определять:

а) при температуре поверхности ограждения до 400°C по формуле Иванцова $\alpha = 7 + \frac{t_c}{20}$;

б) при температуре поверхности ограждения свыше 400°C по формуле $\alpha \approx 0,14t_c - 30$.

М. С. АКСЕНОВ

Руководитель дипломного проекта

канд. техн. наук

М. Я. РОЙТМАН

ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ЗАНАВЕСА

Критическая температура каркаса занавеса

Критическую температуру для каркаса занавеса необходимо рассматривать при двух состояниях:

- а) до полной потери несущей способности;
- б) до появления деформаций, при которых возможно нарушение герметизации занавеса.

Рассмотрим каждое состояние в отдельности.

Предел огнестойкости несущих стальных конструктивных элементов характеризуется временем, по истечении которого в условиях пожара происходит полная потеря ими несущей способности. При этом предел текучести стали под воздействием высоких температур снижается до рабочих напряжений.

Критическая температура $t_{кр}$ для стальных конструкций является величиной переменной и зависит от качества стали, запаса прочности и конструктивной схемы. Значение $t_{кр}$ для каркаса занавеса может быть определено по эмпирической формуле, предложенной ЦНИИПО:

$$t_{кр} = a - b \frac{1}{n},$$

где a и b — коэффициенты, определяемые экспериментальным путем. Для стали марки Ст. 3 $a = 750$; $b = 450$;

n — коэффициент запаса прочности, для занавеса в опущенном состоянии можно практически принять $n = 3$.

Тогда
$$t_{кр} = 750 - 450 \frac{1}{3} = 600^\circ \text{C}.$$

При достижении этой температуры каркас противопожарного занавеса потеряет свою несущую способность.

Следовательно, за критическую температуру, при которой произойдет потеря несущей способности каркаса занавеса, нужно принять 600, а не 400°С, как это требуют «Временные нормы строительного проектирования театров», 1943 г.

Вместе с тем надо иметь в виду, что каркас занавеса представляет собой статически неопределимую пространственную систему. А раз это так, то при воздействии на него высоких температур неизбежно будут возникать температурные напряжения, в результате чего возможны деформации отдельных элементов каркаса, а, следовательно, нарушение герметизации занавеса и разрушение его термоизоляции.

Температурные напряжения для жестко заделанных стальных элементов каркаса противопожарного занавеса определяются по формуле:

$$\sigma^t = E \alpha t,$$

где E — модуль упругости стали, равный $2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$;
 α — коэффициент линейного расширения стали, равный $0,000012 \text{ 1/град}$;
 t — температура каркаса, °С.

Если жесткозаделанный стальной элемент каркаса нагреть до 100°С, то температурные напряжения в нем $\sigma^t = 2,1 \times 10^6 \times 0,000012 \times 100 = 2520 \text{ кг/см}^2$.

При таких напряжениях наступает предел текучести для Ст. 3.

Таким образом, при нагревании жесткозаделанных элементов каркаса противопожарного занавеса до 100°C они могут деформироваться с образованием щелей, через которые дымовые газы будут проникать в зрительный зал.

Учитывая вышеизложенное, есть все основания полагать, что нагревание каркаса занавеса до температуры 100°C может вызвать нарушение герметизации. Следовательно, нарушение герметизации занавеса и его частичная деформация могут произойти значительно раньше, чем он будет прогрет до температуры 200°C , как это установлено «Временными нормами строительного проектирования театров». Поэтому целесообразно принять за критическую температуру для отдельных элементов каркаса противопожарного занавеса 100 , а не 200°C .

Предел огнестойкости занавеса

Предел огнестойкости противопожарного занавеса необходимо принять равным 3 час., а не 6 час., как этого требуют «Нормы».

Такая рекомендация обосновывается тем, что продолжительность пожара, как показывают ориентировочные расчеты и анализ имевших место пожаров, равна $1,5 \div 2,0$ час. Кроме того, СНиП II-A.5-62 устанавливают максимальный предел огнестойкости для колонн — 3 час., для перекрытий — 1,5 час., для стен — 2,5 час. Поэтому нет необходимости требовать, чтобы противопожарный занавес имел предел огнестойкости 6 час.

Учитывая вышеизложенное, термоизоляция противопожарного занавеса должна удовлетворять следующим основным требованиям:

а) в течение 3 час. пожара температура каркаса занавеса не должна достигать критической, т. е. 600°C ;

б) в течение 1 час. после возникновения пожара температура каркаса занавеса не должна превышать 100°C .

Второе требование к термоизоляции предъявляется, исходя из следующих соображений:

за 1 час зрители полностью покинут зал и безопасность их будет обеспечена, так как за это время не произойдет деформации элементов занавеса;

в течение 1 час. подразделения пожарной охраны сумеют обеспечить защиту зрительного зала в случае проникновения газов и пламени через щели, образовавшиеся в результате возможной частичной деформации отдельных элементов каркаса занавеса;

к этому времени дымовые люки будут открыты и газовые потоки направятся в их сторону, а не в зрительный зал.

Материал для теплоизоляции каркаса занавеса

В условиях пожара на каркас противопожарного занавеса, кроме давления газов, действуют высокие температуры. Для того, чтобы температура каркаса в течение определенного времени

не превышала расчетной, его покрывают со стороны сцены термоизоляцией, эффективность которой будет прежде всего зависеть от ее теплофизических свойств.

Кроме того, согласно «Временным нормам строительного проектирования театров» вес изоляции не должен превышать 25 кг/м^2 поверхности занавеса; изоляция должна обладать достаточной механической прочностью и противостоять действиям на нее водяных струй.

В связи с этим для занавесов с металлическим каркасом нормы рекомендуют следующий тип двухслойной изоляции со стороны сцены:

1) обшивка каркаса волнистым железом с покрытием соевыми плитами толщиной $20 \div 30 \text{ мм}$, прикрепляемыми проволокой диаметром $1,2 \div 1,6 \text{ мм}$;

2) штукатурка плит асбодиаомовой массой толщиной $10 \div 15 \text{ мм}$ по металлической сетке с последующей оклейкой миткалем и покраской масляной краской.

Недостатками такой термоизоляции противопожарных занавесов являются большой объемный вес ($400\text{—}500 \text{ кг/м}^3$) и дорогой способ изготовления.

В настоящее время появилось много новых термоизоляционных материалов, например асбестовермикулит, который по своим теплофизическим качествам не уступает применяемой термоизоляции, рекомендованной нормами.

Асбестовермикулитовые плиты изготавливаются путем прессования и сушки гидромассы, состоящей из обожженного вермикулита, асбеста и связующих веществ.

Теплотехнические показатели таких плит следующие:

объемный вес 250 и 300 кг/м^3 ;

коэффициент теплопроводности (при $+30^\circ \text{C}$) $\lambda = 0,074 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ при $\gamma = 250 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,08 \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град}$ при $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3$.

Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры:

$$\lambda_t = 0,065 (1 + 0,00276t) \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град} \text{ при } \gamma = 250 \text{ кг/м}^3,$$

$$\lambda_t = 0,071 (1 + 0,00268t) \text{ ккал/м} \cdot \text{час} \cdot \text{град} \text{ при } \gamma = 300 \text{ кг/м}^3.$$

Промышленность выпускает плиты длиной — 1000, $500 \pm 5 \text{ мм}$, шириной $500 \pm 3 \text{ мм}$, толщиной 30, 40, $50 \pm 2 \text{ мм}$.

Асбестовермикулитовую термоизоляцию применяют для промышленных установок, трубопроводов и оборудования при температуре изолируемых поверхностей до $+600^\circ \text{C}$.

В лаборатории института «Теплопроект» была произведена экспериментальная работа по прогреву асбестовермикулитовых плит объемным весом 250 кг/м^3 . Для этих же плит были проведены графоаналитические расчеты.

Результаты эксперимента и расчеты показывают, что асбестовермикулитовые плиты являются очень хорошим теплоизоляционным материалом для противопожарных занавесов.

На основании проведенной работы был предложен новый вид изоляции для противопожарных занавесов сцен театров и клубов — обшивка каркаса волнистым железом с покрытием асбестовермикулитовыми плитами ($\gamma = 250 \text{ кг/м}^3$) толщиной 30 мм с последующей штукатуркой асбодиаомовой массой толщиной 10 ÷ 15 мм. Этот тип изоляции отвечает требованиям «Временных норм строительного проектирования», а также требованиям, изложенным в настоящей статье.

Проектный институт «Гипротепатр» одобрил данную работу и приступил к изысканию и применению данного типа изоляции для занавесов вновь строящихся театров.

Н. И. ПРОСТОВ

ЭВАКУАЦИЯ ЛЮДЕЙ ИЗ ЗДАНИЙ БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ

(из зарубежного опыта)

Немецкий журнал «Bauzeitung» № 17, 1960 г. поместил статью, в которой содержатся рекомендации по устройству эвакуационных выходов из зданий больших площадей.

Согласно противопожарным нормам, принятым в ГДР, длина путей эвакуации в одноэтажных зданиях (в зависимости от категории пожарной опасности) должна быть не более 80 м. Поэтому возникают трудности при проектировании зданий больших площадей, в которых расстояние от наиболее удаленного рабочего места до эвакуационного выхода значительно превышает 80 м.

В этих случаях рекомендуется сооружать на определенном расстоянии спасательные островки, куда при необходимости могут эвакуироваться люди. Из этих островков подземные или полуподземные эвакуационные каналы ведут за пределы здания. Кроме того, спасательные островки могут оказать большую помощь пожарным при тушении пожаров в зданиях больших площадей.

Размеры спасательных островков могут быть самыми различными. Расходы на строительство таких островков значительно ниже, чем на строительство эвакуационных коридоров с тамбурами или эвакуационных тоннелей.

Спасательные островки предусматриваются в промышленном строительстве для производств, отнесенных по пожарной опасности к категориям А, Б, В.

Устраиваются островки в зданиях больших площадей в тех случаях, когда протяженность путей эвакуации значительно превышает требования норм и при этом другие решения невозможны.

Спасательные островки не должны располагаться в стесненных местах (между машинами или другими устройствами). Если требуется устроить несколько спасательных островков, их нужно

располагать таким образом, чтобы длина пути эвакуации не превышала длины, предусмотренной нормами. На рис. 1 показана схема расположения двух спасательных островков с максимальной протяженностью путей эвакуации не более 80 м.

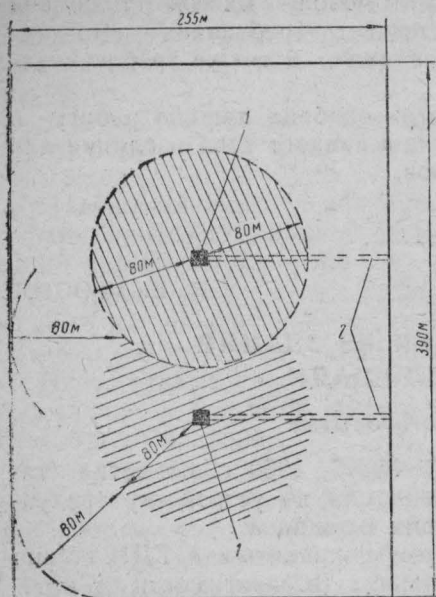


Рис. 1. Схема расположения двух спасательных островков и большепролетном здании:

1 — спасательный островок; 2 — эвакуационный канал.

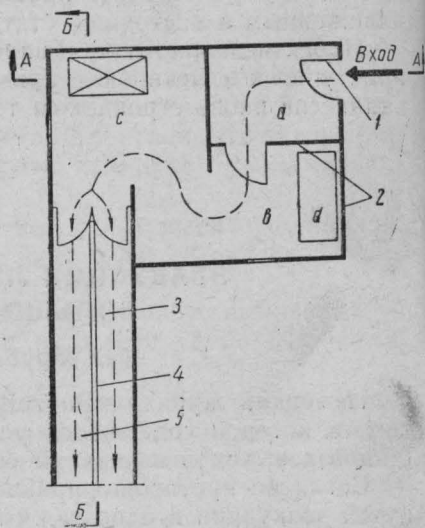


Рис. 2. Схема планировки большого четырехугольного спасательного островка:

а — передняя (тамбур); б, с — помещения безопасности; а — приборы для борьбы с пожарами;

1 — трудногораемые самозакрывающиеся двери; 2 — экранирующие стены; 3 — рама; 4 — перила; 5 — эвакуационный канал.

Спасательные островки не рекомендуется оборудовать курительными комнатами или туалетами, чтобы в случае опасности не усложнять эвакуации людей. Нельзя располагать их под резервуарами, кранами и другим оборудованием, чтобы при обрушениях не загромождались входы в них.

Эвакуирующийся входит через самозакрывающуюся дверь (рис. 2 и 3) в переднюю, а оттуда в помещение безопасности, где он может отдохнуть, а потом продолжить путь из спасательного островка по эвакуационному тоннелю.

Экранирующие стены и потолок спасательного островка защищают спасаемых от непосредственного действия огня, продуктов горения (дыма) и возможных обрушений конструкций.

В островке предусматриваются два помещения безопасности. В первом из них могут быть установлены приборы для борьбы с пожарами, из второго помещения безопасности имеется непосредственный вход в эвакуационный тоннель.

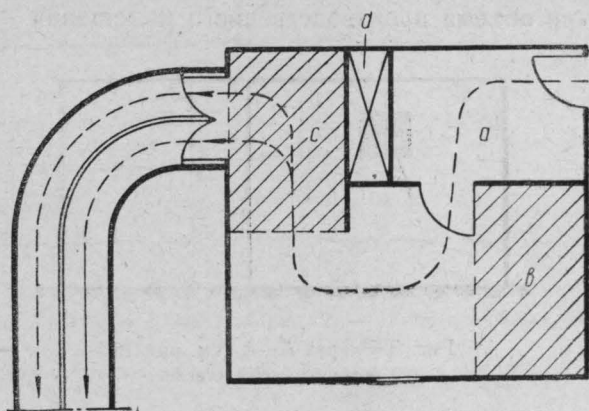


Рис. 3. Схема планировки малого четырехугольного островка:

а — передняя (тамбур); *в, с* — помещения безопасности;
д — приборы для борьбы с пожаром.

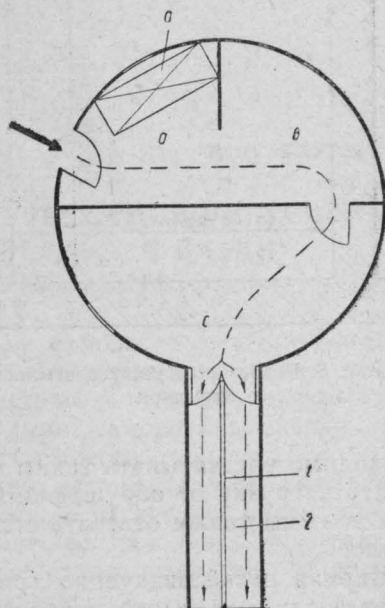


Рис. 4. Схема планировки круглого спасательного островка:

а — передняя; *в, с* — помещения безопасности; *д* — приборы для борьбы с пожарами;
1 — рампа; *2* — перила.

Спасательный островок, показанный на рис. 4, имеет в плане форму круга. Предполагается, что такое сооружение будет иметь преимущество с точки зрения статической, а также с точки зрения экономии объема производственного помещения.

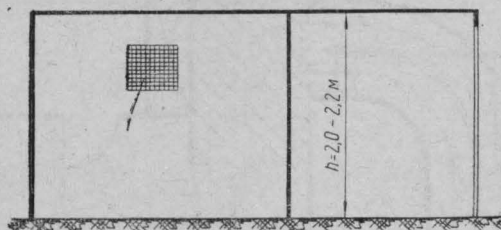


Рис. 5. Разрез А—А (см. рис. 2):

1 — армированное стекло.

Стены и перекрытия спасательных островков рекомендуется выполнять из негорюемых материалов, лучше всего из монолитного железобетона. Минимальная высота островка должна быть $2 \div 2,2$ м (рис. 5).

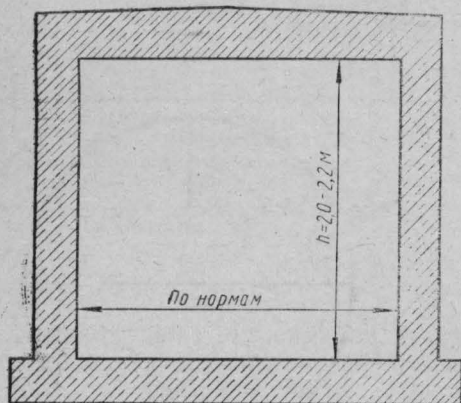


Рис. 6. Разрез по каналу с земляной засыпкой.

Входная дверь и дверь, ведущая в эвакуационный тоннель, должны быть самозакрывающимися и изготовлены из трудносгораемых материалов.

Для освещения предусматривается армированное стекло с минимальной толщиной 6 мм и размером 60×60 см. Стеклоблоки для остекления нежелательны.

Стены и перекрытия спасательных островков необходимо рассчитывать таким образом, чтобы они могли выдерживать нагрузку от обрушающихся частей здания. Этим требованиям должны также отвечать стены и перекрытия эвакуационных каналов.

Ширина путей эвакуации (рис. 6) определяется в зависимости от числа людей, эвакуирующихся через данный спасательный островок. Спуск от островка, находящегося на поверхности, в эвакуационные каналы осуществляется по рампе с максимальным уклоном 12° (рис. 7). На наклонном участке пути следует предусмотреть поручни (перила) соответствующей высоты.

Выходы в спасательные островки и пути эвакуации следует оборудовать аварийным освещением и указателями, светящимися в темноте.

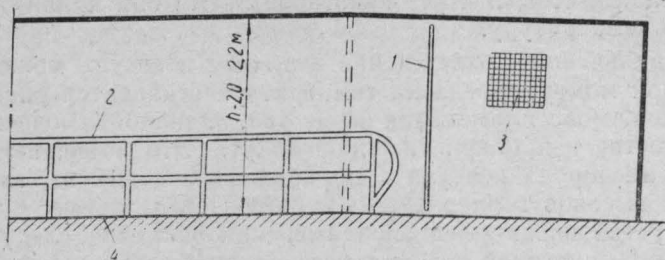


Рис. 7. Разрез Б—Б (см. рис. 2) — спуск в эвакуационный выход:

1 — труднооткрываемая самозакрывающаяся дверь; 2 — перила; 3 — армированное стекло; 4 — рампа с уклоном не более 12° .

В связи с тем, что спасательные островки рассматриваются и как пункты борьбы с пожарами, в них могут располагаться (по согласованию с пожарной охраной) средства для борьбы с пожарами и огнегасительные автоматические установки.

Инж. В. С. САУШЕВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ САМОВОСПЛАМЕНЕНИЯ ПЛАВЯЩИХСЯ ТВЕРДЫХ И ВЯЗКИХ ЖИДКИХ ВЕЩЕСТВ

При определении температуры самовоспламенения жидкостей, имеющих невысокую температуру кипения, пользуются методами «капли» и «напуска». Но эти методы нельзя применить в полной мере для определения температуры самовоспламенения плавящихся твердых и вязких жидких веществ.

Для определения температуры самовоспламенения плавящихся твердых и вязких жидких веществ их следует нагревать до высокой температуры, т. е. повышать их начальную температуру. С изменением же начальной температуры вещества изменяется и его температура самовоспламенения.

Для того чтобы исключить это влияние, предлагается в одном и том же сосуде нагревать испытуемое вещество и определять его температуру самовоспламенения. В таком случае за основу можно принять метод «капли» для определения температуры са-

мовоспламенения указанных веществ. Для этого в сосуд, предварительно нагретый, например, на 100°C выше предполагаемой температуры самовоспламенения, помещают пробирку с испытуемым веществом и пипеткой. Вещество в пробирке нагревается, а сосуд охлаждается, и через некоторое время они принимают одинаковую температуру.

При дальнейшем охлаждении вещества и сосуда может наступить такой момент, когда их температура становится равной температуре самовоспламенения вещества. Однако самовоспламенения вещества в пробирке не происходит. Это объясняется недостатком кислорода воздуха в паровой фазе вещества, находящегося при высокой температуре в ограниченном объеме.

Для установления самовоспламенения вещества следует взять из пробирки пипеткой определенное количество вещества и ввести его в сосуд. Самовоспламенение устанавливают по пламени, которое образуется в сосуде.

Описание прибора

Прибор (см. рисунок) представляет собой тигельную печь с внутренним диаметром 100 мм и емкостью 750 мл. В нее помещают кварцевый стакан диаметром 50 мм, емкостью 100 мл. Тигельная печь снабжена крышкой из огнеупорного материала с двумя отверстиями. В одно отверстие вставляется пробирка с веществом, через другое — пипеткой вводится вещество в кварцевый стакан.

Для измерения температуры взята хромель—алюмелевая термомпара, горячий спай ее вмазан в стенку тигельной печи на наибольшую глубину.

Нагревается тигельная печь от электрической сети. Скорость нагрева регулируется регулятором напряжения.

Подготовка и проведение опыта

1. Рассчитывают количество вещества, необходимого для создания в печи стехиометрической концентрации его паров. Практически нужно брать некоторый избыток вещества, чтобы получить наименьшую температуру самовоспламенения.

2. Нагревают тигельную печь до 600°C . При этой температуре печь отключают от электросети или регулятором уменьшают напряжение тока до величины, создающей охлаждение печи со скоростью 2°C в минуту.

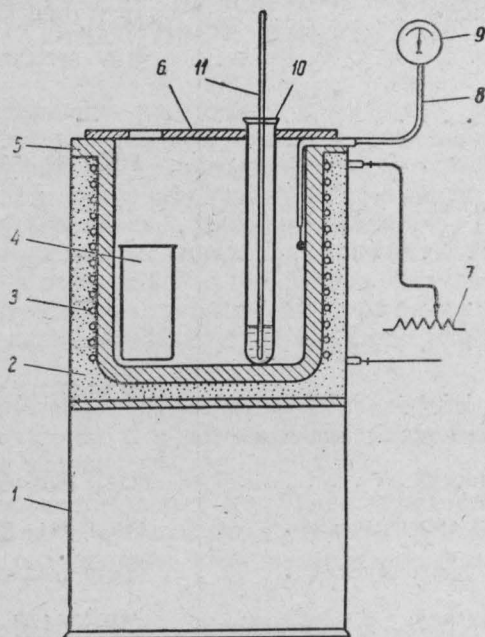
3. При температуре печи на 100°C выше предполагаемой температуры самовоспламенения в тигельную печь вставляют пробирку с испытуемым веществом и пипеткой.

4. К опытам приступают каждый раз при снижении температуры печи на 20°C . Пипеткой вводят в кварцевый стакан расчет-

ное или несколько большее количество вещества. Образование пламени рассматривается как момент самовоспламенения.

Опыты продолжают до тех пор, пока не отметят отсутствие пламени при очередном вводе порции вещества.

5. Для того чтобы найти более точную температуру самовоспламенения, следует тигельную печь каждый раз нагревать на



Прибор для определения температуры самовоспламенения твердых плавящихся и вязких веществ:

1 — кожух из листовой стали; 2 — асбестовая изоляция; 3 — нагревательная проволока; 4 — кварцевый стакан; 5 — керамическая обкладка; 6 — керамическая крышка; 7 — регулятор напряжения электрического тока; 8 — термопара; 9 — милливольтметр; 10 — пробирка с веществом; 11 — пипетка.

20° С выше ее предыдущей температуры и вводить вещество при охлаждении печи на 15—18° С.

Подобные опыты проводят до тех пор, пока не появится пламя.

За температуру самовоспламенения принимают наименьшую температуру стенок тигельной печи, при которой еще наблюдается воспламенение паров испытуемого вещества. Причем, при понижении температуры стенок печи на 2 ÷ 5° С воспламенение паров вещества не должно наблюдаться. Результаты опытов по этой методике приведены в таблице.

Наименование веществ	ГОСТ или ТУ	Температура самовоспламенения, °С
<i>І. Вязкие жидкие вещества</i>		
Масло парфюмерное	ГОСТ 4225—54	240
Масло АУ веретенное	ГОСТ 1642—50	270
Масло АС-9,5	ВТУ 617—57	340
Масло ДС-8	—	330
Масло „Т“ турбинное	ГОСТ 32—53	280
Основа новоуфимская	—	260
Октол „600“	—	290
Велосит	—	240
Основа 1/6	—	230
Масло осевое	СТУ 36-13-712—61	260
<i>ІІ. Твердые плавящиеся вещества</i>		
Церезин синтетический	ГОСТ 7658—55	355
Парафин (желтый) дрогобычский	ГОСТ 784—53	320
Парафин (белый) дрогобычский	ГОСТ 784—53	300
Церезин новоуфимский	МРТУ—12Н	365
Петролатум Орский	№ 1—62 ГОСТ 4096—54	365
Озокерит Шор-Су	ТУ 69—45	365
Озокерит бориславский	ТУ 69—45	346
Канифоль	ГОСТ 797—55	310
Петролатум бакинский	ГОСТ 4096—54	380
Церезин М-67	ГОСТ 2488—47	330
Петролатум новокуйбышевский	ГОСТ 4096—54	380
Жирные синтетические кислоты	МТУ МП91—69	280

ПОКАЗАТЕЛИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НЕКОТОРЫХ ЖИДКОСТЕЙ

В связи с широким развитием химической промышленности все чаще в производственных процессах используют такие жидкости, которые раньше не находили широкого применения и для которых в литературных источниках (в том числе и в справочнике «Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости», 1956 г.) нет данных, характеризующих их пожарную опасность. Для восполнения этого пробела в химической лаборатории факультета проводятся работы по определению показателей пожаро-взрывоопасности и физико-химических свойств легковоспламеняющихся и горючих жидкостей.

Экспериментальным путем были определены удельный вес жидкостей при $t = 20^\circ \text{C}$ и коэффициент рефракции с помощью рефрактометра марки РЛУ.

Определение приведенных в таблице характеристик пожарной опасности всех исследуемых жидкостей проводилось по методике, изложенной в справочнике «Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости».

Температура вспышки определялась в закрытом тигле в приборе ПВНЭ по ГОСТ 1421—53, температурные пределы воспламенения (взрываемости) — на приборе ТП, температура самовоспламенения паров жидкости в воздухе определялась для стехиометрических концентраций методом «капли» на приборе ЦНИИПО.

В таблице приведены также данные концентрационных пределов воспламенения, которые определены по следующим формулам:

$$\text{НПВ} = \frac{P_{\text{НТПВ}} 100}{P_{\text{общ}}}; \quad \text{ВПВ} = \frac{P_{\text{ВТПВ}} 100}{P_{\text{общ}}},$$

где НПВ и ВПВ — нижний и верхний пределы воспламенения в объемных %;

$P_{\text{НТПВ}}$ и $P_{\text{ВТПВ}}$ — давление насыщенных паров (по табличным данным) при температурах, соответствующих нижнему и верхнему температурным пределам воспламенения;

$P_{\text{общ}}$ — атмосферное давление (опытное) при определении пределов воспламенения.

Основные физико-химические свойства и показатели

№ п/п	Наименование вещества	Наименование ГОСТов и технических условий	Физико-химические свойства				
			Химическая формула вещества	Состояние при 0° С и 760 мм рт. ст.	Температура, °С		Молекулярный вес
					плавления	кипения	
1	Адипонитрил	—	$\text{NC}-(\text{CH}_2)_4\text{CN}$	Жидкость	—	—	108
2	изо. Валериановая кислота	ВТУ МХП 2934—54 чистая	$(\text{CH}_3)_2\text{X} \times \text{CHCH}_2\text{COOH}$ $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOH}$	"	—37,6	176,7	90
3	Гексаметилен-диамин	ТУ МХП 3161—53	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$	Кристаллическое	42	204—205	116,2
4	Гексаметилен-мин	—	$\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 > \text{NH}$	Жидкость	—	—	99
5	Глицерин дистиллированный (динамитный)	ГОСТ 6624—54	$\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2$ $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$	"	—	160—161	92,09
6	Дикумилметан	—	$[\text{OH}-\text{C}_6\text{H}_4\text{C} \times (\text{CH}_3)_2\text{CH}_2 \times \text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2]$	"	—	—	284
7	Диметиланилин	ГОСТ 2168—58	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{CH}_3)_2$	"	2,5	192,5—193,5	121
8	Дитоллилметан	—	$(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_4)_2\text{CH}_2$	"	—	—	196
9	Диэтиланилин	ТУ МХП 88—47	$\text{C}_6\text{H}_5\text{N}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$	"	—21,3	217,5	149,23
10	Дифенилоксид (дифениловый эфир)	ВТУ МХП 2787—51	$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{O}$	"	—34,4	215,5	170,2
11	Ксилол мета	4МТУ 3600—53	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$	"	26,9	259,3	170,2
12	Масляный альдегид	ТУ МХП 1523—51	$\text{C}_8\text{H}_7\text{CON}$	Жидкость	—47,9	139,1	106,16
13	Метилэтилкетон	ГОСТ 3024—55 серия 9 чистый	$\text{CH}_3\text{COC}_2\text{H}_5$	"	—99	75,7	72,1
14	Метилциклогексанол	Импорт	$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{10}\text{OH}$	"	—86,9	79,6	72,1
15	н. Октиловый спирт вторичный (каприловый спирт)	ВТУ МХП 2912—51 чистый	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{X} \times \text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2$ $\text{C}_8\text{H}_{17}\text{OH}$	"	—	—	114
16	Основа 1/6	—	—	"	—38,6	178,5	130,22
17	Олеиновая * кислота	ТУ МХП 2501—54 чистая	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{X} \times \text{COOH}$ $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	"	—	—	—
18	Парфюмерное масло	ГОСТ 4225—54 1614	—	"	α-форма 13,6 β-форма 16,25	360 (с разложением)	282,45

* Йодное число 89, 97.

пожарной опасности некоторых жидкостей

Плотность		Коэф-фици-ент рефракции	Темпе-ратура само-воспла-менения паров в возду-хе, °C	Темпе-ратура вспыш-ки по ГОСТ 1411—53, °C	Пределы воспламенения (взрываемости)				Давление паров в мм рт. ст. при тем-пературах, соответствую-щих преде-лам воспламе-няемости (взрываемости)		Теплота сгорания, ккал/моль
d_{20}^{20} г/см³	паров по воз-духу				температур-ные, °C		концентра-ционные, %		ниж-нее	верх-нее	
					ниж-ний	верх-ний	ниж-ний	верх-ний			
0,963	3,7	1,4382	510	+159	+153	+226	—	—	—	—	—
0,930	3,11	1,4038	517	+82	+70	+104	9,6	52,9	1,25	6,92	679
—	4,0	—	390	+73	—	—	—	—	—	—	1062
0,898	3,42	1,4693	330	+24	+24	+65	—	—	—	—	—
1,257	3,17	1,4710	407	+196	+195	+234	4,56	23,4	35,00	170	396,8
0,951	9,79	1,5455	450	+163	+150	+185	—	—	—	—	—
0,956	4,17	1,5578	405	+71	+64	+106	1,012	6,40	7,72	48,55	1143
0,982	6,76	1,5656	620	+142	+135	+169	—	—	—	—	—
0,931	5,16	1,5409	340	+83	+87	+123	1,08	5,26	8,24	40,00	1452
1,062	5,87	1,5897	699	+117	+117	+203	1,56	26,5	11,8	200	—
0,860	3,67	1,4970	680	+29	+27	+59	1,24	6,14	9,44	46,66	1089,6
0,860	2,49	1,4060	280	—10	—10	+23	—	—	—	—	—
0,806	2,49	1,3791	555	—10	—9	+19	2,28	10,39	16,88	78,15	582
0,915	3,93	1,4601	320	+68	+62	+96	—	—	—	—	1038
0,820	4,5	1,4221	390	+59	+55	+92	0,156	1,70	1,18	12,92	1262
0,839	—	1,4620	230	+131	+124	+165	—	—	—	—	—
0,890	9,76	1,4622	295	+215	+195	+234	0,47	2,25	3,42	16,52	—
0,870	—	1,4770	240	+170	+170	+232	—	—	—	—	—

№ п/п	Наименование вещества	Наименование ГОСТов и технических условий	Химическая формула вещества	Физико-химические свойства			
				Состояние при 0° С и 760 мм рт. ст.	Температура, °С		Молекулярный вес
					плавления	кипения	
19	Поливинилацетатный лак	—	—	Жидкость	—	—	—
20	Стирол (фенилэтилен)	ВТУ ЛУ 47—53	$C_6H_5CH=CH_2$	"	—33	145,2	104,14
21	Трикрезилфосфат	ГОСТ 5728—51	$(C_6H_4CH_3O)_3PO$	"	—	275 (20 мм)	368
22	Форманимид	—	$C_6H_4CH_3O$	"	—	—	107
23	Этилбензиланилин	Партия 21	$C_6H_5N(C_2H_5) \times C_7H_7$	"	—	710 мм 285	211,29
24	Эфир бутиловый бензойной кислоты (бутилбензоат)	ГОСТ (ВТУ-РУ) 608—52 чистый	$C_6H_5COOC_4H_9$	"	—	241,5	178,22
25	Эфир изоамиловый салициловой кислоты (изоамилсалицилат)	ГОСТ (ТУ) ОРУ 75—56 серия 4 чистый	$C_6H_4ONCOOC_5H_{11}$	"	—	276,277	208,25
26	Эфир изобутиловый масляной кислоты (изобутилбутират)	Чистый	$C_3H_7COOC_4H_9$	"	—	156,9	144,21
27	Эфир изобутиловый уксусной кислоты (изобутилацетат)	2001—54 ГОСТ (ТУ) чистый	$(CH_3)_2 \times CHCH_2COOCCH_3$ $CH_3COOC_4H_9$	"	—98,9	118,0	116,16
28	Эфир диметиловый янтарной кислоты (диметилсукцинат)	ГОСТ (ТУ) 861—53 серия 2 чистый	$(CH_2COOCH_3)_2$	"	19,5	195,3	146,14
29	Эфир изоамиловый бензойной кислоты (изоамилбензоат)	ГОСТ (ТУ) 2809—5 чистый	$C_6H_5COOC_5H_{11}$	"	—	—	192,25
30	Эфир дибутиловый	ГОСТ (ТУ) 49—56 серия 20 чистый	$(C_4H_9)_2O$	"	—95,37	141,97	130,22
31	Эфир дипропиловый	—	$(C_3H_7)_2O$	"	—122	91,0	102,17
32	Эфир диизоамиловый	ТУ МХП 82—47	$(C_5H_{11})_2O$	"	—	173,4	158,28
33	Эфир метиловый бензосульфокислоты	ТУ МХП 2334—50	$C_6H_5SO_3CH_3$	"	—	15 мм 150	172
34	Эфир этиловый монохлоруксусной кислоты	ОРУ 65—57 серия 12 чистый	$ClCH_2CO_2C_2H_5$	"	—26	144	122,55

Плотность		Коэф-фици-ент рефракции	Тем-пе-ра-тура само-воспла-мене-ния па-ров в возду-хе, °С	Тем-пе-ра-тура вспыш-ки по ГОСТ 1421-53, °С	Пределы воспламенения (взрываемости)				Давление па-ров в мм рт. ст. при темпе-ратурах, соот-ветствующих пределам воспламеняемости (взрываемости)		Теплота сгорания, ккал/моль
$d^{20}_{4/с\text{м}^3}$	паров по воз-духу				температур-ные, °С		концентраци-онные, %		ниж-нее	верх-нее	
					ниж-ний	верх-ний	ниж-ний	верх-ний			
—	—	—	—	+6	+6	+29	—	—	—	—	—
0,907	3,60	—	490	+31	+25	+43	1,03	2,48	7,85	18,85	1046
1,169	12,7	1,5549	680	+169	+169	+228	—	—	—	—	—
—	3,69	—	—	+175	—	—	—	—	—	—	—
1,029	7,32	1,5949	365	+150	+149	+209	—	—	—	—	—
1,010	6,15	1,4978	508	+112	+111	+169	—	—	—	—	—
1,050	7,13	1,5062	437	+128	+127	+189	—	—	—	—	—
1,010	4,98	1,4922	480	+85	+84	+150	—	—	—	—	—
0,869	4,00	1,3900	490	+20	+18	+46	—	—	—	—	—
1,117	5,05	1,4200	523	+79	+79	+127	—	—	—	—	—
0,986	6,63	1,4936	496	+124	+122	+173	—	—	—	—	—
0,767	4,5	1,4000	255	+27	+26	+64	—	—	—	—	—
0,751	3,51	1,3809	240	—16	—14	+18	1,17	6,74	8,97	51,43	—
0,785	5,46	1,4104	280	+48	+47	+75	0,78	2,74	5,84	20,56	—
1,269	5,94	1,5200	480	+82	+82	+115	—	—	—	—	—
1,1640	4,23	1,4223	467	+46	+43	+79	—	—	—	—	—

МОЛНИЕЗАЩИТА В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

(на примере Белгородской области)

Разряды молнии при отсутствии защиты от них вызывают пожары и разрушения зданий, могут явиться причиной гибели животных, а иногда и людей.

Распределение пожаров от разрядов молнии и убытков от них по видам и назначению зданий характеризуются данными, приведенными в нижепомещенной таблице.

Годы	Возникло пожаров, %			Убытки, %		
	по животноводческим фермам и строениям производственного комплекса	по жилым домам и прочим строениям в сельских населенных пунктах	по жилым домам в городах	по животноводческим фермам и прочим строениям производственного комплекса	по жилым домам и прочим строениям в сельских населенных пунктах	по жилым домам в городах
1954	98,25		1,75	—	—	—
1955	—	—	—	—	—	—
1956	28,4	68,19	3,41	93,6	5,8	0,6
1957	27,4	70,9	1,7	86,8	13,05	0,15
1958	20,0	79,86	0,14	86,8	13,14	0,06
1959	9,2	89	1,8	75,0	24,0	1,0
1960	11,1	85,73	3,17	72,2	24,8	3,0
1961	22,2	77,8	—	90,0	10,0	—
В среднем за 1 год	98,26		1,74	99,04		0,96

Большое количество пожаров, происходящих от разрядов молнии, объясняется следующим:

а) над территорией Белгородской области наблюдается значительная грозовая активность. Так, согласно климатическому справочнику СССР за 1949 г., грозовая активность в Белгородской области исчисляется в среднем 28 грозовыми днями в год. Были случаи, когда за каждый грозовой день возникало по шесть пожаров;

б) отсутствием молниезащиты многих зданий, особенно крытых легкогораемыми материалами (соломой, камышом);

в) неправильным устройством и эксплуатацией молниезащиты.

Значительные убытки, причиняемые пожарами от разрядов молний, объясняются наличием легкогораемых кровель на зданиях, недостаточными противопожарными разрывами между зданиями, что способствует быстрому распространению пожара на соседние здания; недостатком сил и средств тушения пожаров в сельских населенных пунктах и поздним оповещением о возникновении пожаров.

Обеспечение объектов молниезащитой начало осуществляться в области с 1954 г., когда Облисполком принял решение «О мерах предупреждения и борьбы с пожарами», в котором предписывалось руководителям предприятий, учреждений, колхозов, совхозов оборудовать здания и сооружения простейшими средствами молниезащиты.

За 1955—1958 гг. молниезащитой было обеспечено 3189 общественных построек колхозов и совхозов (из 18 000). Кроме того, в сельской местности молниезащитой было обеспечено свыше 4000 жилых домов.

С организацией в области ДПО, уставом которого предусматривалась организация хозрасчетных производственных предприятий по изготовлению и устройству молниезащиты, к строительству молниезащиты подключались рабочие бригады областного и районных ДПО.

Общими силами колхозов, совхозов и ДПО в 1959 г. молниезащитой было обеспечено 4201 объект; в 1960 г.—5201 объект, в 1961 г. — 6000 объектов.

Однако даже по приближенным данным ОПО УООП Белгородского облисполкома к 1962 г. в области еще не было обеспечено молниезащитой около 40—45% животноводческих ферм колхозов, 70% школ и 30% клубов.

Расчет молниезащиты и ее монтаж производятся не всегда правильно, не осуществляется проектирование молниезащиты с составлением технического проекта или рабочих чертежей.

За последние годы в Облмежколхозстрой и Управление совхозостроя области стали поступать типовые проекты животноводческих и других зданий, в которых предусматривается молниезащита. Однако вследствие отсутствия надлежащего контроля за новостройками со стороны Госпожнадзора объекты молниезащитой не обеспечиваются.

Эксплуатация молниезащиты в области находится в неудовлетворительном состоянии. Никаких документов по производству скрытых работ (устройство заземлителей), проверке в предгрозовую период состояния молниезащиты, актов приемки в эксплуатацию молниеотводов и т. п. не ведется. Исключением являются акты приема в эксплуатацию молниеотводов, устанавливаемых бригадами ДПО.

Отсутствием контроля за состоянием молниезащиты объясняется то, что в колхозах Шебекинского и Белгородского районов молниеотводы около отдельных зданий не имели контакта между токоотводами и заземлителями, а свободные концы токоотводов были заброшены на соломенные кровли зданий.

В Белгородской области применяются три варианта молниезащиты зданий:

- 1) отдельно стоящими стержневыми молниеотводами ($\sim 60\%$);
- 2) стержневыми молниеотводами, установленными на защищаемом здании ($\sim 38\%$);

3) тросовыми молниеотводами, установленными на защищаемом здании ($\sim 2\%$).

Первый и третий варианты молниезащиты выполняются в основном силами колхозов, а второй — рабочими бригадами областного и районных ДПО.

Рассмотрим основные недостатки молниезащиты в Белгородской области (аналогичные недостатки имеют место и в других областях).

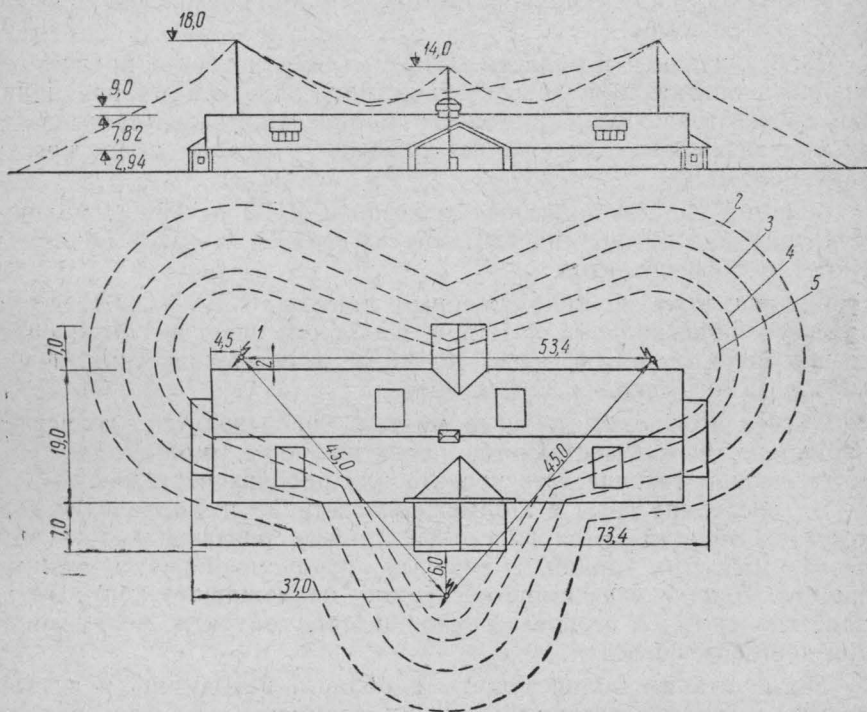


Рис. 1. Молниезащита коровника тремя отдельно стоящими стержневыми молниеотводами:

1 — молниеотвод; 2 — зона защиты на уровне карниза 2,94; 3 — зона защиты на уровне 5,55; 4 — зона защиты на уровне 7,82; 5 — зона защиты на уровне 9,0.

Наряду с улучшением практики проектирования молниезащиты зданий сельскохозяйственного назначения имеются много случаев, когда в типовых проектах молниезащита зданий не предусматривается. Так, в типовом проекте № 01—123—7 Гипросельхоза за 1960—1961 гг., нашедшем широкое применение в Белгородской и других областях, для здания коровника на 200 голов молниезащита не предусмотрена. Для данного здания могут быть рекомендованы два варианта молниезащиты:

1) тремя отдельно стоящими стержневыми молниеотводами (рис. 1);

2) при помощи четырех стержневых молниеотводов, расположенных на здании (рис. 2).

Расположение заземлителей молниеотводов предусматривается в 2 м от здания, потому что планировкой коровника предусмотрена стоянка животных в 3 м от стены здания. Кроме того, по условиям воздействия шаговых напряжений для животноводче-

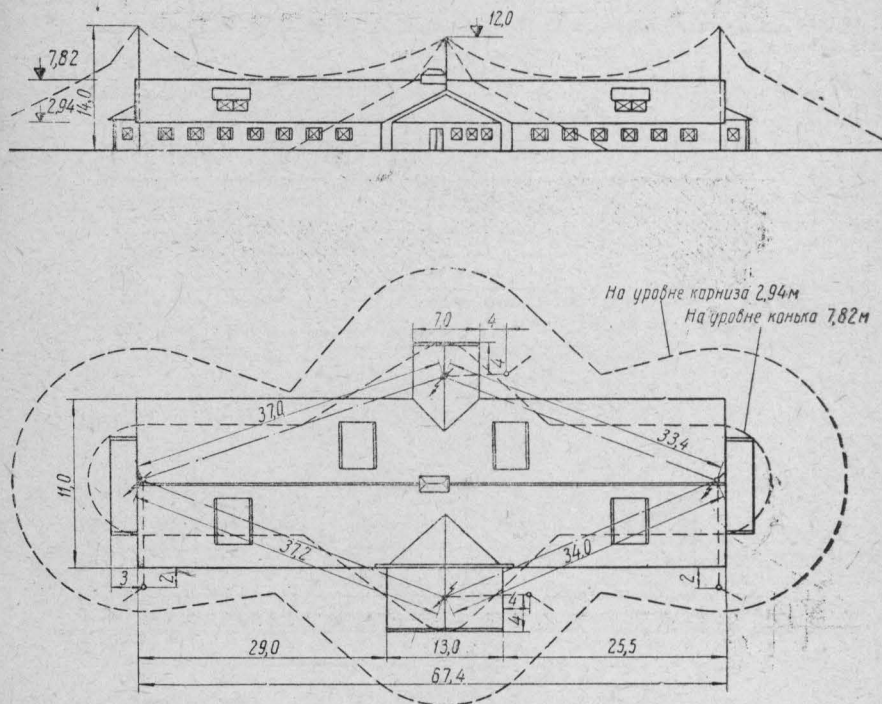


Рис. 2. Молниезащита коровника четырьмя стержневыми молниеотводами, расположенными на здании.

ских помещений можно считать допустимым закладку заземлителей вдоль наружных стен на расстоянии 0,8—1 м.

Стоимость строительно-монтажных работ в обоих вариантах будет примерно одинакова. Но во втором варианте несколько больше расход металла на токоотводы и на изготовление четвертого заземлителя, а в первом варианте в 4,5 раза больше расход лесоматериалов.

В ряде случаев типовыми проектами, реализованными в Белгородской области, была предусмотрена молниезащита, не отвечающая требованиям пожарной безопасности.

Так, в проекте № 3—60 за 1961 г. здания птичника на 5—6 тыс. маточного или 8—9 тыс. промышленного стада кур молниезащита предусмотрена двумя отдельно стоящими молниеотводами высотой 12 м (рис. 3, а). Но даже при наиболее благоприятном расположении таких молниеотводов зона защиты их покрыв-

васт менее 50% здания. Это здание может быть защищено двумя отдельно стоящими молниеотводами только при высоте их не менее 18 м (рис. 3, б).

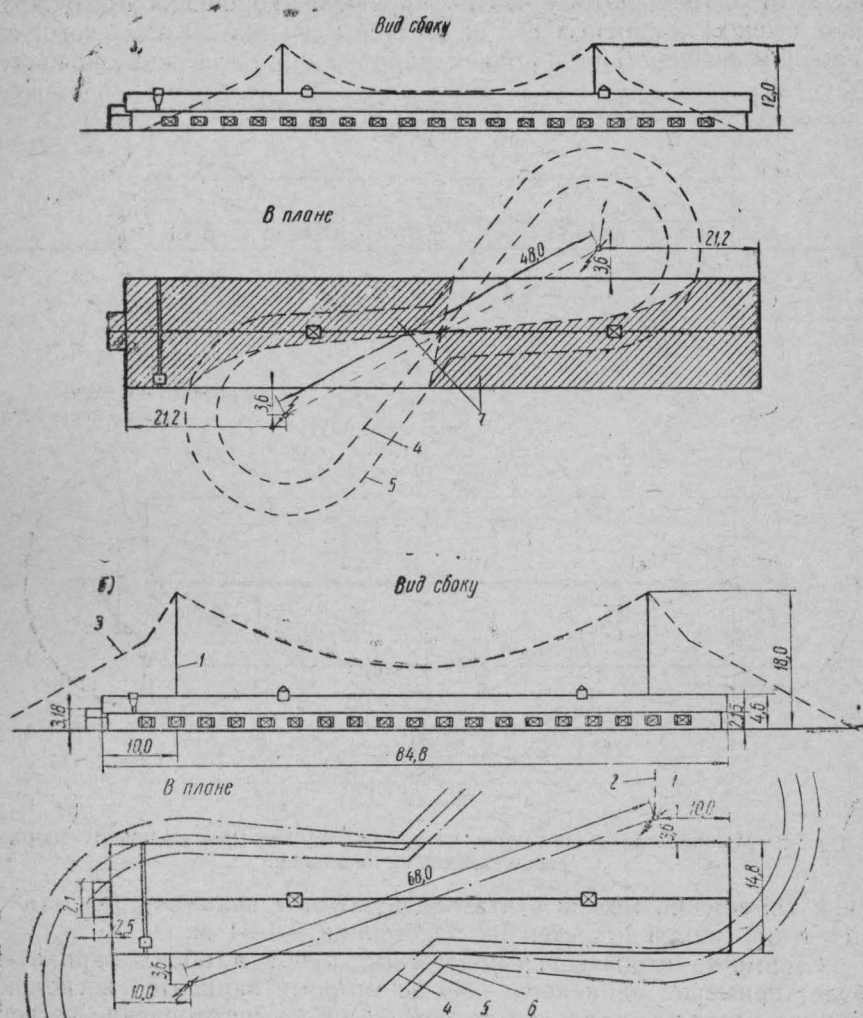


Рис. 3. Молниезащита птичника двумя отдельно стоящими молниеотводами: а — предусмотренная проектом; б — рекомендуемая; 1 — молниеотвод; 2 — заземлитель; 3 — зона защиты; 4 — зона защиты на уровне конька здания; 5 — зона защиты на уровне карниза здания; 6 — зона защиты на незащищенном уровне кровли пристройки; 7 — незащищенные части здания.

Неудачна с точки зрения экономической целесообразности и условий пожарной безопасности (особенно для зданий с легко-гораемыми кровлями) защита стержневыми молниеотводами, устанавливаемыми на зданиях по схемам, применяемым рабочими бригадами ДПО области и районов.

Простейшие подсчеты показывают, что даже оптимальный вариант молниезащиты с установкой молниеотводов на здании требует почти в два раза больше стального провода, чем при защите этого же здания отдельно стоящими молниеотводами. Рабочие же бригады ДПО расходуют в три раза больше стального провода, чем нужно. Это объясняется тем, что, не производя расчетов

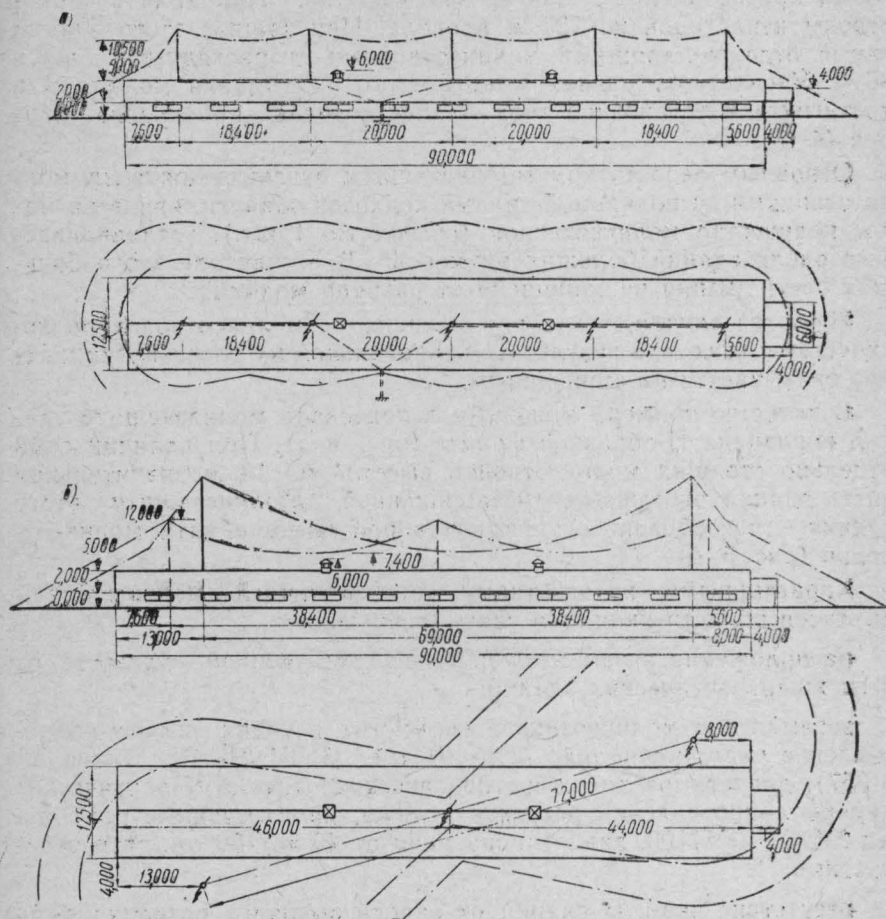


Рис. 4. Молниезащита здания птичника:
а — предусмотренная проектом; б — рекомендуемая.

и построения зон защиты, бригады устанавливают лишнее количество молниеотводов и неправильно прокладывают токоотводы. Причем даже при таком перерасходе дефицитного провода и лесоматериалов отдельные части зданий все же остаются незащищенными, а из-за большой протяженности токоотводов (более 56 м) создаются благоприятные условия для перекрытий (замы-

каний) при разряде молний на металлические конструкции здания.

Характерным примером строительства молниезащиты, осуществляемого бригадами ДПО, является молниезащита здания свинарника в Белгородском откормсовхозе (рис. 4, а). На кровле свинарника установлено пять молниеотводов, токоотводы от которых присоединены к одному заземлителю. При этом на токоотводы израсходовано 128 м провода. При защите этого здания двумя отдельностоящими молниеотводами израсходуется лишь 36 м. Удовлетворительная защита этого же здания может быть достигнута и установкой трех молниеотводов на кровле здания (4, б).

Основным недостатком молниезащиты отдельностоящими молниеотводами, выполняемой силами колхозов области, является малое количество молниеотводов (обычно по 1 шт.), устанавливаемых около зданий больших размеров. В результате этого большая часть здания не защищена от разряда молнии.

Имеются случаи, когда при излишестве молниеотводов по количеству и высоте, в результате неправильной их расстановки, здание оказывается незащищенным.

В качестве примера может быть приведена молниезащита здания коровника П-образной формы (рис. 5, а). При наличии семи отдельно стоящих молниеотводов высотой по 13 м значительная часть здания оказывается незащищенной. Молниезащиту этого здания целесообразно осуществлять при помощи пяти молниеотводов (рис. 5, б).

Характерными недостатками существующей молниезащиты объектов области являются также следующие:

расположение заземлителей в непосредственной близости от стен животноводческих зданий;

заземлители молниеотводов во многих случаях имеют сопротивление растеканию тока более 10 ом (ВСН 01—61, глава XI § 357), допустимое для животноводческих зданий. Практические замеры сопротивлений растеканию тока, произведенные приборами МС-08 и М1103, давали показания от 40 до 100 ом, что недопустимо;

отсутствие защиты зданий от заноса высокого потенциала по проводам воздушных сетей;

отсутствие окраски токоотводов и предохранения опор от загнивания, что приводит к уменьшению сечения токоотводов из-за коррозии и значительно сокращает долговечность опор;

отсутствие надлежащего контроля за состоянием молниезащиты;

не осуществляется контроль за состоянием заземлителей путем замеров сопротивлений растеканию тока или осмотром его путем раскопки.

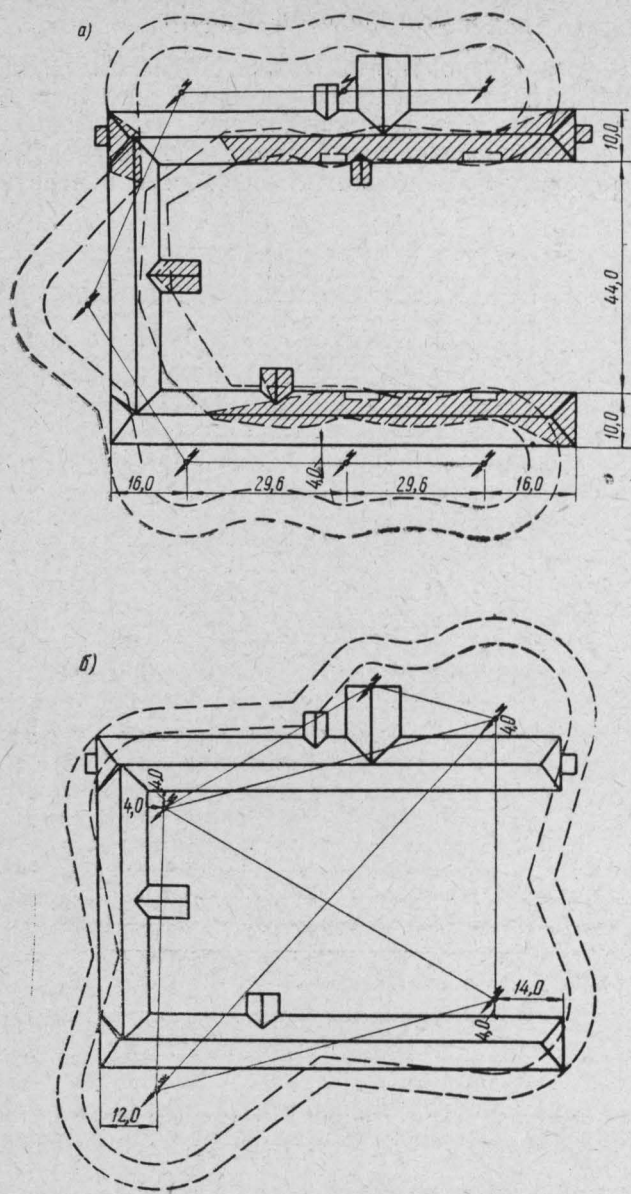


Рис. 5. Молниезащита здания коровника П-образной формы:
а — по проекту; б — рекомендуемая.

Организационно-технические мероприятия по уменьшению пожаров и убытков от разрядов молнии в Белгородской области

Рекомендуемые мероприятия можно с успехом использовать и в других областях с интенсивной грозовой деятельностью.

1. Учитывая, что большинство пожаров от грозовых разрядов произошло в животноводческих зданиях с легкосгораемыми кровлями, не имеющих молниезащиты, необходимо в первую очередь

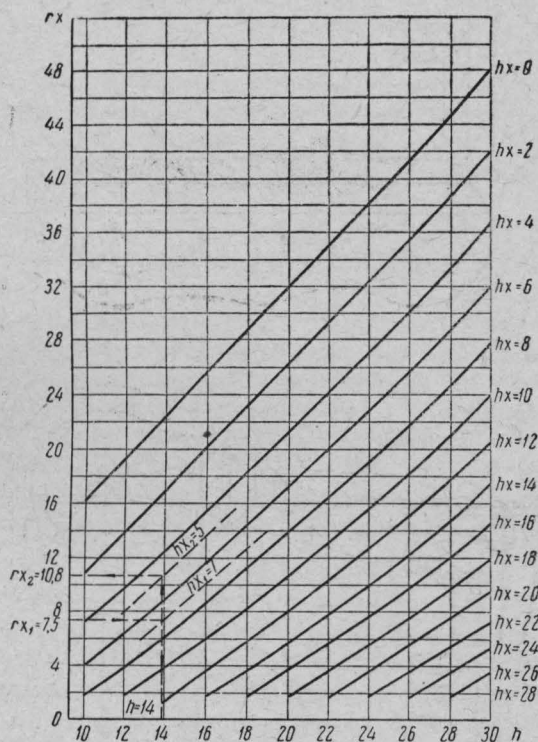
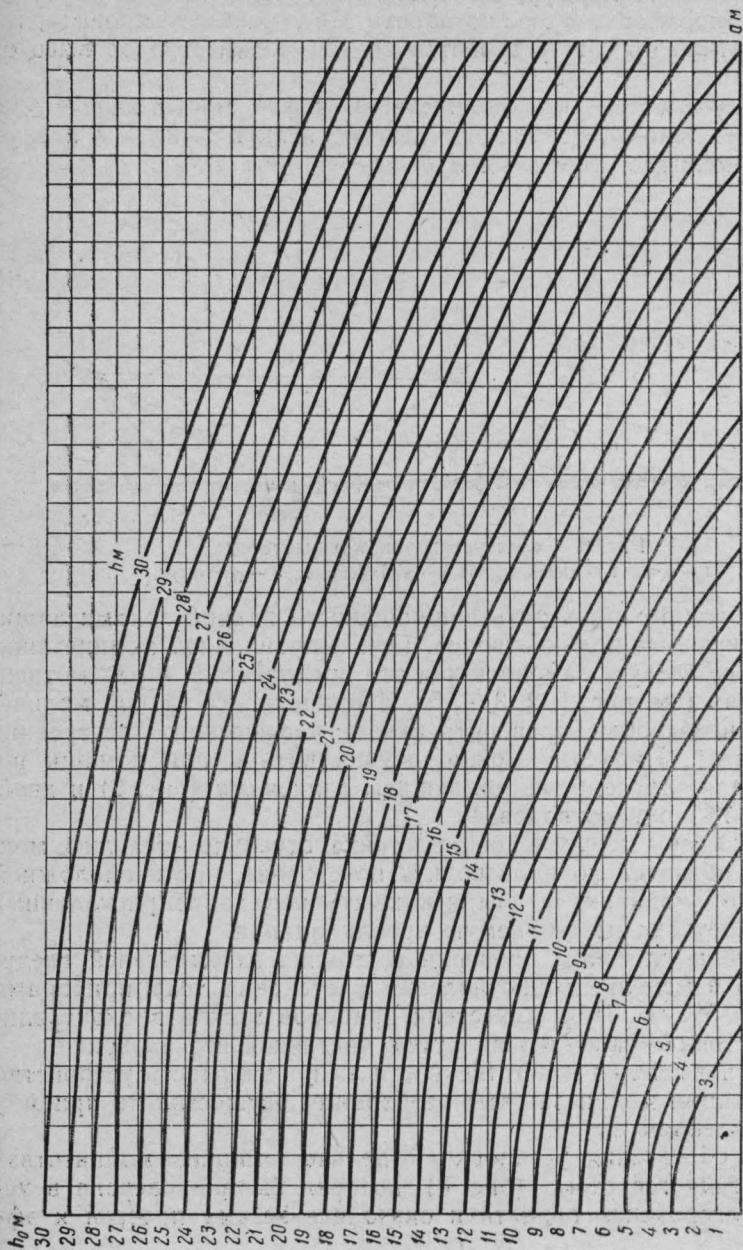


Рис. 6. Номограмма для определения высоты одиночных стержневых молниеотводов.

обеспечить молниезащитой именно эти здания. Осуществление этого мероприятия в условиях области возможно в течение одного года.

2. Молниезащиту животноводческих зданий рекомендуется выполнять при помощи отдельно стоящих молниеотводов, которые для сельской местности являются более целесообразными по экономическим показателям (меньший расход провода, а при некоторых решениях и древесины) и по условиям пожарной безопасности.



DM: 2,5 5 7,5 10 12,5 15 17,5 20 22,5 25 27,5 30 32,5 35 37,5 40 42,5 45 47,5 50 52,5 55 57,5 60 62,5 65 67,5 70 72,5 75 77,5 80 82,5 85 87,5 90 92,5 95 97,5 100

Рис. 7. Номаграмма для определения зон защиты двойных молибденов.

3. Провод, необходимый для молниезащиты, можно получить за счет ликвидации лишних молниеотводов или замены варианта молниезащиты. Например, только по четырем зданиям в Белгородском откормсовхозе можно изъять 376 м лишнего провода, которого хватило бы для устройства 15—20 молниеотводов высотой по 18 м.

4. Следует обеспечить молниезащитой все общественные здания (клубы, школы, больницы, детские ясли и т. п.), в первую очередь, имеющие сгораемые кровли.

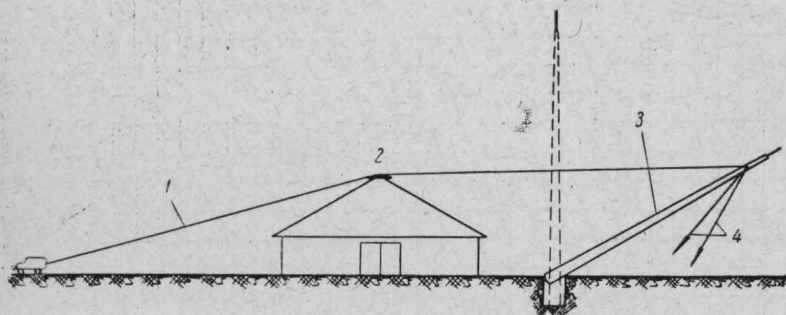


Рис. 8. Схема установки молниеотвода:

1 — трос; 2 — доска 4×25 ; 3 — молниеотвод; 4 — растяжки.

5. Необходимо проверять защищенность зданий зонами защиты существующих молниеотводов. При неправильной молниезащите зданий ее следует заменить как это предлагается в рассмотренных случаях (см. рис. 1, 2, 3, 4, 5). Защищенность зданий молниеотводами необходимо проверять путем графического построения зон защиты*. Проверку можно осуществить и при помощи номограмм для определения зон защиты одиночных (рис. 6) и двойных (рис. 7) молниеотводов.

6. Прокладку токоотводов по стойке отдельно стоящего молниеотвода обязательно производить по стороне, противоположной защищаемому зданию, чтобы исключить попадание раскаленных частей токоотвода на сгораемую кровлю здания.

7. Лучшим способом проверки состояния заземлителей следует считать измерение сопротивления растекания тока приборами МС-07 или МС-08. При отсутствии приборов можно проконтролировать состояние заземлителя путем частичной его раскопки.

8. Для повышения ответственности за правильность устройства и эксплуатации молниезащиты необходимо осуществлять приемку ее с оформлением актов.

9. Для облегчения установки отдельно стоящих молниеотводов рекомендуется схема (рис. 8), которая была проверена в условиях Белгородской области и оказалась весьма простой и эффективной.

* И. С. Стекольников, В. Н. Борисов, И. Г. Смирнов. Грозазащита зданий и сооружений в сельской местности. Изд-во МКХ РСФСР, 1957.

На кровлю здания по коньку для предотвращения повреждения кровли укладывается доска, длина которой равна шагу стропил. К вершине стойки молниеотвода крепится крюк, на который надеваются петли поднимающего троса и двух поддерживающих растяжек. Трос перебрасывается через доску на коньке крыши на другую сторону здания и крепится к автомашине или трактору, поднимающим молниеотвод. Для равновесия молниеотвода в плоскости подъема два человека поддерживают его двумя боковыми растяжками. После установки молниеотвода петли легко сбрасываются с крюка.

Данный способ установки молниеотводов рекомендуется применять в тех случаях, когда нет автокранов и других подъемных механизмов.

Ю. Г. ГУНБИН

Руководители дипломного проекта
П. Г. ДЕМИДОВ, М. В. КАЗАКОВ

ПРИМЕНЕНИЕ СМАЧИВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Наиболее распространенным огнегасительным средством, применяемым для тушения пожаров, является вода. Однако коэффициент использования ее при тушении пожаров крайне низок. Исследования, проведенные ЦНИИПО, показали, что коэффициент использования воды при тушении (из дренчера) синтетического и натурального каучука, триацетатной киноплёнки и древесины составляет 20—40%. Вода плохо смачивает многие твердые горючие вещества, не впитывается ими и стекает, особенно с вертикальных поверхностей.

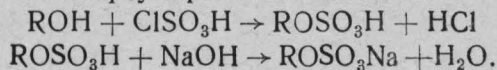
Одним из способов повышения коэффициента использования воды является добавка к ней небольших количеств поверхностно-активных веществ (смачивателей). Добавки смачивателей резко снижают поверхностное натяжение воды и увеличивают ее способность смачивать твердые горящие материалы. Водными растворами смачивателей успешно тушат хлопок, торф, древесину, бумагу, сажу, волокнистые и порошкообразные материалы и другие вещества, имеющие сильно развитую поверхность.

Краткие сведения о поверхностно-активных веществах (смачивателях)

Все смачиватели делятся на анионоактивные, неионогенные, катионоактивные.

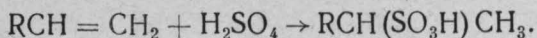
К анионоактивным смачивателям относятся сульфаты первичных и вторичных спиртов, алкилбензосульфаты и алкилсульфонаты, а также сульфонаты, получаемые сульфированием ароматических углеводородов, содержащихся в нефтяных фракциях.

Сульфаты первичных спиртов получают этерификацией первичных жирных спиртов (с числом углеродных атомов в цепи 12—18) серной и хлорсульфоновой кислотами:



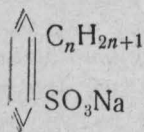
В СССР получают высшие жирные спирты из кашалотового жира и на их основе — алкилсульфаты.

Вторичные алкилсульфаты получают сульфированием серной кислотой олефинов, образующихся при высокотемпературном крекинге парафинов:



Алкилбензосульфонаты представляют собой соли сульфокислот. Обычно это смеси соединений с общей формулой $RC_6H_4SO_3Na$, где R — алкильная группа, содержащая в среднем 12—14 атомов углерода. В СССР алкилбензосульфонаты носят название сульфонолов. В качестве смачивателей применяют сульфонол НП-1 и сульфонол Б.

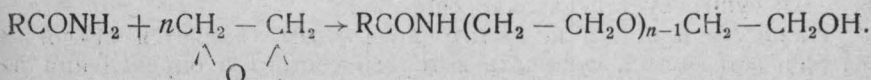
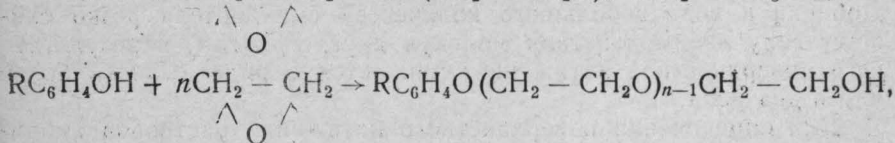
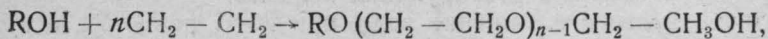
Сульфонол НП-1 представляет собой смесь натриевых солей алкилбензолсульфокислот с алкильными остатками, содержащими в основном 12 атомов углерода:



Сульфонол НП-1 — по внешнему виду порошок или паста от светло-желтого до светло-коричневого цвета, устойчив при хранении, упаковывается в стальные бочки (для пасты), в бумажные мешки (для порошка).

Сульфонол Б по составу близок к составу сульфονала НП-1. В нем алкильные остатки содержат 12—14 атомов углерода. Внешний вид — пластинки или зерна от желтого до светло-коричневого цвета, хранится в крафтцеллюлозных мешках.

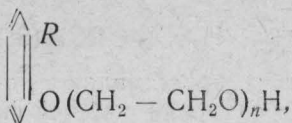
К группе неионогенных смачивателей относятся производные окиси этилена. Окись этилена легко присоединяется к органическим соединениям, имеющим подвижный атом водорода. Схемы получения неионогенных смачивателей из различных классов органических соединений следующие:



Из всех неионогенных смачивателей в настоящее время производят в промышленных масштабах продукты окислэтилирования, известные под названием эмульгатор ОП-4, вспомогательные вещества ОП-7 и ОП-10, препарат ОС-20.

Вспомогательное вещество ОП-7 представляет собой продукт реакции семи молей окиси этилена и смеси моно- и диалкилфено-

лов с алкильными остатками, содержащими 8—10 атомов углерода



где R — алкильный остаток, содержащий 8—10 атомов углерода;
 n — в среднем равно 7.

ОП-7 — маслянистая жидкость или паста от светло-желтого до светло-коричневого цвета, в воде растворима, переводится в стальных бочках.

Вспомогательное вещество ОП-10 по своим свойствам аналогично ОП-7.

Катионактивные смачиватели нашей промышленностью производятся в значительно меньших размерах, чем анионактивные и неионогенные. Поэтому применение их для тушения пожаров маловероятно.

Поверхностное натяжение водных растворов смачивателей

При выборе смачивателей для тушения пожаров в первую очередь необходимо ориентироваться на поверхностное натяжение их водных растворов. Чем меньше поверхностное натяжение раствора при одном и том же количестве смачивателя в нем, тем больший эффект будет достигаться при тушении пожара.

Поверхностное натяжение определяет также величину капель при распылении раствора смачивателя. С понижением поверхностного натяжения раствора уменьшается величина капель и увеличивается их общая поверхность. Это ведет к увеличению скорости испарения, снижению температуры пожара, быстрому осаждению дыма и разбавлению реагирующих веществ.

Поверхностное натяжение воды при 20°C равно 72,75 эрг/см². Добавка к воде небольшого количества смачивателя резко снижает силу взаимодействия молекул друг с другом, в результате чего поверхностное натяжение снижается в ряде случаев более чем в два раза.

Для определения поверхностного натяжения растворов смачивателей существует несколько способов.

Наиболее простым и достаточно точным является сталогмометрический метод, сущность которого состоит в определении веса капли, образующейся при медленном вытекании жидкости из круглого отверстия.

Вес капли в момент отрыва равен силе поверхностного натяжения, стремящегося удержать каплю. Найденные этим методом значения поверхностного натяжения водных растворов исследованных смачивателей при различных концентрациях приведены в табл. 1.

Таблица 1

Поверхностное натяжение растворов в зависимости от концентрации смачивателя

Наименование смачивателя	Концентрация, % по весу					
	2,0	1,0	0,5	0,25	0,125	0,0625
Сульфенол НП-1	26,6	27,9	28,4	29,1	32,3	40,8
Сульфенол НП-5	28,0	28,0	28,4	32,3	37,2	46,5
Сульфенат партии 101	29,1	30,2	30,8	31,9	34,2	39,2
Сульфенат партии 126	28,1	28,6	29,5	31,1	32,8	35,8
Сульфенол Б	30,9	31,7	31,9	33,1	35,3	39,5
Эмульгатор ОП-4	30,2	31,4	32,8	35,2	36,4	38,8
Пенообразователь ПО-1	32,0	34,8	40,1	—	—	—
Вспомогательное вещество ОП-7	31,1	31,7	31,8	32,4	34,3	37,0
Вспомогательное вещество ОП-10	31,9	32,3	33,4	34,8	35,6	40,8
Препарат ОС-20	39,5	40,1	40,8	41,6	42,7	44,8

Данные табл. 1 показывают, что наименьшее поверхностное натяжение имеют растворы смачивателей НП-1, НП-5, сульфената партии 126 и эмульгатора ОП-4. Эти смачиватели снижают поверхностное натяжение воды более чем в два раза.

При выборе смачивателей для тушения пожаров, кроме величины поверхностного натяжения, важно знать смачивающую способность растворов, т. е. время в течение которого происходит проникновение раствора через слой хлопчатобумажной ткани (метод ЦНИИПО).

В табл. 2 приведены данные по смачивающей способности растворов (время смачивания дано в сек.).

Таблица 2

Смачивающая способность растворов в зависимости от концентрации смачивателя

Наименование смачивателя	Концентрация, % по весу					
	2,0	1,0	0,5	0,25	0,125	0,0625
Сульфенол НП-1	3,0	3,8	5,7	13,2	77,4	>600
Сульфенол НП-5	2,7	4,7	11,7	79,3	498,1	>600
Сульфенат партии 101	3,4	4,4	7,2	14,8	72,3	>600
Сульфенат партии 126	5,0	5,3	8,5	15,8	35,4	111,6
Сульфенол Б	9,1	12,3	20,0	42,6	174,2	>600
Эмульгатор ОП-4	9,4	20,0	47,6	108,4	223,8	>600
Пенообразователь ПО-1	24,2	172,6	600	—	—	—
Вспомогательное вещество ОП-7	20,3	29,2	42,2	84,4	169,8	529,9
Вспомогательное вещество ОП-10	41,7	48,7	71,8	159,2	184,7	>600
Препарат ОС-20	505,3	527,5	537,5	600	—	—

Из табл. 2 видно, что при уменьшении концентрации смачивателя в растворе время смачивания увеличивается.

Время смачивания зависит и от поверхностного натяжения растворов. Те смачиватели, у растворов которых меньшее поверх-

нострое натяжение, имеют в большинстве случаев и небольшое время смачивания.

Если наименьшее время смачивания условно принять 10 сек., то можно определить соответствующие ему концентрации смачивателей в растворе и дать сравнительную оценку их. Эти данные приведены в табл. 3, причем концентрация сульфанола НП-1, являющаяся наименьшей, принята за единицу.

Таблица 3

Сравнительная оценка смачивающей способности смачивателя

Наименование смачивателя	Концентрация в % по весу, соответствующая времени смачивания—10 сек.	Сравнительная оценка смачивателей	Наименование смачивателей	Концентрация в % по весу, соответствующая времени смачивания—10 сек.	Сравнительная оценка смачивателей
Сульфанола НП-1 . . .	0,29	1,0	Эмульгатор ОП-4 . . .	1,91	6,6
Сульфанола НП-5 . . .	0,31	1,03	Пенообразователь ПО-1	3,17	10,9
Сульфонат партии 101 . . .	0,38	1,31	Вспомогательное вещество ОП-7 . . .	2,0	—
Сульфонат партии 126 . . .	0,43	1,48	Вспомогательное вещество ОП-10 . . .	2,0	—
Сульфанола Б	1,54	5,3	Препарат ОС-20	2,0	—

По данным табл. 2 построен график (рис. 1), показывающий зависимость времени смачивания τ от концентрации раствора C . Из этого графика видно, что кривые $\tau = f(C)$ при $\tau = 10$ сек. имеют

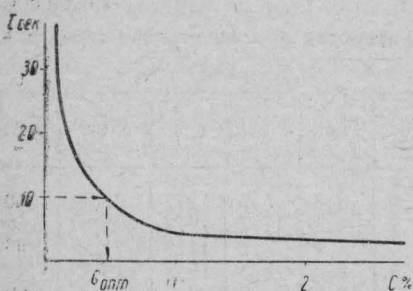


Рис. 1. График зависимости времени смачивания от концентрации раствора.

точку перегиба, т. е. при увеличении концентрации от этой точки время смачивания уменьшается незначительно, а при уменьшении концентрации — резко возрастает.

Таким образом, принятое время смачивания $\tau = 10$ сек. является оптимальным и увеличивать его экономически нецелесообразно. Нецелесообразно также уменьшать концентрацию, так как это ведет к снижению эффективности тушения.

Анализируя величины поверхностного натяжения растворов смачивателей и время смачивания, можно установить, что для тушения пожаров лучшими смачивателями являются сульфанола НП-1 и НП-5, а также сульфонаты. Оптимальная концентрация их в растворе находится в пределах от 0,3 до 0,5% по весу.

Результаты лабораторных опытов по тушению древесины растворами смачивателей

В лабораторных опытах использовался 0,5%-ный раствор сульфонола НП-1, как имеющий наименьшее поверхностное натяжение и время смачивания. Опыты были поставлены с целью определения времени воспламенения древесины после тушения ее водой и раствором смачивателя, скорости охлаждения древесины в процессе тушения и влияния смачивателей при защите сгораемых объектов от действия лучистой теплоты.

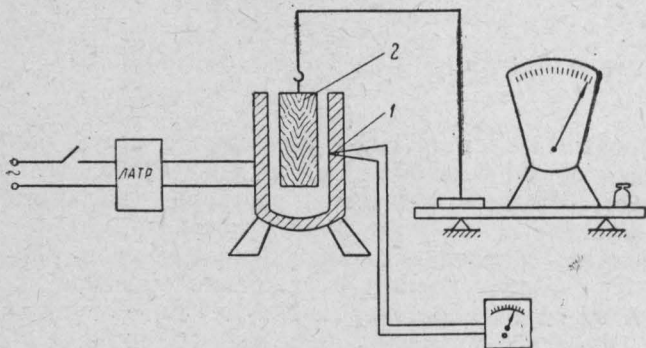


Рис. 2. Схема лабораторной установки.

Во всех трех сериях опытов применялись образцы древесины (сосны) размером $4 \times 4 \times 10$ см с влажностью 8—10%. Опытная установка (рис. 2) состояла из электрической тигельной печи, термомпары, вмонтированной в стенку печи, потенциометра и весов. Температура тигельной печи во всех опытах поддерживалась на уровне 600°C .

Образец сухой древесины помещался в тигельную печь, где он загорался и горел до потери половины своего веса. Горящий, обуглившийся образец далее помещался на 3 сек. в стакан с водой или раствором смачивателя. До и после тушения образец взвешивали с целью определения приращения веса за счет поглощения огнегасительной жидкости.

Потушенный образец после взвешивания снова помещался в тигельную печь до повторного воспламенения.

В табл. 4 приведены результаты опытов по тушению образцов древесины водой, растворами сульфонола НП-1 и пенообразователя ПО-1.

Из табл. 4 видно, что при тушении растворами смачивателей количество поглощаемой образцом огнегасительной жидкости увеличивается. Это явление вполне понятно, учитывая свойства растворов смачивателей. Вероятно, и время тушения раствором смачивателя НП-1 в $\frac{15,1}{8,6} = 1,75$ раза меньше времени тушения водой.

Время повторного воспламенения потушенной древесины

Огнегасительная жидкость	Время воспламенения сухого образца, сек	Разность температур огнегасительной жидкости до и после тушения, °С	Вес огнегасительной жидкости в образце после тушения, г	Время воспламенения образца после тушения, сек.
Вода	117	2,3	8,6	283
4%-ный раствор пенообразователя ПО-1	117	1,63	11,9	330
0,5%-ный раствор сульфанола НП-1	117	1,75	15,1	426

Полупроцентный раствор НП-1 увеличивает время повторного воспламенения образца на 50%. Это явление связано с поглощением образцом большего количества раствора смачивателя, чем воды и показывает на лучшую защиту древесины от повторного воспламенения по сравнению с защитой при тушении водой.

В табл. 5 показана скорость охлаждения образцов древесины при тушении их водой и раствором НП-1. Температуру замеряли в центре образца.

Таблица 5

Скорость охлаждения образца древесины при тушении

Прогрев сухого образца						Охлаждение в воде								
Температура, °С	20	40	60	80	100	120	140	160	140	120	100	80	60	40
Время, сек. . .	185	257	289	380	488	32	70	112	193	248	298	368	437	517

Прогрев сухого образца						Охлаждение в растворе НП-1								
Температура, °С	20	40	60	80	100	120	140	160	140	120	100	80	60	40
Время, сек. . .	185	257	289	380	488	30	52	—	97	178	235	284	348	439

Из данных табл. 5 видно, что древесина при горении прогревается очень медленно. Температура 100°С в центре образца при толщине прогреваемой стенки в 17 мм наступает только через 8 мин.

Средняя скорость прогрева древесины

$$\bar{V} = \frac{t}{\tau_H} = \frac{100}{488} = 0,205 \text{ град/сек.}$$

При погружении горящего образца в воду или в раствор смачивателя температура в центре его вначале поднимается от 100 до 140—160°С, затем медленно понижается. При тушении водой средняя скорость охлаждения равна 0,116 град/сек, при тушении раствором НП-1 — 0,137 град/сек.

$$\bar{V}_{o.в} = \frac{t - t_k}{\tau_{o.в}} = \frac{100 - 40}{517} = 0,116 \text{ град/сек};$$

$$\bar{V}_{o.р} = \frac{t - t_k}{\tau_{o.р}} = \frac{100 - 40}{439} = 0,137 \text{ град/сек},$$

где $\bar{V}_{o.в}$, $\bar{V}_{o.р}$ — средние скорости охлаждения древесины соответственно при тушении водой и раствором смачивателя;

t , t_k — температура в центре образца в начале и конце охлаждения;

$\tau_{o.в}$, $\tau_{o.р}$ — время охлаждения при погружении в воду и раствор НП-1.

Из отношения $\frac{\bar{V}_{o.в}}{\bar{V}_{o.р}} \times 100 = \frac{0,137}{0,116} \times 100 = 11,8\%$ видно,

что средняя скорость охлаждения древесины при тушении раствором НП-1 на 11,8% больше, чем при тушении водой.

Для выяснения влияния смачивателей на размер капель при распылении огнегасительного средства были проведены сравнительные опыты по распылению воды, 0,5%-ного раствора НП-1 и 4%-ного раствора пенообразователя ПО-1.

Результаты опытов приведены в табл. 6.

Таблица 6

Размеры капель при распылении воды и растворов смачивателей

Огнегасительная жидкость	Размеры капель, мк								
	50 и менее	50—100	100—150	150—200	200—250	250—300	300—350	350—400	400—450
	% от общего числа капель								
Вода	8	30	35	18	4,9	2,0	1,1	0,6	0,4
4%-ный раствор ПО-1	44	32	10	5	3,9	3,0	1,0	0,7	0,4
0,5%-ный раствор НП-1	50	25	15	3	5,8	0,8	0,4	—	—

Данные табл. 6 показывают, что наиболее мелкие капельки получаются при распылении 0,5% раствора НП-1. Капель у раствора НП-1 в 5—6 раз больше, а капель размером 250—450 мк в 3—4 раза меньше, чем у воды.

Таким образом, лабораторные опыты показывают, что растворы смачивателей более эффективны не только при тушении древесины компактными струями, но и должны быть более эффективными при тушении распыленными струями.

Опыты по тушению деревянных зданий 0,4%-ным раствором сульфонола НП-1

Для проверки влияния добавок смачивателей к воде на ее огнегасительную способность были проведены опыты по тушению деревянных зданий.

Объектами тушения были два двухэтажных бревенчатых здания, обшитые тесом.

Кровля зданий сгораемая. В момент опытов здания не имели оконных рам, дверных полотнищ, перегородок, местами простенков, полов. Поджог зданий производился бензином.

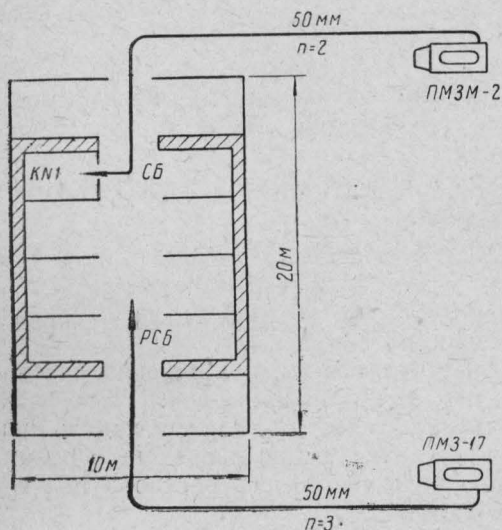


Рис. 3. План здания № 1 и схема расстановки стволов.

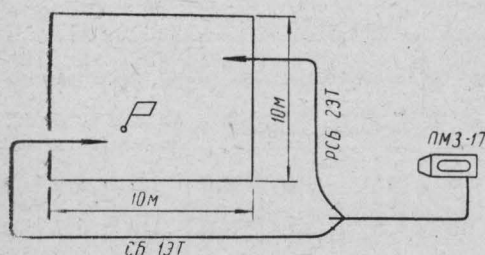


Рис. 4. План здания № 2 и схема расстановки стволов.

Тушение здания № 1. Общая площадь первого этажа здания 200 м², а комнаты № 1—15 м². Поджог был произведен в первом этаже в комнате № 1 (рис. 3). Время свободного горения 10 мин. Тушение пожара в пределах первого этажа велось двумя стволами Б. Из них ствол СБ был подан в комнату № 1, ствол РСБ использовали для ликвидации горения на остальной площади. В комнате № 1 горение было ликвидировано за 32 сек., а на остальной площади за 280 сек.

Расход 0,4%-ного раствора НП-1 составил 1510 л.

Интенсивность подачи раствора на тушение

$$I_1 = \frac{Q_1}{\tau_1 F_1} = \frac{1510}{280 \times 200} = 0,027 \text{ л/сек} \cdot \text{м}^2,$$

где I_1 , Q_1 , F_1 — соответственно интенсивность подачи раствора, расход раствора и площадь первого этажа.

Тушение здания № 2. План здания и позиция стволов показаны на рис. 4. Время свободного горения 10 мин. Перед началом тушения здание полностью было охвачено огнем. Пламя выбивало во все оконные проемы, у карниза и через прогары кровли. Тушение здания проходило в два этапа. На первом этапе была достигнута локализация пожара на первом этаже. На втором этапе ликвидировано горение на втором этаже стволом РСБ.

Время тушения здания в целом 400 сек., расход раствора $Q_2 = 1360$ л, площадь одного этажа 100 м^2 .

Тогда

$$I_2 = \frac{Q_2}{\tau_2 F_2} = \frac{1360}{400 \times 100} = 0,034 \text{ л/сек} \cdot \text{м}^2,$$

Сравнивая полученные интенсивности подачи раствора на тушение с рекомендуемой ЦНИИПО минимальной интенсивностью подачи воды на тушение твердых материалов ($0,06 \text{ л/сек} \cdot \text{м}^2$), можно сделать вывод, что добавка смачивателей к воде в два раза уменьшает интенсивность подачи ее на тушение. При этом время тушения также сокращается.

Опыт гарнизонов пожарной охраны по применению смачивателей для тушения пожаров

В гарнизоне пожарной охраны г. Уфы применялся для тушения пожаров смачиватель ОП-7. Концентрация водного раствора ОП-7 была принята 1,5%. Рабочий раствор готовился в отдельной емкости в предварительно подогретой до 50°C воде и после тщательного перемешивания заливался в цистерну ПМЗ-13.

Водный раствор ОП-7 использовался на 16 пожарах, из которых 7 пожаров были незначительными и определить эффективность раствора в тушении было трудно.

Наиболее характерные результаты были получены при анализе девяти пожаров. Так, например, на пожаре жилой квартиры (площадь горения — 22 м^2) огонь был сбит в течение 3—4 мин. одним стволом РСБ. При этом отмечено, что диван, ковры, постель и деревянные конструкции после сбития огня даже не имели очагов тления, которые бывают обычно при тушении водой.

Хорошая эффективность водного раствора ОП-7 была обнаружена при тушении здания мечети, выполненного из бревен, снаружи обшитого тесом. Наружные стены мечети ежегодно окрашивались масляными красками, слой краски на обшивке местами достигал 5—7 мм. К моменту прибытия пожарных подразделений здание мечети было полностью охвачено огнем. Участок мечети, который тушили раствором ОП-7 сохранился, в то время как другие участки, для тушения которых применялась вода, имели значительные повреждения.

Ночью в одном из деревянных зданий начался пожар на чердаке. К моменту прибытия автоцистерны с раствором смачивателя ОП-7 пожар был открытым. Двумя стволами РСБ от автоци-

стерны горение на чердаке площадью 170 м^2 было полностью ликвидировано.

Аналогичные результаты были отмечены при тушении открытых пожаров жилых домов, надворных построек и других объектов.

В гарнизоне пожарной охраны Ленинграда в 1961—1962 гг. испытывался 0,5%-ный раствор смачивателя сульфонола ПН-1. Сведения о наиболее характерных пожарах, потушенных раствором смачивателя, приведены в табл. 7.

Таблица 7

Сведения о пожарах, потушенных раствором сульфонола ПН-1

Что горело	Расход раствора, л	Время тушения, мин.	Удельный расход, л/м ²	Интенсивность, л/м ² · сек.
Хлопок в кипах, 30 шт. вес кипы 200 кг. Общая площадь тушения 30 м^2	2150	20	11,7	0,06
Метилловый эфир-нафтола и вискозное масло на площади 20 м^2	1200	15	60	0,067
Перекрытие 3-го этажа. Перегородки 3-го и 4-го этажей. Площадь горения 50 м^2	2000	11	40	0,04
Деревянный барак площадью 2000 м^2 . Раствором смачивателя потушено на площади 600 м^2	1500	30	2,5	0,003
Шкафы с газетами, фототекой, кожаная драпировка на площади 40 м^2 , стеллаж с книгами	1000	40	25	0,05
Вата в кипах на площади 65 м^2 и покрытие на такой же площади. Раствором ПН-1 потушено 26 кип ваты и $17\text{—}20 \text{ м}^2$ покрытия	2150	18	63	0,050

Из данных табл. 7 видно, что интенсивность подачи раствора в ряде случаев была меньше минимальной интенсивности, установленной для тушения пожаров водой ($0,06 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$). Однако это различие незначительно и не показывает высокой эффективности тушения растворами смачивателей. Такое положение объясняется тем, что ствольщики еще не приспособились к новым условиям тушения и расходуют раствора больше, чем нужно. Кроме того, при тушении пожаров растворами смачивателей следует использовать стволы с диаметром spryska меньше 13 мм , а таких стволов на вооружении пожарных частей нет.

Как известно, при тушении небольших пожаров с площадью горения не больше $20\text{—}30 \text{ м}^2$ интенсивность подачи воды всегда значительно выше $0,06 \text{ л/м}^2 \cdot \text{сек}$. Это, как видно, сказалось также и на интенсивностях подачи растворов смачивателей, так как площади горения на пожарах, приведенных в табл. 7, были небольшие.

При беседах с личным составом, принимавшим участие в тушении пожаров раствором смачивателя, было отмечено, что локализация пожаров во всех случаях достигалась меньшими усилиями, чем при тушении водой, и в кратчайшее время. При этом не было ни одного случая повторного воспламенения горящих объектов. Отпадала необходимость тщательной разборки перегородок, перекрытий и других сгораемых конструкций, кип ваты, пачек бумаги, так как отсутствовали очаги тления после сбития пламени. При тушении растворами смачивателей не портились одежда, книги и т. п. Небольшой белый налет, остающийся на полированной мебели, после высыхания легко удалялся тряпкой.

При работе распыленными струями быстро снижалась задымленность помещений и отпадала необходимость пользоваться осветительными приборами. В ряде случаев даже отпадала необходимость пользоваться кислородно-изолирующими противогазами.

Таким образом, не только лабораторные опыты, но и практика тушения реальных пожаров показывает, что имеется возможность повысить коэффициент использования воды, при этом уменьшится не только расход ее на тушение, но и время тушения.

Задача в настоящее время состоит в том, чтобы найти более эффективный и экономичный смачиватель и снабдить им гарнизоны пожарной охраны.

Н. П. АНДРЕЕНКО
Руководитель дипломного проекта
канд. техн. наук
Н. А. ТАРАСОВ-АГАЛАКОВ

ОБОСНОВАНИЕ РАДИУСА ВЫЕЗДА ПОЖАРНЫХ ЧАСТЕЙ (КОМАНД) И ЧИСЛЕННОСТИ ОПЕРАТИВНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ ГОРОДОВ

Успешное тушение пожаров зависит от правильной организации пожарной охраны, своевременного прибытия первой пожарной помощи и сосредоточения необходимого количества сил и средств.

В данной статье излагаются некоторые соображения по нормированию времени прибытия пожарных частей, исходящие из действительных скоростей движения пожарных автомобилей в условиях города и длительности начальной фазы пожара, а также по количеству оперативных отделений в зависимости от численности населения и количества одновременных пожаров.

При обосновании времени прибытия первой пожарной помощи следует исходить из фактических скоростей движения пожарных

автомобилей в условиях города и выяснению допустимого времени прибытия первой пожарной помощи, а также из анализа начальной стадии (первой фазы) пожара и сопоставления допустимого времени прибытия первой пожарной помощи со временем длительности начальной стадии пожара.

Время прибытия пожарных команд к месту пожара складывается из времени, необходимого для сбора личного состава ка-

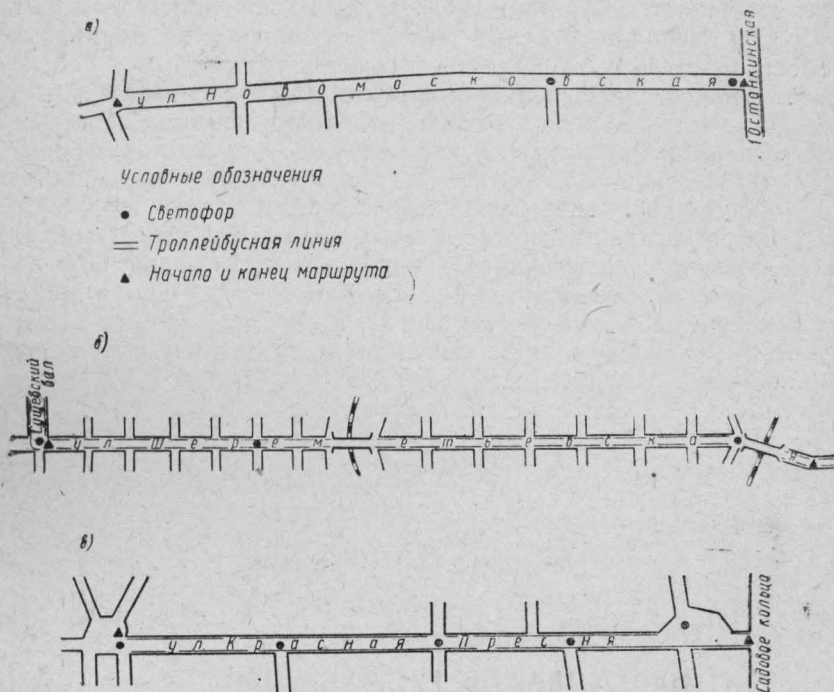


Рис. 1. Схема маршрута движения:

а — по Новомосковской ул.; б — по Шереметьевской ул.; в — по ул. Красная Пресня.

раула по тревоге и выезда из пожарного депо, и времени, в течение которого пожарные подразделения находятся в пути следования. На это время оказывает влияние интенсивность движения, состояние дорог, их ширина, размеры городских кварталов, наличие светофоров и другие факторы.

В Куйбышеве, Москве, Пензе и Свердловске была проведена экспериментальная работа по изучению скорости движения пожарных автомобилей при различных условиях движения. В процессе эксперимента было установлено, что пожарные автомобили не всегда имеют возможность использовать имеющиеся преимущества из-за низкой динамичности, объясняемой недостаточной мощностью двигателя и максимальным использованием грузо-

подъемности шасси автомобиля, а также из-за боязни столкновения с автомобилями и пешеходами при переезде перекрестков.

Естественно, что с выпуском новых грузовых автомобилей с двигателями мощностью 120—130 л. с. (следовательно, и пожарных автомобилей) можно ожидать некоторого увеличения скорости, однако вряд ли она будет выше 60 км/час.

При проведении экспериментальной работы предпочтение отдавалось автоцистернам на шасси автомобилей новых марок ЗИЛ-150 и ЗИЛ-151 как автомобилям первой пожарной помощи.

Для проведения замера скоростей движения было выбрано 19 маршрутов, предварительно замеряли их протяженность по спидометру и вычерчивали маршрутные карты с указанием всех особенностей маршрута. Образцы маршрутных карт показаны на рис. 1, а полученные экспериментальные данные действительных скоростей движения пожарных автомобилей в условиях города в зависимости от ширины проезжей части и интенсивности движения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Условия движения	Время суток	Ширина улицы по условиям движения (рядность)	Интенсивность движения в одном направлении, а/час	Действительная скорость движения, км/час	Максимальная скорость движения по спидометру, км/час
Улицы с трех- и более рядным движением в одном направлении	Днем	5	1897	45	
	"	4	1897	40,5	
	"	4—5	1897	43	55
	Ночью	4—5	—	49	60
	Днем	3—6	2838	26,5	35
	Ночью	3—6	—	35	45
	Днем	3	2838	20	
	"	5	2838	25	
Улицы с двухрядным движением в одном направлении	"	6	2838	31	
	Днем	2	556	35	50
	Ночью	2	—	46	55
	Днем	2	394	30	50
	"	2	417	31,5	45
	"	2	391	29	45
Улицы с одnorядным движением в одном направлении (основные магистрали)	Днем	1	527	28	40
	Ночью	1	—	42	50
	Днем	1	1032	23	35
	Ночью	1	—	42	45
	Днем	1	480	35	45
	Ночью	1	—	40	45
	Днем	1	378	28	40
	"	1	674	21	45
	"	1	229	22	45
	"	1	233	20	40
	"	1	304	28	45
	"	1	381	30	45
Улицы с движением на подъеме: с уклоном 9° с уклоном 5°	Днем	1	227	24,5	40
	"		—	10	—
			—	26	—

Произведенные наблюдения позволили выяснить действительные скорости движения, которые отнесены к единичным потокам. На графике (рис. 2) приведена зависимость скорости движения автомобилей от напряженности единичного потока.



Рис. 2. График зависимости скорости движения автомобилей от напряженности.

Исходя из анализа движения городского нерельсового транспорта, можно сделать вывод, что скорость автотранспорта в условиях напряженного городского движения изменяется в широких пределах (табл. 2). Для определения длительности первой фазы пожара (пожар условно (рис. 3) разбит на три фазы, при этом первая фаза развития пожара не сопровождается еще интенсивным горением и значительным повышением температуры в помещении, не выше 200—250° С) были изучены материалы экспериментальных пожаров и огневых испытаний фрагментов крупнопанельных зданий при загрузке помещений сгораемыми материалами 50 и 100 кг/м². Всего было проанализировано девять опытных пожаров. Нарастание температуры в объеме помещений характеризуется данными испытаний, проведенных ЦНИИПО.

Таблица 2

Условия движения	Действительная скорость, км/час
Улицы с трех- и более рядным движением в одну сторону	35—40
Улицы с одно- двухрядным интенсивным движением . . .	25
Улицы с движением на подъем:	
с уклоном 9°	10
с уклоном 5°	26
Максимальная скорость при непрогретом двигателе . . .	40

На основе анализа этих данных можно сделать вывод о длительности первой фазы пожара, которая в зависимости от места его возникновения, конструктивных особенностей здания и воздухообмена колеблется от 5 до 60 мин.

Для последующих рассуждений среднюю продолжительность первой фазы пожара можно принять равной 20 мин. для зданий I и II степени огнестойкости и 8—12 мин. — для зданий со сгораемыми перегородками.

Следует отметить, что такое обобщение процессов горения может быть произведено лишь для жилых и общественных зданий, гостиниц (исключая клубы, театры и др.). В зданиях другого назначения (производственных, складских) из-за большого количества горючих материалов и значительных объемов помещений пожар будет развиваться значительно быстрее.

Если исходить из нормируемого радиуса выезда пожарных частей (5 км), то при существующих в настоящее время скоростях движения пожарных автомобилей время прибытия сил первой помощи при скорости 35 км/час (широкие улицы) будет составлять 9 мин., при скорости 25 км/час (узкие улицы) — 12 мин.

Время прибытия сил первой помощи и введения их в действие может быть подразделено на три периода:

$$\tau_{пр} = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3,$$

где τ_1 — время, потребное на получение сообщения о пожаре, сбор сил по тревоге и выезд;

τ_2 — время, затрачиваемое на движение пожарного автомобиля от депо к месту пожара;

τ_3 — время, потребное на принятие решения и развертывание сил первой помощи.

В этом случае время прибытия сил первой помощи и их развертывания составит соответственно 11 и 14 мин., что больше времени первой фазы пожара, и, следовательно, сил первой помощи окажется недостаточно для ликвидации пожара. При этом следует учесть, что возникший пожар будет обнаружен не сразу, а лишь после появления дыма и пламени. И, кроме того, потребуются какое-то время для сообщения о возникшем пожаре на пункт пожарной связи (оно зависит от степени телефонизации отдельных районов и города в целом).

Таким образом, если учесть различные условия движения пожарных автомобилей в городе, в дальнейшем целесообразно размещать пожарные части, исходя не из радиуса выезда, а в зависимости от ширины улицы, интенсивности потоков движения и скорости движения автомобилей.

В качестве нормативов расчетного времени прибытия первой пожарной помощи можно принять:

5 мин. для районов города с высокой плотностью, многоэтажной застройкой и концентрацией важных общественных зданий, крупных промышленных предприятий;

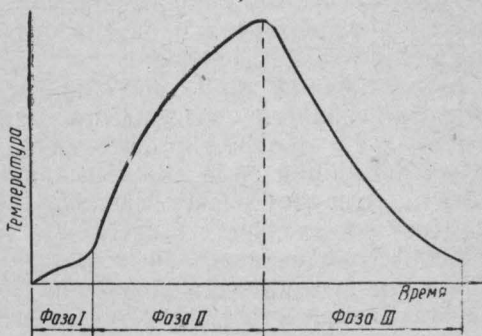


Рис. 3. Фазы развития пожара.

8 мин. для остальных районов города с нормальной концентрацией строений при смешанной застройке жилых кварталов и небольших промышленных предприятий.

Так как свыше 60% возникающих пожаров тушится одним стволом, то в дальнейшем следовало бы иметь на вооружении пожарной охраны небольшие по грузоподъемности, но с хорошими динамическими показателями и высокими скоростями пожарные автомобили, что позволит в значительно более короткое время оказывать первую пожарную помощь.

Весьма важным вопросом при организации пожарной охраны в городах является определение численности оперативных отделений на автоцистернах и автонасосах и технического оснащения пожарной охраны городов.

Единственным нормативом по определению числа оперативных отделений являются «Нормы проектирования и строительства городов» (СН 41—48), которые ввели расчетный показатель, предусматривающий один пожарный автомобиль на 5 тыс. жителей. Однако, если этот расчетный показатель правилен для небольших городов с численностью населения до 25 тыс. жителей, то для больших городов явно завышен.

Из анализа наличия пожарной техники в городах Московской области и подсчета количества оперативных отделений в Пензе, Куйбышеве, Свердловске можно предложить следующие нормативы по определению количества основных пожарных автомобилей (автонасосов и автоцистерн) в зависимости от численности населения (табл. 3).

Таблица 3

Число жителей в городе или населенном пункте, тыс.	Расчетные показатели
От 5 до 25	Один пожарный автомобиль на 5 тыс. жителей
От 25 до 100	" " " 10 " "
От 100 до 300	" " " 20 " "
Свыше 300	" " " 25 " "

При определении количества оперативных отделений на автонасосах и автоцистернах расчетным путем по расходам воды на наружное пожаротушение следует учитывать количество одновременных пожаров, исходя из СНиП.

Однако анализ данных о пожарах по диспетчерским журналам центральных пунктов пожарной связи в Пензе, Куйбышеве и Свердловске позволил установить, что количество одновременных пожаров в городах несколько выше, чем это дано в СНиП.

На графике (рис. 4) приведены данные о количестве одновременных пожаров, возникавших в Пензе, Куйбышеве и Свердловске с 1959 по 1962 г.

В связи с тем что в «Противопожарных нормах» отсутствуют нормативы по количеству одновременных пожаров в городах с

числом жителей свыше 500 тыс., нормы следовало бы дополнить с учетом полученных данных по расчетному количеству одновременных пожаров (табл. 4).

Размещать пожарные части (команды) следует, исходя из времени прибытия сил первой пожарной помощи и дополнительных сил, вызываемых по повышенным номерам. Время прибытия сил первой помощи, учитывая особенности охраняемого района и степень пожарной опасности охраняемых зданий, следует принимать равным 5 и 8 мин.

Расчет сил, потребных для тушения одновременно возникших пожаров, может быть произведен из условия сбора всех сил, необходимых на тушение крупного пожара в течение 20—30 мин.

Количество оперативных отделений на автонасосах и автоцистернах (с учетом резерва) можно определить, учитывая количество одновременных пожаров и расчетные расходы воды на тушение пожаров, которые даны в СНиП.

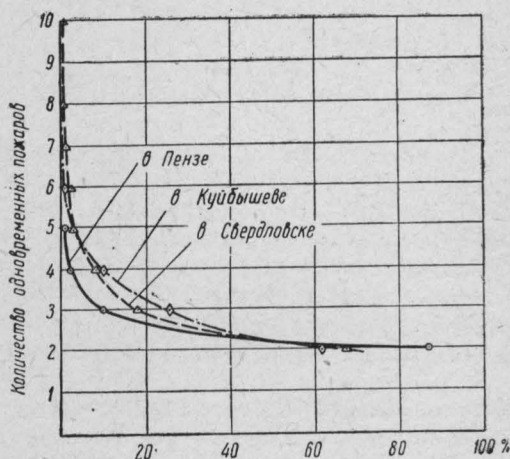


Рис. 4. График количества одновременных пожаров.

Таблица 4

Число жителей в населенном пункте или в районе населенного пункта, тыс.	Расчетное количество одновременных пожаров	
	по СНиП	рекомендуемое
До 10	1	1
До 400	3	3
До 500	3	4
До 1000	—	5

Количество оперативных отделений можно также установить, исходя из расхода воды, определенного на основе разработанных оперативных планов пожаротушения на крупные и наиболее важные объекты.

Возможность использования нормативов расхода воды из СНиП обуславливается тем, что они разработаны на основании обработки значительного количества реальных пожаров.

Для определения количества автонасосов и автоцистерн по расходу воды следует задаться той производительностью пожарных насосов, которую можно принять в расчет. При этом следует исходить не из оптимальной, а из расчета 50% (номинальной) производительности насосов, учитывая, что часть личного состава оперативных отделений может выполнять другие работы на пожарах, не связанные с непосредственной подачей воды на тушение пожара.

Л. И. ИСАЧЕНКО

Руководитель дипломного проекта
инж. Н. Б. КАЩЕЕВ

КИСЛОРОДНЫЙ ИЗОЛИРУЮЩИЙ ПРОТИВОГАЗ АИФ-1

Имеющиеся на вооружении пожарной охраны кислородные изолирующие противогазы обладают рядом существенных конструктивных, технологических и эксплуатационных недостатков (небольшое время защитного действия, повышенное сопротивление дыханию, высокие температуры газовой смеси, большой вес регенеративных патронов, плохая теплоотдающая способность корпуса, несовершенство крепления кислородоподающего механизма, неудобство боевого использования противогаза, недостаточная унификация деталей).

Разработанный в объеме технического проекта новый кислородный изолирующий противогаз АИФ-1* (рис. 1) не имеет большинства перечисленных недостатков.

Его тактико-технические показатели

вес в полностью снаряженном состоянии, кг	8
габариты, мм	365×330×165
запас кислорода при давлении в баллоне 200 кг/см ² , л	200
срок защитного действия (при выполнении работы 22 500 кгм/час), час	2
постоянная дозированная подача кислорода (при давлении в баллончике не менее 20 кг/см ²), л/мин.	1,4±0,1
легочно-автоматическая подача кислорода (при давлении в баллончике 20 ÷ 200 кг/см ²), л/мин	65÷400

Противогаз АИФ-1 в рабочем положении располагается за спиной бойца и удерживается на его плечах системой ремней, снабженных мягкими подушками из микропористой резины. Ранцевое размещение противогаза позволяет равномерно распределить вес противогаза на оба плеча человека, обеспечить максимально возможную свободу движений бойца при подъеме по пожарным лестницам и работе со стволом.

Общая компоновка основных узлов противогаза АИФ-1 сходна с компоновкой противогаза РКК-2. Отличие состоит в том, что

* Аппарат инженерного факультета, первая модель.

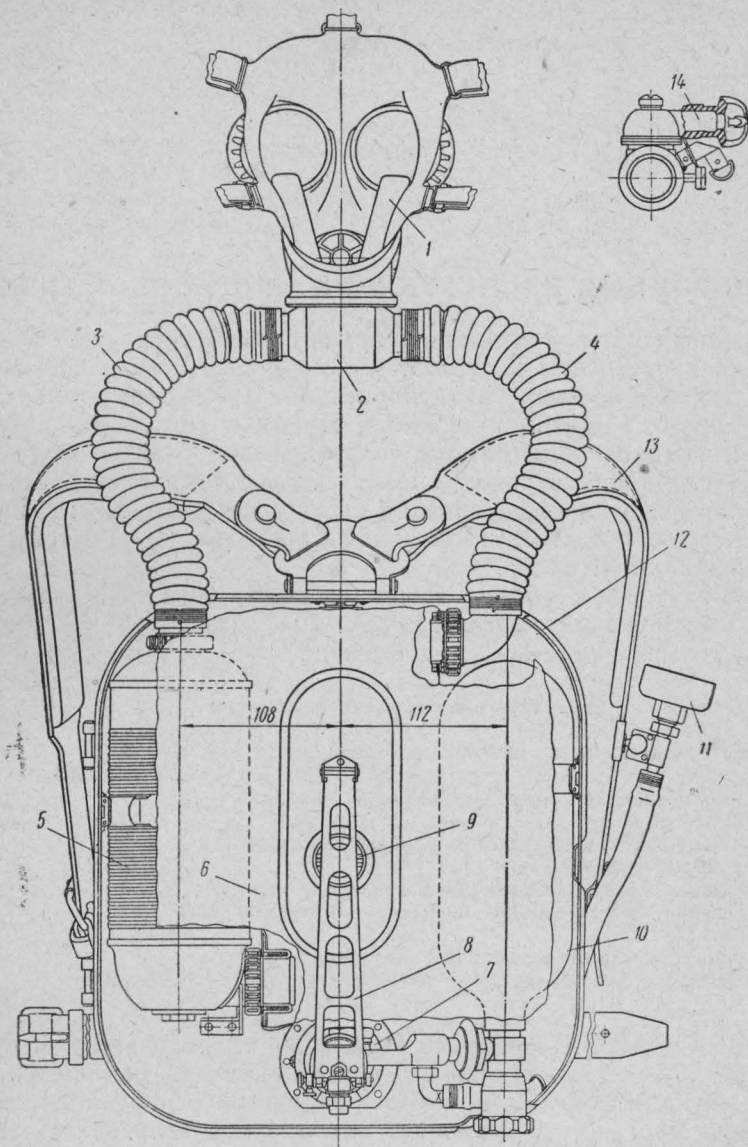


Рис. 1. Кислородный изолирующий противогаз АИФ-1:

1 — лицевая часть; 2 — клапанная коробка; 3 — шланг выдоха; 4 — шланг входа; 5 — регенеративный патрон; 6 — дыхательный мешок; 7 — кислородоподводящий механизм; 8 — рычаг легочного автомата; 9 — избыточный клапан; 10 — кислородный баллон; 11 — манометр; 12 — корпус противогаза; 13 — плечевые ремни; 14 — загубник.

влагосорбник вынесен из корпуса к клепанной коробке и кислородоподающий механизм перенесен из верхней в нижнюю часть корпуса. Однако при сходстве общей компоновки противогаз

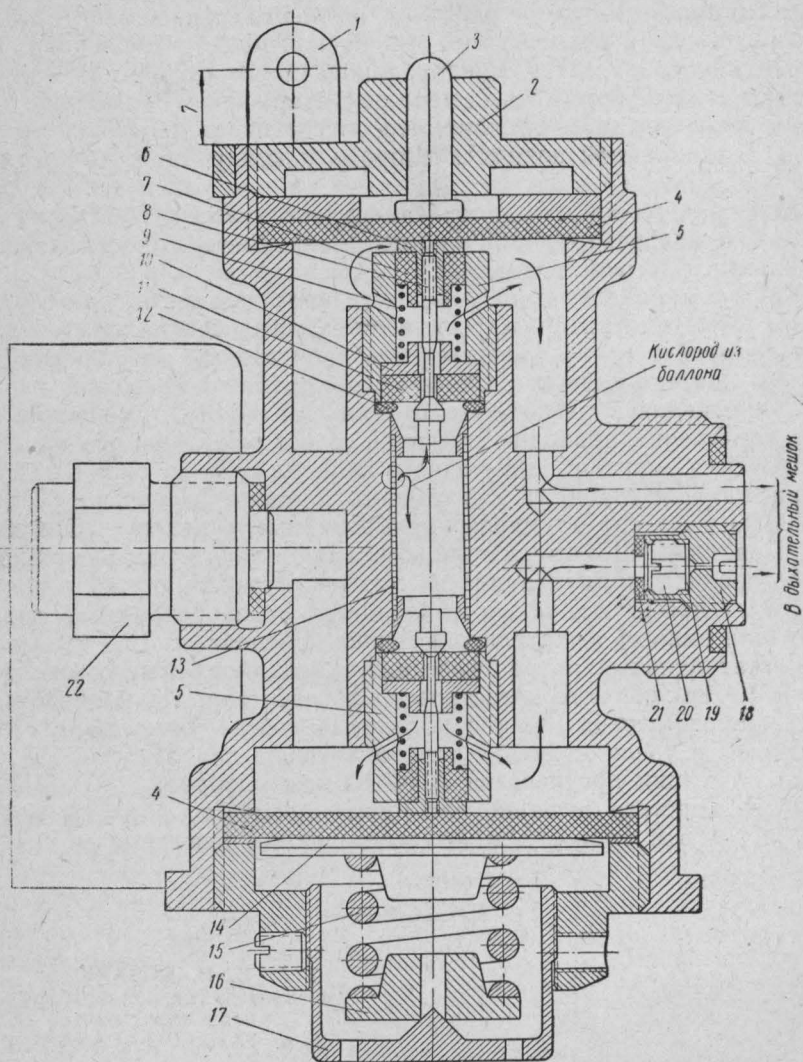


Рис. 2. Кислородоподающий механизм противогаса АИФ-1:

1 — кронштейн рычага легочного автомата; 2 — крышка камеры легочного автомата; 3 — толкатель; 4 — диафрагма; 5 — корпус клапанного устройства; 6 — гайка; 7 — направляющая втулка; 8 — клапан; 9 — рабочая пружина; 10 — шайба; 11 — фторопластовое седло клапана; 12 — прокладка; 13 — фильтр; 14 — нажимная головка; 15 — регулирующая пружина; 16 — центрирующая головка; 17 — регулирующая гайка; 18 — дозирующий штуцер; 19 — фильтр; 20 — пробка; 21 — прокладка; 22 — предохранительный клапан.

АИФ-1 имеет много новых конструктивных решений, которые выгодно отличают его от известных отечественных конструкций.

Наибольший интерес представляет кислородоподающий механизм (рис. 2), объединяющий в себе редуктор, предохранительный клапан, дозирующий штуцер постоянной подачи и легочный автомат. Легочный автомат работает на нередуцированном давлении кислорода и используется для ручной подачи кислорода. Характерной особенностью кислородоподающего механизма является повышение давления в камере редуктора при уменьшении давления в кислородном баллоне, что обеспечивает некоторое увеличение дозированной подачи кислорода к концу работы противогаса.

Конструкция кислородоподающего механизма существенно упрощена и предусматривает взаимозаменяемость многих деталей редуктора и легочного автомата.

Кислородоподающий механизм соединяется с кислородным баллоном самоуплотняющим соединением, обеспечивающим надежную герметизацию и позволяющим производить соединение рукой без помощи ключей с минимальной затратой времени.

Сопротивление дыханию в противогазе АИФ-1 уменьшено за счет увеличения проходных сечений в воздухопроводной системе и уменьшения давления избыточного клапана с 26 до 15 мм вод. ст. Пропускная способность избыточного клапана увеличена. Клапаны вдоха и выдоха применены грибовидные, резиновые. Они наиболее надежны в эксплуатации, сохраняют работоспособность при одностороннем примерзании, долговечны и работают без пружин.

Дыхательный мешок изготавливается из прорезиненной ткани. Полезная емкость дыхательного мешка доведена до 3,8—4,0 л/мин.

Регенеративный патрон переснаряжающийся. В него вмещается 1100 г химического известкового поглотителя. На корпусе патрона предусмотрены мелкие кольцевые гофры, придающие ему жесткость и увеличивающие теплоотдающую поверхность.

Конструкция противогаза АИФ-1 была одобрена УПО МООН РСФСР. Принято решение изготовить опытные образцы новых противогазов и подвергнуть их всесторонним испытаниям.

В. Н. КОЗАРЬ

Руководитель дипломного проекта
канд. техн. наук

Н. А. ТАРАСОВ-АГАЛАКОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РУКАВОВ В ПОЖАРНОЙ ОХРАНЕ

Постановление Совета Министров РСФСР № 971, 1962 г. предусматривает целый ряд мероприятий по увеличению выпуска пожарных рукавов и повышению их качества. К числу этих мероприятий относится изготовление рукавов из синтетических волокон с латексным гидроизоляционным слоем. Такие рукава значи-

тельно легче существующих, более долговечны, выдерживают большее, чем льняные рукава, давление.

В связи со снижением веса новых рукавов представится возможность увеличить их диаметр, что будет способствовать повышению эффективности использования пожарных автонасосов и автоцистерн. Бурное развитие производства синтетических волокон позволяет рассчитывать на изготовление рукавов из синтетических волокон без латексного слоя (например, из лавсана), что еще больше снизит вес рукавов. Не исключена также возможность изготовления пожарных рукавов из пластиков, армированных прочными синтетическими волокнами.

Однако в настоящее время во многих подразделениях пожарной охраны пожарных рукавов не хватает. Отечественная промышленность удовлетворяет потребности пожарной охраны в рукавах пока еще не более чем на 40%.

Это заставляет уделять особое внимание вопросам бережной эксплуатации пожарных рукавов.

За весь срок службы, составляющий несколько лет, пожарные рукава используются непосредственно на пожарах незначительное время.

Так, например, анализ использования пожарных рукавов в 5-й СВПЧ Ленинграда показал, что отдельные рукава, имеющие срок службы около 9 лет, использовались под давлением в общей сложности 100—125 час. Средняя же продолжительность работы рукавов под давлением составила 4—6 час. в год.

В 1-й СВПЧ Днепропетровска продолжительность работы рукавов под давлением (в среднем) составила всего лишь 9,7 час. в год.

В 7-й СВПЧ Днепродзержинска каждый рукав на шесть лет находился под давлением в течение 24 час., т. е. 4 час. в год.

Из приведенных данных видно, что непосредственное использование рукавов под давлением еще не является основной причиной выхода их из строя.

Продолжительность срока службы пожарных рукавов находится прежде всего в зависимости от условий их эксплуатации в пожарных частях (командах) и на объектах народного хозяйства. Там, где вопросам эксплуатации пожарных рукавов не уделяется должного внимания, срок их службы может быть весьма непродолжительным — 2—3 года и менее.

В городских частях пожарной охраны срок эксплуатации рукавов значительно выше, но и здесь он находится в прямой зависимости от условий их содержания.

Так, в 5-й СВПЧ Ленинграда средний срок службы 357 рукавов I, II, III и IV категорий составляет 7,9 лет, а I категории — 4,5 года. Количество рукавов I категории здесь составляет 28,6%; II категории — 26,4%; III категории — 24,3%; IV категории — 20,7%.

Срок службы пожарных рукавов в УПО Москвы за 1959 и 1960 г. указан в табл. 1.

Таблица 1

Срок службы списываемых пожарных рукавов, лет	Диаметр рукавов, мм	
	51	89
До 5	27,1%	6,5%
До 7	52,5%	69,0%
До 8	20,3%	24,1%
До 9	0,4%	0,4%

Таким образом, средний срок службы рукавов диаметром 51 мм составляет 6,7 лет, диаметром 89 мм — 7,1 лет.

В 1-й СВПЧ Днепропетровска средний срок службы 22 рукавов составил 6,5 лет.

В 7-й СВПЧ Днепродзержинска средний срок службы пожарных рукавов составил 5,8 лет, что значительно меньше продолжительности эксплуатации пожарных рукавов в Москве и Ленинграде.

К числу причин, вызывающих разрушение рукавов при их использовании, следует отнести:

1) механический износ рукавной ткани во время волочения рукавов по земле, бетону, строительным конструкциям, при прокладке, уборке, маневрировании рукавными линиями, при транспортировке рукавов (особенно замерзших), а также при чистке жесткими или механическими щетками;

2) разрушение рукавов в результате их замерзания при использовании в зимнее время;

3) разрушение ткани при наличии агрессивных сред (кислот, щелочей), а также растворителей, вредно влияющих на гидроизоляционный слой, что особенно характерно при использовании пожарных рукавов на промышленных предприятиях;

4) механические повреждения ткани рукавов (проколы, повреждения при переездах транспорта через рукавные линии и от возникающих при этом гидравлических ударов);

5) разрушение ткани рукавов в результате ее продолжительной многократной деформации и нахождения в напряженном состоянии от статических и динамических нагрузок при работе под давлением на пожарах и при гидравлических испытаниях;

6) понижение прочности рукавной ткани и выход рукавов из строя в результате длительного нахождения рукавов во влажном состоянии, биологического разрушения ткани в результате образования плесени (грибка), длительного воздействия на рукава солнечного света (ультрафиолетовых лучей), длительного хранения и эксплуатации рукавов без перекачки их на другую кромку, из-за сушки при высоких температурах, вызывающих повреждение рукавной ткани (воздействие на лигнин) и пр.

На срок службы рукавов оказывает также влияние:

способ изготовления (при изготовлении рукавов на плоско-тацких машинах образуется как бы шов, с которого нередко на-

чинается разрушение ткани, поэтому лучше изготавливать пожарные рукава на круглоткацких станках);

невысокое качество резины, применяемой в качестве гидроизоляционного слоя;

невысокое качество льна и пряжи и т. д.

Для прорезиненных рукавов весьма существенным является старение, т. е. окисление резинового чулка, что, прежде всего, связано с качеством резины, идущей на изготовление пожарных рукавов. Известно, что дивинильный каучук уже по структурной формуле обладает значительной ненасыщенностью, что и объясняет изменение его качеств. Старение резины приводит к повышению ее жесткости и ухудшению механической прочности, в результате чего в резиновом слое появляются трещины, в особенности по складке.

Насколько существенное влияние оказывают на пожарные рукава условия их эксплуатации, показывают наблюдения, проведенные ЦНИИПО МООН РСФСР.

Так, например, в одном случае рукава проработали под давлением 150 час., находясь в мокром состоянии, но своевременно мылись и сушились (не позднее, чем через 4 час. после использования). Прочность этих рукавов осталась без изменений. Во втором случае рукава проработали под давлением также 150 час., но после их использования 24 час. находились в загрязненном и мокром состоянии. Их прочность снизилась до 2,7 и 6,4 кг/см² (по разрываемому давлению).

Если предположить, что рукав использовался примерно 50 раз, то это означает, что он находился во влажном состоянии (при обычной продолжительности сушки 12—15 час.) около 30 суток. Поэтому сокращением продолжительности сушки (например, до 4 час.) можно сократить время нахождения его в мокром состоянии примерно в 3 раза.

В настоящее время по существу отсутствуют нормативные сроки службы рукавов. В результате этого списание рукавов производится в различные сроки, а ремонт, как правило, осуществляется неудовлетворительно.

Представляет интерес анализ данных по эксплуатации рукавов в Ленинградском гарнизоне пожарной охраны.

Средний срок службы списываемых рукавов в Ленинградском гарнизоне пожарной охраны составил: в 1959 г. — 7,85 года, в 1960 г. — 8,22 года (увеличение срока на 5%), в 1961 г. — 8,71 года (увеличение срока службы на 11%).

Таким образом, в результате ряда проведенных мероприятий по улучшению эксплуатации пожарных рукавов средний срок службы рукавов за период с 1959 по 1961 г. увеличился на 11%. При этом количество рукавов, используемых в течение времени, превышающего средний срок службы, составило: в 1959 г. — 24,5%, в 1960 г. — 36,5% и в 1961 г. — 53,3%. В том числе количество рукавов, используемых свыше 10 лет, составило: в 1959 г. — 10,5%, в 1960 г. — 12,6% и в 1961 г. — 14,0%. Все это говорит о

возможности существенного увеличения продолжительности срока эксплуатации рукавов.

В то же время в 1961 г. было списано рукавов:

со сроком эксплуатации до	4 лет	2,6%
" " " до	5 лет	1,6%
" " " до	6 лет	3,6%
" " " до	7 лет	13,8%
" " " до	8 лет	26,0%
" " " до	9 лет	23,4%
" " " до	10 лет	15,0%
" " " до	11 лет	8,1%
" " " до	12 лет	0,9%
" " " до	13 лет и более	5%

Таким образом, еще значительное количество рукавов списывается со сроком службы до 7 лет, что должно быть учтено при проведении дальнейших мероприятий по улучшению эксплуатации рукавного хозяйства.

На основе анализа собранных данных рекомендуются сроки эксплуатации пожарных рукавов, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Категория рукавов	Характеристика рукавов	Продолжительность нахождения в эксплуатации, годы	Ориентированная общая продолжительность работы на пожарах и учениях, час.
I	Магистральные рабочие линии	До 5 До 3	50 30
II	То же	5—7 3—5	50—100 30—80
III	"	7—10 5—8	100—150 80—120

Рекомендуемые сроки службы рукавов следует рассматривать как минимальные и в последующем должны проводиться мероприятия, направленные на их увеличение. Если рукава проработали с подачей воды меньшее время, чем это указано в таблице, нет оснований для перевода их в низшую категорию.

Существующая в настоящее время практика ведения рукавного хозяйства самостоятельно в каждой пожарной части (команде) мало себя оправдывает. В этих условиях нельзя организовать эксплуатацию рукавов на современном уровне, тем более что подавляющее большинство башенных рукавных сушилок не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям (в зимнее время рукава в них скорее «провяливаются», чем сушатся).

Вот почему назрел вопрос об организации в гарнизонах пожарной охраны рукавных баз, в которых хранение, сушка, мойка и ремонт пожарных рукавов могут быть поставлены на современный уровень.

Автором предложен проект такой рукавной базы, в которой предусматривается хранение рукавов (в пределах потребностей гарнизона пожарной охраны, состоящего из 7—10 частей), их ремонт, чистка, мойка и сушка (проектом предусмотрена, как наиболее рациональная, башенная сушилка), а также возможность осуществления противогнилостной пропитки.

При проектировании рукавной базы автор исходил из предположения, что гарнизон имеет $40\,000 \div 60\,000$ пог. м выкидных пожарных рукавов, из которых ежегодно ремонтируется 10—15% рукавов. Здание рукавной базы, за исключением башенной сушилки, одноэтажное, размеры его в плане 12×24 м, сметная стоимость (в ценах 1962 г.) — 20 884 руб.

Н. Б. КАЩЕЕВ

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПРИКЛЕРНЫХ СИСТЕМ

Анализ работы спринклерных систем

Уже более 60 лет в нашей стране монтируются стационарные спринклерные системы. За это время они хорошо зарекомендовали себя. По имеющимся в Специализированном проектно-монтажном управлении противопожарной автоматики сведениям почти в 400 случаях практической работы спринклерные системы успешно потушили пожары, обеспечив сохранность зданий, оборудования, сырья и готовых изделий.

Однако имели место и такие случаи, когда спринклерные системы не обеспечивали успешное тушение возникающих пожаров. К сожалению, полные статистические данные о результатах работы спринклерных систем в СССР отсутствуют. Из зарубежных данных представляют интерес материалы, опубликованные американской Национальной ассоциацией противопожарной защиты (NFPA), так как и в отечественных спринклерных установках подавляющее большинство головок и контрольно-сигнальных клапанов американской системы Гриннель.

Рассмотрим данные за период с 1 января 1925 г. по 1 января 1959 г., приведенные в табл. 1.

Как видно из табл. 1, в подавляющем большинстве спринклерные системы успешно тушат или локализуют пожары. В общественных и торговых зданиях число пожаров, успешно потушенных спринклерными системами, превышает 70%, а на промышленных предприятиях — 50% от общего числа возникших пожаров. Число случаев неудовлетворительной работы спринклерных систем составляет всего 3,8% от общего числа пожаров, возникших на спринклерованных объектах.

Таблица 1

Эффективность автоматических спринклерных систем на основных по пожарной опасности группах зданий и производств за 1925—1959 гг.

Группы зданий и производств	Пожары, полностью потушенные спринклерами, %	Достигнут контроль над распространением огня, %	Всего случаев удовлетворительной работы спринклеров, %	Случаев неудовлетворительной работы спринклеров, %	Всего число пожаров
Жилые здания	78,0	18,7	96,7	3,3	870
Залы собраний	70,8	25,9	96,7	3,3	1115
Школы	70,5	21,3	91,8	8,2	183
Институты	72,6	22,7	95,3	4,7	212
Учреждения	77,2	19,9	97,1	2,9	341
Торговые	74,9	22,2	97,1	2,9	5276
Производства					
Химикалей и химических продуктов	49,9	44,3	94,2	5,8	3551
Изделий из фибры	50,0	45,3	95,3	4,7	488
Пищевых продуктов	55,4	39,8	95,2	4,8	2233
Стекольных изделий	55,8	39,8	95,6	4,4	437
Кожевенных	66,7	29,3	96,0	4,0	2553
Металлургия и металлообработка	43,8	53,1	96,9	3,1	8205
Обработка минеральных материалов	45,8	48,7	94,5	5,5	312
Бумаги и бумажных изделий	49,8	46,0	95,8	4,2	4030
Типографские и гравировальные	74,2	24,8	99,0	1,0	1704
Резины и резиновых изделий	48,7	46,7	95,4	4,6	1166
Текстиля и текстильных изделий	54,3	43,9	98,2	1,8	19609
Деревообрабатывающие	53,4	37,4	90,8	9,2	4478
Смешанные производства	68,7	28,3	97,0	3,0	7765
Всего промышленность	55,1	41,4	96,5	3,5	56531
Склады	48,4	41,4	89,5	10,5	2597
Другие объекты	54,5	27,1	81,6	18,4	332
Всего	57,2	39,0	96,2	3,8	67457

Однако эти усредненные данные не дают представления о результатах работы спринклерных систем. На нескольких видах зданий и производств спринклерные системы работали очень хорошо и не было отмечено ни одного случая неудовлетворительной работы. С другой стороны есть такие виды производств, на которых число случаев неудовлетворительной работы спринклерных систем относительно велико. Например, на лесопилках и в столярных цехах из 246 возникших пожаров спринклерными системами было потушено только 83 пожара (33,7%), локализовано 86 пожаров (35,0%) и не было потушено или локализовано 77 пожаров (31,3%).

Для того чтобы выявить действительные результаты работы спринклерных систем, произведем перегруппировку данных, опубликованных NFPA. В статистике NFPA результаты работы спринклерных систем сгруппированы по 275 различным видам зданий и производств. Объединим эти результаты в три группы. В первую группу включим здания и производства, на которых не были зарегистрированы случаи неудовлетворительной работы спринклерных систем. Ко второй группе отнесем объекты, на которых процент случаев неудовлетворительной работы был меньше среднего, равного 3,8%. В третью группу сведем объекты, на которых число случаев неудовлетворительной работы спринклерных систем было выше среднего. В каждой группе выделим подгруппы по числу случаев успешно потушенных пожаров. Сгруппированные таким образом данные приведены в табл. 2.

Рассматривая данные табл. 2, можно отметить следующее:

1) в группе, включающей 51 (18,5%) вид зданий и производств (группа I), спринклерные системы полностью потушили или локализовали все возникшие пожары. Но общее число пожаров, имевших место в этой группе, относительно невелико и составляет 1615 (2,4%) случаев. На 224 (81,5%) остальных видах зданий и производств имели место случаи неудовлетворительной работы;

2) в основной массе, насчитывающей 45 302 (67,2%) пожара, происшедших на 75 (27,3%) различных видах зданий и производств, спринклерные системы потушили или локализовали подавляющее большинство пожаров. Число случаев неудовлетворительной работы составило всего 980 или 2,2% от общего количества пожаров в группе;

3) на большой группе объектов, включающей в себя 149 (54,2%) видов зданий и производств, на которых произошло 20 540 (30,4%) пожаров, зарегистрировано сравнительно большое количество — 1574 (7,7%) случаев неудовлетворительной работы спринклерных систем;

4) количество пожаров, полностью потушенных спринклерными системами, относительно невелико и составляет 38 553 (57,2%) из 67 457 пожаров.

Характерно, что даже на сравнительно малоопасных в пожарном отношении объектах (пекарни, отели, конторские здания, жилые дома, прачечные, фабрики драгоценностей, заводы металлоизделий, рестораны, пустующие помещения и т. п.) число пожаров, полностью потушенных спринклерными системами, не превышает 70%. На 106 (38,5%) видах зданий и производств (подгруппы е—и во всех трех группах), на которых произошло 24 431 (36,2%) пожаров, число полностью потушенных пожаров составило менее 50% от общего числа возникших пожаров;

5) количество случаев, когда спринклерные системы удержали огонь под контролем (локализовали пожар) и позволили потушить его при помощи других средств (например, струй воды из пожарных стволов), относительно велико — 26 350 (39%).

Таблица 2

Группы объектов	Число видов зданий и производств, входящих в группу	Потушено пожаров		Достигнут контроль над распространением огня		Случаев удовлетворительной работы спринклеров		Случаев неудовлетворительной работы спринклеров		Общее число пожаров
		количество	%	количество	%	количество	%	количество	%	
I. Здания и производства, на которых не отмечены случаи неудовлетворительной работы спринклерных систем, причем										
а) потушены все возникшие пожары	4	7	100,0	—	—	7	100,0	—	—	7
б) потушено 80—90% пожаров	4	227	84,7	41	15,3	268	100,0	—	—	268
в) » 70—80% »	7	235	76,6	72	23,4	307	100,0	—	—	307
г) » 60—70% »	7	202	62,5	121	37,5	323	100,0	—	—	323
д) » 50—60% »	9	215	53,3	188	46,7	403	100,0	—	—	403
е) » 40—50% »	6	47	46,1	55	53,9	102	100,0	—	—	102
ж) » 30—40% »	5	37	34,3	71	65,7	108	100,0	—	—	108
з) » менее 30% »	3	18	21,7	65	78,3	83	100,0	—	—	83
и) не достигнуто случаев тушения пожаров	6	—	—	14	100,0	14	100,0	—	—	14
Итого по группе	51	988	61,2	627	38,8	1615	100,0	—	—	1615
II. Здания и производства, на которых имело место не более 3,8% случаев неудовлетворительной работы спринклерных систем, причем										
б) потушено 80—90% пожаров	5	1167	82,6	221	15,6	1388	98,2	25	1,8	1413
в) » 70—80% »	25	12 330	74,3	3864	23,3	16 194	97,6	390	2,4	16 584
г) » 60—70% »	18	4943	65,6	2390	31,8	7333	97,4	197	2,6	7530

Группы объектов		Число видов зданий и произв. водств. входящих в группу	Потушено пожаров		Достигнут контроль над распространением огня		Случаев удовлетворительной работы sprink-леров		Случаев неудовлетворительной работы sprink-леров		Общее число пожаров
			количество	%	количество	%	количество	%	количество	%	
д)	» 50—60 %	10	2168	54,4	1722	43,2	3890	97,6	93	2,4	3983
е)	» 40—50 %	8	4883	42,9	6364	56,0	11 247	98,9	128	1,1	11 375
ж)	» 30—40 %	8	1611	37,3	2565	59,4	4176	96,7	145	3,3	4321
з)	» менее 30 %	1	28	29,2	66	68,7	94	97,9	2	2,1	96
Итого по группе											
Итого по группе		75	27 130	59,9	17 192	37,9	44 322	97,8	980	2,2	45 302
III. Здания и производства, на которых число случаев неудовлетворительной работы sprink-лерных систем составило более 3,8 %, причем											
б) потушено 80—90 % пожаров											
в)	» 70—80 %	2	69	81,2	12	14,1	81	95,3	4	4,7	85
г)	» 60—70 %	11	566	73,4	149	19,3	715	92,7	56	7,3	771
д)	» 50—60 %	21	992	65,6	412	27,3	1404	92,9	107	7,1	1511
е)	» 40—50 %	46	5458	55,5	3681	37,4	9139	92,9	702	7,1	9841
ж)	» 30—40 %	35	2397	44,3	2650	48,9	5047	93,2	367	6,8	5414
з)	» менее 30 %	22	831	34,5	1305	54,1	2136	88,6	276	11,4	2412
и)	не достигнуто случаев тушения пожаров	8	122	24,7	313	63,5	435	88,2	58	11,8	493
Итого по группе		4	—	—	9	69,2	9	69,2	4	30,8	13
Итого по группе											
Итого по группе		249	10 435	50,8	8531	41,5	18 966	92,3	1574	7,7	20 540
Всего		275	38 553	57,2	26 350	39,0	64 903	96,2	2554	3,8	67 457

Так как пожарная помощь прибывает сравнительно быстро, время сдерживания огня под контролем не превышало четверти часа. В случае, если бы пожарная помощь не могла прибыть и спринклерная система была бы противопоставлена огню одна, то оказался бы одинаково возможным как положительный, так и отрицательный результат ее работы.

Из всего сказанного следует, что необходимо дальнейшее усовершенствование спринклерных систем. Этот вывод можно подтвердить и результатами анализа данных о количестве работавших спринклерных головок при пожарах, возникших на спринклерованных объектах в США с 1 января 1925 г. по 1 января 1960 г. (табл. 3).

Таблица 3

Число вскрывшихся спринклерных головок	Водяных систем, %	Воздушных систем, %	Отсутствуют данные, %	Итого	
				количество пожаров	%
1	43,6	21,1	30,7	25 049	38,1
2	18,1	13,4	17,5	11 448	17,2
3	9,5	9,1	10,0	6093	9,3
4	6,1	7,1	6,9	4144	6,3
5	3,5	4,9	4,2	2672	4,1
6	3,1	4,2	3,0	2214	3,3
7	2,1	3,4	4,0	1570	2,4
8	1,5	3,0	2,5	1349	2,0
9	1,4	2,7	1,9	1015	1,6
10	1,1	1,8	1,5	892	1,4
11	1,0	1,7	1,1	705	1,0
12	1,1	2,2	1,7	807	1,2
13	0,4	1,3	0,8	500	0,8
14	0,7	1,3	1,2	559	0,9
15	0,5	1,1	0,8	454	0,6
10—20	1,9	4,4	3,1	1553	2,4
21—25	0,8	3,0	1,5	957	1,6
26—30	0,8	2,1	1,3	672	0,9
31—35	0,5	1,7	0,7	476	0,6
36—40	0,4	0,7	0,9	384	0,7
41—50	0,3	2,7	1,1	515	0,7
51—75	0,6	2,3	1,3	636	0,9
76—100	0,2	1,1	0,7	326	0,7
Больше 100	0,8	3,7	1,6	927	1,3
Нет данных	—	—	—	1520	—
Итого	100	100	100	67 457	100

Известно, что одна спринклерная головка защищает 9 м² площади пола помещения. В СССР в последнее время эта площадь для некоторых предприятий увеличена до 12 м². Следовательно, если на пожаре вскрылось несколько десятков спринклерных головок, то пожар распространился и охватил площадь в несколько сотен квадратных метров.

Совершенно очевидно, что безусловно работающей можно считать только такую стационарную систему, которая надежно подавляет пожар в момент его возникновения, пока он еще не развился и не вышел за пределы площади, защищаемой одной спринклерной головкой.

Если к данным табл. 3 подходить с этой точки зрения, то хорошими можно будет признать только результаты, приведенные в первой строке, т. е. спринклерные системы безусловно выполнили свою роль только в 25 049 случаях, что составляет 38,1 % от общего числа пожаров.

Анализ результатов работы спринклерных систем и пожаров в спринклерованных зданиях свидетельствуют о том, что спринклерные системы в наиболее распространенном (как и в СССР) конструктивном исполнении и при принятой системе расстановки (одна спринклерная головка на 9—12 м² площади защищаемого помещения) работают не всегда безусловно и поэтому требуют совершенствования.

Очевидно именно поэтому в США считают устаревшими спринклеры Гриннеля образца 1903 г. и для оборудования новых спринклерных установок его уже не рекомендуют. Фирма Гриннель с 1933 г. выпускает головку типа «Дураспид».

Исследования, проведенные в СССР, говорят о том, что спринклерные головки системы Гриннель обладают весьма большой инерционностью. При зажигании костра из сухих древесных стружек весом в 5 кг на расстоянии 1,5 м от спринклеров Гриннеля с металлическим замком на 72°С, подвешенных на различных расстояниях от перекрытия, быстрота вскрытия спринклеров происходила в сроки и при условиях, указанных в табл. 4*.

Таблица 4

Расстояние от перекрытия до середины замка спринклера, см	5	10	15	50
Время от момента зажигания костра до момента вскрытия спринклера, сек.	81	90	99	Не вскрылся
Температура воздуха в момент вскрытия, °С	184	204	208	—

В опытах, проведенных кафедрой техники безопасности и противопожарной техники Львовского политехнического института, замок спринклерной головки, помещенной в электрическую печь, вскрылся через 9 мин. при температуре среды в 106°С.

Несмотря на столь благоприятные условия постановки экспериментов в обоих случаях полученные результаты оказались невысокими. Спринклерные головки вскрывались только через 1,5 мин. после зажигания костра и через 9 мин. нагревания в электрической печи.

* Е. А. Тейхман. Спринклерное и дренчерное оборудование. Гостранс-техиздат, 1937.

В одном из опытов ЦНИИПО поджигались одновременно два автомобиля «Москвич», каждый в четырех местах. Автомобили были полностью заправлены бензином, маслом и, кроме того, в них устанавливались открытые 30-л емкости, полностью заполненные бензином. Несмотря на наличие бензина, обеспечивающего интенсивное горение, первый спринклер вскрылся через 130 сек., а остальные пять — через 4—6 мин.

Не исключена возможность, что при горении других материалов в реальных условиях пожара время срабатывания спринклерных установок окажется в несколько раз большим. Поэтому необходимо тщательно определить инерционность спринклерных головок и при проектировании спринклерных установок подтверждать расчетом, находится ли время срабатывания в допустимых для данного производства пределах.

Следует также более рационально подобрать температуру плавления припоя легкоплавкого замка спринклера. Эта температура должна быть сравнительно низкой, чтобы замок обладал малой инерционностью, но в то же время достаточной, чтобы исключить возможность случайного вскрытия замка при неожиданном местном повышении температуры.

С целью возможно более полного удовлетворения этих противоречивых требований еще 70 лет тому назад была установлена температура плавления припоя замка в 72, 93, 141 и 182°С. За время, прошедшее с тех пор, технологические процессы претерпели коренные изменения, изменились конструкции зданий, получили развитие системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Благодаря этому на многих производствах возможные пределы колебания температуры в помещениях составляют всего несколько градусов. В этих условиях вполне возможно применять замки спринклерных головок с припоем, имеющим температуру плавления, примерно в 1,3 ÷ 2 раза превышающую максимально возможную температуру в помещении. Целесообразно выпускать спринклеры с замками, рассчитанными на температуру плавления в 60, 70, 90 и 140°С.

Спринклеры с температурой плавления припоя замка в 60°С можно рекомендовать для помещений, имеющих системы кондиционирования воздуха, надежные системы вентиляции, исключающие возможность значительного повышения температуры воздуха. Спринклер с $t_{пл} = 70^\circ\text{С}$ найдет применение в помещениях, где возможно ожидать повышение температуры до 40°С. Два других типа спринклера предусматриваются для помещений, имеющих большие сезонные колебания температуры, и для сушильных камер.

В практике США приняты соотношения температуры плавления припоя замка и максимальной температуры у потолка помещения, приведенные в табл. 5.

Если принять тот же закон изменения величины коэффициента запаса А, то температурам плавления припоя замка 60, 70, 90 и 110

140° С будут соответствовать максимально допустимые температуры у потолка защищаемых помещений — 30, 40, 60 и 106° С.

Таблица 5

Максимальная температура t_n у потолка помещения, ° С	Температура плавления $t_{пл}$ припоя замка, ° С	Коэффициент запаса $A = \frac{t_{нл}}{t_n}$
38	68—74	1,80—1,95
66	100	1,52
107	141	1,32
149	182	1,22
190	212	1,12

Специальные исследования работы спринклерных систем, проводившиеся ЦНИИПО МООН РСФСР, позволили выявить и другие недостатки отдельных узлов спринклерных систем.

Существующие спринклеры типа 2СП и дренчеры типа ДР и ДЛ имеют следующие недостатки:

коэффициент расхода очень мал ($\mu = 0,73$). При иной конструкции отверстия для истечения коэффициент расхода можно увеличить до 0,95;

на изготовление спринклеров и дренчеров затрачивается дефицитный цветной металл (бронза);

орошение защищаемой площади неравномерно.

Данные ЦНИИПО, характеризующие орошаемую способность спринклерной головки при различных режимах работы, приведены в табл. 6.

Таблица 6

Высота расположения спринклера над полом, м	Напор у угольника или тройника, м вод. ст.	Величина орошаемой площади, м ²	Пределы величин интенсивности орошения, мм/мин
3,0	3,0	32,0	0,5—14,0
3,0	5,0	35,0	0,5—11,0
4,0	10,0	73,0	0,5—3 5

Как видно из табл. 6 величина орошаемой площади в 3,5—8,1 раза больше площади, защищаемой одной спринклерной головкой. С увеличением напора перед головкой от 5,0 до 10,0 м вод. ст. размер орошаемой площади увеличивается от 35,0 до 73,0 м². Интенсивность орошения весьма неравномерна (колеблется от 0,5 до 11,0 мм/мин). На значительной части площади интенсивность подачи воды недостаточна. Это показывают изогипсы*, приведенные на рис. 1. Изогипсы (в мм/мин) даны для спринклера СП-2 диаметром 12,7 мм, расположенного на высоте 3 м, при напоре у спринклера 5 м, вод. ст. Величина площа-

* Изогипсы — линии, соединяющие точки с одинаковым количеством выпадающей воды.

дей, орошаемых с различной интенсивностью, и общие расходы воды, приходящиеся на эти площади, приведены в табл. 7.

Рис. 1 и данные табл. 7 позволяют сделать следующие выводы:

1) при работе спринклерной головки из общего расхода воды 0,855 л/сек на зону, защищаемую головкой, подается только 0,247 л/сек (27,9%), а остальные 0,638 л/сек (72,1%) выносятся за пределы защищаемой зоны;

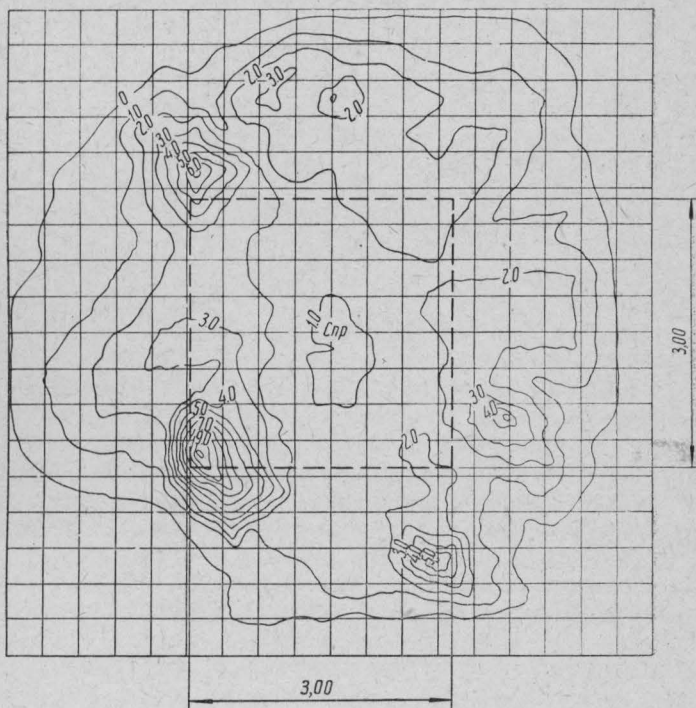


Рис. 1. Изогипсы спринклера СП-2.

2) на большую часть орошаемой площади, составляющую 22,56 м² (63,51), вода подается с интенсивностью 1 мм/мин и менее, что совершенно недостаточно для быстрой ликвидации пожара;

3) внутри защищаемой зоны площадью 9 м^2 находятся обширные участки, занимающие $5,64 \text{ м}^2$ (62,7%), орошаемые с интенсивностью 1 мм/мин и менее. С интенсивностью вполне достаточной для тушения пожара (3 мм/мин и более) орошаются только $1,12 \text{ м}^2$ (12,4%) защищаемой площади. Участки достаточного орошения (см. рис. 1) расположены в левом нижнем и частично в левом верхнем углах ее.

Результаты экспериментальных исследований, также как и анализ результатов работы спринклерных систем, свидетельствуют о том, что современные спринклерные системы имеют весьма

Интенсивность орошения	Орошаемая площадь						Расходы воды						Примечание						
	внутри зоны, за- щищаемой головкой			вне зоны, защищаемой головкой			всего			внутри зоны, защи- щаемой головкой				вне зоны, защищаемой головкой			всего		
	л/сек	м ²	%	л/сек	м ²	%	л/сек	м ²	%	л/сек	м ²	%		л/сек	м ²	%	л/сек	м ²	%
мм/мин																			
От 0 до 1. Принято в среднем	0,5	0,00833	0,64	1,80	7,68	21,62	8,32	23,42	0,005	0,56	0,064	7,24	0,069	7,80	Интенсивность, недостаточная для тушения пожара				
	1	0,0167	5,00	14,08	9,24	26,01	14,23	40,09	0,084	9,49	0,154	17,40	0,238	26,89					
	2	0,0333	2,24	6,31	7,20	20,27	9,44	26,58	0,074	8,36	0,240	27,12	0,314	35,48					
Более 3. Приня- то в среднем 4,5	0,0750	1,12	3,15	2,40	6,76	3,52	9,91	0,084	9,49	0,180	20,34	0,264	29,83	Интенсивность, достаточная для тушения пожара					
Всего . .	—	9,00	25,34	26,52	74,66	35,52	100,00	0,274	27,90	0,638	72,70	0,885	100,00						

серьезные недостатки и, следовательно, требуют доработки. Намечается два направления работы по совершенствованию спринклерных систем:

разработка новых конструкций спринклерных головок и сетей;
разработка методов теоретического определения необходимого расхода через спринклерную головку и метода определения соответствия времени срабатывания спринклерных головок возможной скорости распространения пожара применительно к конкретному защищаемому помещению, содержащему определенное количество соответствующего горючего материала.

По первому направлению ведутся совместные работы факультетом инженеров противопожарной техники и безопасности Высшей школы МООП РСФСР, ЦНИИПО и Прилуцким заводом ППО. Пока эти работы находятся в стадии эксперимента и о них рано что-либо публиковать. Предложения по второму направлению работы приведены ниже.

Определение необходимой интенсивности орошения защищаемых горючих материалов и необходимого напора у спринклерной головки

Тепловой баланс процесса горения твердого горючего в начальной стадии пожара (до начала тушения) для единицы площади помещения выражается уравнением:

$$Q + Q_2 + Q_3 = q_{изл} + q_{д.г} + q_x + q_n, \quad (1)$$

где Q — количество тепла, выделяющегося в 1 мин. с единицы площади горизонтальной проекции пожара, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{мин}$;

Q_2 — физическое теплосодержание горючего, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{мин}$;

Q_3 — физическое теплосодержание воздуха, участвующего в процессе горения, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{мин}$;

$q_{изл}$ — количество тепла, рассеиваемого излучением, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{мин}$;

$q_{д.г}$ — количество тепла, уносимого из зоны горения дымовыми газами, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{мин}$;

q_x — потери тепла в результате химической неполноты горения в условиях пожара, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{мин}$;

q_n — количество тепла, затрачиваемого на прогрев горючего, еще не участвующего в процессе горения. Иначе говоря, тепло, служащее источником энергии для развития пожара, $\text{ккал/м}^2 \cdot \text{мин}$.

Линейное уравнение (1) связывает семь неизвестных величин. Для определения их значений необходимо иметь еще шесть уравнений, которые составили бы с уравнением (1) совместную систему уравнений. Теории горения и теплопередачи дают нам такие уравнения. Ниже приводится их изложение (см. уравнения 2, 5, 7, 9, 10, 16, 17).

Количество тепла, выделяющегося в течение 1 мин. с 1 м^2 площади помещения при пожаре, определяется равенством:

$$Q = \frac{n}{60} Q_{\text{низш}} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{мин}, \quad (2)$$

где n — средняя скорость выгорания при пожаре, $\text{кг/м}^2\text{час}$;
 $Q_{\text{низш}}$ — низшая теплотворная способность твердого горючего, учитывающая расход тепла на парообразование ккал/кг .

Определение низшей теплотворной способности может быть произведено экспериментальным путем при сжигании навески горючего в калориметре, вычислением на основании теоретического расхода кислорода при горении и вычислением по эмпирическим формулам.

Из расчетных формул для определения низшей теплотворной способности наибольшей известностью пользуется формула Д. И. Менделеева:

$$Q_{\text{низш}} = 81C + 246H - 26(O - S) - 6W, \quad (3)$$

где C , H , O и S — процентное содержание в горючем веществе соответственно углерода, водорода, кислорода серы;

W — процентное содержание в горючем влаги.

Элементарный состав наиболее распространенного твердого горючего — древесины (абсолютно сухой) — приведен в табл. 8.

Таблица 8

Породы дерева	Элементы		
	С, %	Н, %	О, %
Дуб	49,4	6,1	44,5
Бук	48,5	6,3	45,2
Береза	48,6	6,4	45,0
Клен	49,8	6,3	43,9
Вяз	50,2	6,4	43,4
Ясень	49,4	6,4	44,5
Липа	49,4	6,9	43,7
Тополь	49,7	6,3	44,0
Сосна	49,6	6,4	44,0
Лиственница	50,1	6,3	43,6
Среднее арифметическое для десяти пород	49,47	6,35	44,18

Как видно из табл. 8, элементарный состав органической массы различных пород практически одинаков. Поэтому при расчете процесса горения древесины на пожаре можно принимать среднее арифметическое значение содержания углерода, водорода и кислорода. Однако помимо этой группы составных частей, называемой органической массой древесины, древесина всегда содержит незначительное количество азота (0,1—0,2%), неорганических веществ (поташа, соды, углекислых, кремнистых, фосфорнокислых солей кальция, магния, железа), остающихся при горении в виде золы (0,2—0,3%) и значительное количество воды.

Вода, содержащаяся в полостях клеток и в межклеточном пространстве, называется свободной, или капиллярной, а вода, которая пропитывает стенки клеток и коллоидно связана с веществами древесины, называется связанной, или коллоидной. Вся влага выше 23% (относительной влажности) считается свободной, а ниже — связанной. Поскольку на пожарах чаще всего горит древесина в виде изделий, подвергнутых сушке и обработке, можно считать, что она содержит только связанную влагу.

При расчете процесса горения на пожаре азот и золу, содержащиеся в древесине, можно не учитывать, однако связанной влагой пренебрегать нельзя. Обычно определяется или имеются данные относительной влажности, т.е. влажности, выраженной в процентах от веса влажной древесины. В этом случае процентный состав массы горючего с учетом балласта (влаги) можно выразить следующим равенством:

$$(C + H + O) \frac{100 - W_o}{100} + W_o = 100\% \text{ по весу,} \quad (4)$$

где W_o — относительная влажность древесины, %.

Данные, характеризующие среднюю скорость выгорания (n) различных твердых горючих веществ, полученные ЦНИИПО МООН РСФСР, приведены в табл. 9.

Таблица 9

Материалы	Средняя скорость выгорания, $кг/м^2 \cdot час$
Синтетический каучук	25
Натуральный каучук	27
Полистирол	27
Органическое стекло	36
Этрол ацетилцеллюлозный	40
Автомобильные шины	40
Киноплёнка триацетатная	52
Древесина (бруски $5 \times 5 \text{ см}$)	56
Текстолит	60
Штапель разрыхленный	110
Карболитовые изделия	120
Хлопок разрыхленный	130
Бумага разрыхленная	180
Книги на деревянных стеллажах	250
Бумага в тюках	300
Хлопок в кипах	600

Физическое теплосодержание горючего, участвующего в процессе горения, может быть определено по уравнению:

$$Q_2 = \frac{n}{60} C t \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{мин}, \quad (5)$$

где C — теплоемкость твердого горючего, $ккал/кг^\circ C$;
 t — температура горючего до начала пожара, $^\circ C$;
 n — средняя скорость выгорания вещества, $кг/м^2 \cdot час$.

Для влажной и смолистой древесины теплоемкость определяется по уравнению А. А. Деревягина *:

$$C = \frac{0,324(100 - W_o - R_o) + 0,5R_o + W_o}{100} \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}, \quad (6)$$

где W_o — относительная влажность, %;

R_o — относительное содержание смолистых веществ, %.

Количество тепла, вносимого в зону горения с воздухом:

$$Q_v = \alpha L_m (0,24 + 0,47\alpha_{\text{возд}}) t_{\text{возд}} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{мин}, \quad (7)$$

где α — коэффициент избытка воздуха;

L_m — теоретический расход абсолютно сухого воздуха;

$\alpha_{\text{возд}}$ — влагосодержание воздуха, кг/кг;

$t_{\text{возд}}$ — температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$.

Для подсчета физического теплосодержания воздуха, участвующего в процессе горения, необходимо определить теоретический расход воздуха и коэффициент избытка воздуха.

Теоретический расход абсолютно сухого воздуха на горение твердых горючих веществ на пожаре определяется по формуле:

$$L_m = \frac{n}{60} [0,115C + 0,346H + 0,043(S - O)] \text{ кг/м}^2 \cdot \text{мин}. \quad (8)$$

Величина коэффициента избытка воздуха α при горении твердых горючих веществ не определялась. В литературных же источниках приводятся различные и при том противоречивые предположения о его величине. Так, например, П. Г. Демидов **, в разбираемых примерах принимает $\alpha = 1,7 + 1,4$, а М. Я. Ройтман *** дает значения $\alpha = 0,68 - 1,00$.

Для оценки справедливости этих данных обратимся к графику Г. Ф. Кнорре ****, характеризующему изменение концентрации газов около раскаленной поверхности углерода, омываемой потоком воздуха (рис. 2). Как видно из графика, характерным для области с недостатком воздуха ($\alpha < 1$) является значительное содержание окиси углерода CO и углекислого газа CO₂ и почти полное отсутствие кислорода O₂. Для области избытка воздуха ($\alpha > 1$), наоборот, характерным является падение содержания CO и CO₂ и возрастание содержания кислорода.

Из данных о составе дыма на пожарах, приводимых различными авторами, видно, что содержание кислорода в дымовых газах не бывает ниже 17,5% по объему даже в случаях, наиболее неблагоприятных для доступа воздуха (пожары в подвалах), а содержание углекислого газа и окиси углерода не превышает соответственно 2,2 и 0,27% по объему. В случаях пожаров с благоприятными условиями для доступа воздуха (например, при по-

* А. А. Деревягин. Расчеты в лесохимии. Часть I. Гослестехиздат, 1937.

** П. Г. Демидов. Основы горения веществ. Изд-во МКХ РСФСР, 1951.

*** М. Я. Ройтман. Пожарная профилактика в строительном деле, 2-е изд. Изд-во МКХ РСФСР, 1961.

**** Г. Ф. Кнорре. Что такое горение? Госэнергоиздат, 1959.

жаре в магазине, расположенном в жилом доме) было зарегистрировано следующее содержание газов: O_2 —20,8%; CO_2 —0,2%; CO —0,18%.

Таким образом можно утверждать, что горение на пожарах происходит безусловно с известным избытком воздуха и величина коэффициента избытка воздуха может быть, как правило, больше единицы.

Учитывая состав и сравнительно высокую температуру отходящих газов на пожарах, можно предположить, что действительная величина коэффициента избытка воздуха при горении в условиях пожара существенно не отличается от величины, принятой П. Г. Демидовым*.

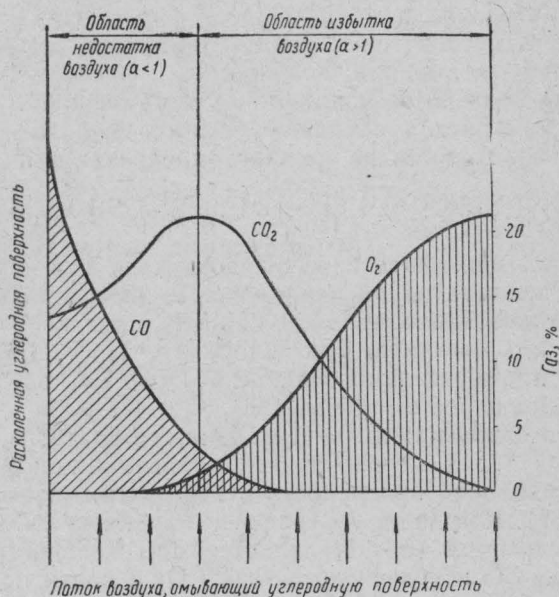


Рис. 2. Изменение концентраций газов в потоке воздуха, омывающем раскаленную углеродную поверхность.

При теплообмене путем излучения часть энергии, выделяющейся при горении на пожаре, превращается в энергию излучения и в этой новой форме распространяется в пространстве.

В начальной стадии пожара всегда имеет место сильное задымление и горящее вещество, покрытое сплошным слоем дымовых газов. Дымовые газы поглощают и излучают лучистую энергию.

Для разных газов закономерности излучения различны. С целью их унификации рекомендуется для практических расчетов принимать следующую расчетную формулу для определения ко-

* П. Г. Демидов. Основы горения веществ. Изд-во МКХ РСФСР, 1951.

личества энергии, излучаемой газом на оболочку (строительную конструкцию), ограничивающую его*:

$$q_{изл} = \varepsilon'_w \varepsilon_d C_o \left[\left(\frac{T_d}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_w}{100} \right)^4 \right] \frac{1}{60} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{мин}, \quad (9)$$

где $\varepsilon'_w = 0,5 (\varepsilon_w + 1)$ — эффективная степень черноты оболочки;

ε_w — степень черноты материала оболочки;

ε_d — степень черноты дымовых газов;

C_o — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела = $4,9 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{°K}^4$;

T_d — температура дымовых газов, °K;

T_w — температура оболочки, °K.

Отвод тепла дымовыми газами на пожаре значителен, так как количество дымовых газов большое и температура их весьма высока. Теоретически потеря тепла с дымовыми газами определяется уравнением:

$$q_{д.г} = (q_{CO_2} + q_{SO_2} + q_{H_2O} + q_{N_2} + q_{O_2}) C_p t_{д.г} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{мин}, \quad (10)$$

где q_{CO_2} , q_{SO_2} , q_{H_2O} , q_{N_2} , q_{O_2} — весовые количества углекислого газа, сернистого газа, паров воды, азота и кислорода в дымовых газах на пожаре, $\text{кг/м}^2 \cdot \text{мин}$;

C_p — теплоемкость дымовых газов при температуре, имеющей место в начале тушения, $\text{ккал/кг} \cdot \text{°C}$;

$t_{д.г}$ — температура дымовых газов, °C.

При полном сгорании на пожаре $n \text{ кг/м}^2 \cdot \text{час}$ твердого горючего образуется:

двуокиси углерода:

$$q_{CO_2} = \frac{n}{60} 3,67 \frac{C}{100} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{мин}; \quad (11)$$

сернистого газа:

$$q_{SO_2} = \frac{n}{60} \times 2 \times \frac{S}{100} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{мин}; \quad (12)$$

водяного пара:

$$q_{H_2O} = \frac{n}{60} \left(\frac{9H}{100} + \frac{W}{100} \right) \text{ кг/м}^2 \cdot \text{мин}; \quad (13)$$

азота:

$$q_{N_2} = 0,769 \alpha L_m + \frac{nN}{60 \times 100} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{мин}; \quad (14)$$

* М. А. Михеев, И. М. Михеева. Краткий курс теплопередачи. Госэнергоиздат, 1960

кислорода:

$$q_{O_2} = 0,231 (L - 1) L_m \text{ кг/м}^2 \cdot \text{мин.} \quad (15)$$

Весовая теплоемкость дымовых газов в зависимости от давления и температуры приведена в табл. 10*.

Таблица 10

Температура, °С	Давление, кг/м ³	Теплоемкость, ккал/кг °С
0	1,295	0,249
100	0,950	0,255
200	0,748	0,262
300	0,617	0,268
400	0,525	0,275
500	0,457	0,283
600	0,405	0,290
700	0,363	0,296
800	0,3295	0,302
900	0,301	0,308
1000	0,275	0,312
1100	0,257	0,316
1200	0,240	0,320

Потеря тепла в результате химической неполноты сгорания в условиях пожара всегда имеет место. По данным В. П. Линчевского** в процессе сжигания топлива в различных условиях при полном горении 1 кг углерода выделяется 8137 ккал тепла, а при неполном сгорании до СО выделяется только 2452,6 ккал. Таким образом, при неполном сгорании углерода теряется $8137 - 2452,6 = 5684,4$ ккал тепла.

Следовательно, недовыделение тепла вследствие химической неполноты сгорания будет:

$$q_x = \frac{n}{60} 5684,4 \frac{C}{100} \times \frac{CO}{CO_2 + CO} \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{мин.}, \quad (16)$$

где C — содержание углерода в твердом горючем, %;
 CO и CO_2 — содержание окиси углерода и углекислоты в дымовых газах, %.

Таким образом, могут быть определены шесть величин из семи, входящих в уравнение теплового баланса (1). Седьмая величина q_n определяется из уравнения (1):

$$q_n = Q + Q_2 + Q_3 - q_{изл} - q_{д.г} - q_x \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{мин.} \quad (17)$$

Как указывалось выше, это тепло затрачивается на прогрев и пиролиз горючего, еще не участвующего в процессе горения, т. е. это тепло служит источником энергии для развития пожара.

* П. М. Брдлик, Ю. Я. Котляров, А. И. Леонтьев, В. П. Матулевич, П. Н. Романенко. Теплопередача. Изд. Московского лесотехнического института, 1956.

** В. П. Линчевский. Топливо и его сжигание. Изд. 2-е. Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1947.

Для прекращения процесса свободного горения на пожаре необходимо и достаточно выполнение одного из следующих двух условий:

1) уменьшение скорости выделения тепла в регулирующей системе ниже определенного предела или полное прекращение выделения тепла;

2) увеличение скорости теплоотдачи от реагирующей системы в окружающую среду выше определенного предела.

Оба условия будут выполнены, если с каждой единицы площади горящего помещения искусственно удалять тепло, служащее источником энергии для развития пожара — q_n . Это достигается путем введения в очаг горения мелко раздробленной воды. Расход воды, выраженный в л/сек · м² защищаемой площади, называют интенсивностью подачи I .

Определим величину необходимой интенсивности подачи воды на пожар. Вода, вводимая в очаг пожара, частично испаряется, а частично нагревается и далее бесполезно вытекает из зоны пожара. Количество тепла, отбираемое испаряющейся водой, определяется уравнением:

$$q_{исп} = 60I K_n [539 + (100 - t_{нач}) C] \text{ ккал/м}^2 \text{ мин}, \quad (18)$$

где I — интенсивность подачи воды на пожар, л/сек · м²;

K_n — коэффициент полноты использования воды на пожаре;

$t_{нач}$ — максимальная сезонная температура воды, используемой для тушения пожара, °C;

C — теплоемкость воды, ккал/кг °C.

Количество тепла, отбираемого водой, вытекающей (отходящей) из зоны пожара:

$$q_{отх} = 60I (1 + K_n) \times (t_{отх} - t_{нач}) C \text{ ккал/м}^2 \text{ мин}, \quad (19)$$

где $t_{отх}$ — температура отходящей воды, °C.

Суммарное количество тепла, отбираемого испаряющейся и отходящей водой:

$$q_{исп} + q_{отх} = 60 \times I \{ K_n [539 + (100 - t_{нач}) C] + (1 - K_n) \times (t_{отх} - t_{нач}) C \} \text{ ккал/м}^2 \text{ мин}. \quad (20)$$

Очевидно, что эффект тушения наступит в то время, когда количество отбираемого тепла будет равно или больше количества тепла q_n , служащего источником энергии для развития пожара.

Таким образом, условие тушения должно соответствовать следующему выражению:

$$q_{исп} + q_{отх} \geq q_n. \quad (21)$$

Подставляя сюда значение суммы $q_{исп} + q_{отх}$ из формулы (20) получим:

$$q_n = 60I \{ K_n [539 + (100 - t_{нач}) C + (1 - K_n) (t_{отх} - t_{нач})] C \}. \quad (22)$$

Откуда выводится необходимая интенсивность подачи воды на пожар:

$$I = \frac{q_n}{60 \{K_n [539 - (100 - t_{нач}) C] + (1 - K_n) (t_{омх.} - t_{нач}) C\}} \text{ л/сек} \cdot \text{м}^2. \quad (23)$$

Коэффициент полноты использования воды при тушении пожаров представляет собой отношение общего количества воды, поданного на пожар, к количеству неиспарившейся воды.

Замеры количества подаваемой и отходящей воды при тушении пожаров при помощи спринклерной головки произведены ЦНИИПО. По результатам этих замеров вычислены величины коэффициенты полноты использования воды, приведенные в табл. 11.

Таблица 11

Вид горючего	Среднее значение K_n	Средняя температура отходящей воды, °С
Текстолит (фенольно-формальдегидный пластик на хлопчатобумажной основе)	0,310	48
Карболит	0,306	33
Бумага (разрыхленная)	0,485	35

Имея величину расчетной интенсивности подачи воды, можно определить необходимый напор у спринклерной головки и общий расход воды через одну спринклерную головку. Последний определяется из следующего равенства:

$$Q_{спр} = K_g K_p I F \text{ л/сек}, \quad (24)$$

где K_p — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения воды по орошаемой площади;

K_g — коэффициент, учитывающий неполноту использования воды за счет того, что часть ее выносится за пределы защищаемой площади;

F — площадь, защищаемая одним спринклером.

С другой стороны из курса гидравлики известна следующая зависимость между расходом и напором при истечении жидкости из отверстия:

$$Q_{спр} = 10^3 \mu W \sqrt{2gH} \text{ л/сек}, \quad (25)$$

где μ — коэффициент расхода;

W — площадь отверстия, из которого происходит истечение, м^2 ;

g — ускорение силы тяжести, м/сек^2 ;

H — напор перед головкой, мм вод. ст.

Приравняв правые части формул (24) и (25) и решая уравнение относительно H , получим:

$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{K_g K_p I F}{10^3 \mu W} \right)^2 \text{ м вод. ст.} \quad (26)$$

Исходя из условий работы и экономических соображений, целесообразно принимать напор перед спринклером в пределах от 5 до 10 м вод. ст.

При больших напорах перед спринклером резко возрастают потери напора особенно в распределительных рядах сети, увеличивается неравномерность подачи воды через спринклеры, находящиеся на различных расстояниях от магистральной сети, повышаются необходимые напоры у насосов водопитателей.

Таким образом, формула (26) позволяет определить напор у спринклерной головки, при котором будет обеспечена необходимая интенсивность подачи воды на пожар. Формула (23) определяет необходимую интенсивность подачи воды при пожаре данного горючего материала, а формула (24) дает необходимый общий расход через одну спринклерную головку.

Произведенные подсчеты показали, что результаты, полученные по приведенным формулам, хорошо согласуются с данными, полученными на практике. Так, например, практика тушения разлившихся пожаров древесины в закрытых помещениях показывает, что необходимая интенсивность подачи воды составляет $0,08 \text{ л/сек} \cdot \text{м}^2$. Подсчеты по формуле (23) дают $I = 0,088 \text{ л/сек} \cdot \text{м}^2$.

Определение коэффициента запаса по времени срабатывания пусковых устройств

Время срабатывания (инерционность) спринклерной головки зависит от многих факторов, которые можно объединить в следующие три группы:

1) факторы, характеризующие тип, материал и конструкцию пускового устройства (площадь F звеньев замка; коэффициент теплопроводности λ ; температура плавления припоя замка; вес припоя; теплоемкость деталей замка и припоя);

2) факторы, характеризующие процесс горения на пожаре (тепловторная способность горящих веществ; количество вещества, сгорающего в единицу времени; количество горючего вещества, приходящегося на единицу площади пола помещения; коэффициент полноты сгорания; коэффициент избытка воздуха; размеры и степень замкнутости объема помещения; продолжительность пожара);

3) факторы, характеризующие процесс теплопередачи от дымовых газов к замку спринклерной головки (скорость движения дымовых газов, плотность, вязкость, коэффициент тепловосприимчивости, разность температур).

Столь обширные и разносторонние зависимости вынуждают вводить при теоретическом определении времени срабатывания пускового устройства целый ряд допущений, снижающих в известной мере достоверность результата расчета. Поэтому следует отдать предпочтение экспериментальному определению инерционности пусковых устройств.

Соответствие времени срабатывания пусковых устройств спринклерных систем возможной скорости распространения пожара можно характеризовать величиной безразмерного коэффициента K , представляющего собой отношение времени, в течение ко-

того пожар пройдет расстояние, равное радиусу окружности, описывающей многоугольник — периметр защищаемой зоны, к времени фактического срабатывания спринклерной головки. Назовем это отношение коэффициентом запаса по времени срабатывания пусковых устройств.

Согласно данному определению:

$$K = \frac{\tau_1}{\tau_{\phi. \text{ ср}}}, \quad (27)$$

где τ_1 — время, в течение которого пожар, распространяясь со средней скоростью V , пройдет расстояние, равное радиусу r_o окружности, описывающей периметр защищаемой зоны;

$\tau_{\phi. \text{ ср}}$ — фактическое время срабатывания замка спринклерной головки.

При равномерном круговом развитии пожара наиболее вероятном для начальной стадии пожара в закрытых помещениях, защищаемых спринклерными системами, имеют место следующие зависимости:

$$\left. \begin{aligned} \tau_1 &= \frac{r_o}{V} \text{ сек.}, \\ \tau_{\phi. \text{ ср}} &= \frac{r_n}{V} \text{ сек.} \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

где r_o — радиус окружности, описывающей периметр защищаемой зоны, м;

r_n — радиус окружности, которую охватит пожар при равномерном круговом развитии за время, необходимое для срабатывания замка головки, м;

V — скорость распространения пожара.

Скорость распространения пожара, особенно в его начальной стадии, неравномерна и в достаточной мере не исследована. Поэтому до получения надежных данных можно пользоваться в первом приближении средними значениями скорости.

Средние значения линейной скорости распространения огня на пожарах для некоторых горючих веществ и материалов (по данным ЦНИИПО) приведены в табл. 12.

Данные таблицы позволяют определить по формулам (28) значения τ_1 и $\tau_{\phi. \text{ ср}}$. Зная эти значения, по формуле (27) можно определить величину коэффициента K . Коэффициент запаса по времени срабатывания пусковых устройств можно выразить через радиусы r_o и r_n . Подставив в формулу (27) значения τ_1 и $\tau_{\phi. \text{ ср}}$ из формулы (28), будем иметь:

$$K = \frac{r_o}{r_n}. \quad (29)$$

Определим теперь допустимые значения коэффициента запаса по времени срабатывания пусковых устройств.

Таблица 12

Горящие материалы или объекты пожара	Средние значения линейной скорости распространения огня, м/мин
Склады круглого леса в штабелях	0,23—0,36
Склады пиломатериалов в штабелях	1,87—2,4
Древесина (доски толщиной 2—4 см) в штабелях при влажности, %	
8—12	4,0
16—18	2,3
18—20	1,6
20—30	1,2
Текстильные изделия в закрытом складе при за- грузке 100 кг/м ²	0,33
Бумага в рулонах в закрытом складе при загруз- ке 140 кг/м ²	0,27
Синтетический каучук в закрытом складе при загрузке 290 кг/м ²	0,40
Резино-технические изделия в штабелях при скорости ветра 2 м/сек:	
по ветру	1,5
против ветра	0,7—0,8

Если принять $K < 1$, то $r_n > r_o$ и $\tau_{ф.ср} > \tau_1$. Это значит, что пожар, возникший в центре описанной окружности, распространится и выйдет за ее пределы раньше, чем начнет работать спринклерная головка, что совершенно неприемлемо.

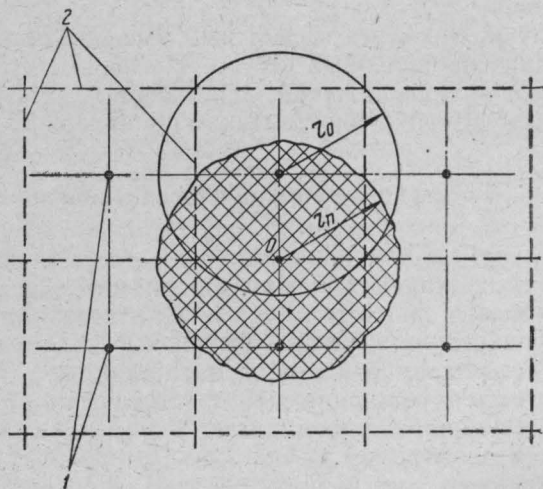


Рис. 3. Зона распространения пожара при $K = 1$ (частный случай):

1 — спринклерные головки; 2 — границы площадей, защищаемых одной спринклерной головкой.

При $K = 1$ будут иметь место равенства $\tau_o = \tau_n$ и $\tau_{ф.ср} = \tau_1$, которые показывают, что пожар, возникший в центре защищаемой площади, распространится на всю площадь и выйдет за ее

пределы также до начала работы головки. В частном случае, когда очаг пожара будет на границе двух защищаемых площадей, например, в точке 0 (рис. 3), до начала работы спринклерных головок горение распространится и пожар войдет в пределы шести защищаемых зон. Следовательно, значение $K = 1$ принимать также нельзя.

Допустимое значение K можно определить из условия, когда пожар, возникший на границе двух зон в той же точке 0, что и в предыдущем случае, не вышел за пределы этих двух зон. Алгебраически это условие записывается так:

$$r_n = r_o \cos 45^\circ. \quad (30)$$

Подставляя это значение r_n в формулу (29), получим:

$$K = \frac{r_o}{r_o \cos 45^\circ} = \frac{1}{\cos 45^\circ} = 1,41. \quad (31)$$

Значение $K = 1,41$ можно считать минимально допустимым. Желательны значения K порядка $2 \div 2,5$.

Предполагается, что в случае, если будут обеспечены достаточно высокий коэффициент запаса по времени срабатывания пусковых устройств и достаточная интенсивность орошения защищаемой площади, результаты работы спринклерных систем будут существенно улучшены. Подавляющее большинство пожаров будет тушиться в начальной стадии при минимальном числе работающих головок.

В этом случае окажется возможным уменьшить расчетные расходы воды для спринклерных систем. Поскольку эти расходы зависят от способа расположения спринклерных головок рассмотрим некоторые варианты расстановки спринклерных головок.

Расстановка спринклерных головок

Наиболее часто применяется рядовая расстановка спринклерных головок с расстоянием между головками в рядке $a = 3$ м и расстоянием между рядками $b = 3$ м. При этом площадь, защищаемая одной спринклерной головкой, является квадратом 3×3 м. Для защищаемой площади, равной 12 м², Н. А. Тарасов-Агалаков* рекомендует принимать расстояние $a = 3$ м и расстояние $b = 4$ м. Защищаемая площадь при этом представляет собой прямоугольник размером 3×4 м.

В дождевальных установках** применяется шахматная расстановка оросителей или, как ее называют, расстановка «по треугольнику», при которой оросители располагаются в вершинах равносторонних треугольников. Такая же расстановка возможна

* Н. А. Тарасов-Агалаков. Выбор диаметров трубопроводов спринклерных сетей. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника», № 12, 1960.

** А. Е. Резвин, В. И. Сидоров. Стационарные дождевальные системы. Журнал «Водоснабжение и санитарная техника», № 11, 1962.

а)

б)

в)

Рис. 4. Схемы расстановок
спринклерных головок:
а — рядовая разносторонняя; б —
рядовая разносторонняя; в — ша-
матная расстановка по вершина
равносторонних треугольников.

Рис. 4. Схемы расстановок
спринклерных головок:

a — рядовая равносторонняя; *б* — рядовая разносторонняя; *в* — шахматная расстановка по вершинам равносторонних треугольников.

Из рис. 4 и табл. 13 можно сделать следующие выводы:

при шахматной расстановке спринклерных головок конфигурация защищаемой площади (правильный шестиугольник) приближается к конфигурации орошаемой площади, которая в идеальном случае равна площади описанного круга. В силу этого количество

воды, попадающей в защищаемую зону, и интенсивность орошения при данной расстановке наибольшие. Необходимый радиус эффективного орошения минимальный;

Таблица 13

Наименование определений	Способ расстановки головок		
	рядовой равносто- ронний 3×3 м	рядовой разносто- ронний 3×4 м	шахматный в=3,00 м, а=3,46 м
Конфигурация и площадь защищаемой зоны, м ²	квадрат 9	прямо- уголь- ник 12	правиль- ный шести- угольник 10,39
Радиус описанной окружности (идеальный эф- фективный радиус орошения), м	2,12	2,50	2,00
Идеальная площадь эффективного орошения, м	14,14	19,64	12,57
%	112,5	156,25	100,0
Средняя интенсивность орошения при расходе = = 1,0 л/сек, л/сек · м ²	0,071	0,051	0,080
%	88,8	63,9	100,0
Количество воды:			
попадающей в защищаемую зону:			
л/сек	0,637	0,611	0,827
%	63,7	61,1	82,7
выносимой за пределы защищаемой зоны:			
л/сек	0,363	0,389	0,173
%	36,3	38,9	17,3
Необходимое число спринклеров для помещения 85 × 135 = 11 475 м ² :			
шт.	1334	976	1127
%	118,4	86,6	100,0

при рядовой равносторонней и разносторонней установках головок необходимые площади орошения увеличиваются в 1,12 ÷ 1,56 раза, вдвое большие количества воды выносятся за пределы защищаемой зоны и интенсивность орошения защищаемой площади уменьшается;

наименьшее количество спринклерных головок для защиты помещений требуется при рядовой разносторонней установке, однако при расстоянии между рядками $b = 4$ м спринклерную сеть очень трудно вписать в сетку колонн с шагом, кратным 3 м.

Следует учесть также, что при шахматной расстановке спринклерных головок, как будет показано ниже, расчетные расходы воды на 22% ниже. Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что шахматная расстановка спринклерных головок по вершинам равносторонних треугольников наиболее целесообразна.

Определение расчетных расходов воды

В Советском Союзе и в большинстве зарубежных стран расходы воды для спринклерных систем нормированы. Старые правила* устанавливали расходы для автоматического водопитателя

* Общесоюзные правила строительного проектирования спринклерного и дренчерного оборудования, 1939.

$Q = 10$ л/сек и для основного водопитателя $Q = 50$ л/сек. Нормы* для автоматического водопитателя оставили тот же расход $Q = 10$ л/сек, но для основного водопитателя установили расход $Q = 30$ л/сек.

Новые строительные нормы и правила (СНиП II-Г.2-62) дают следующие нормы расходов воды на спринклерные установки для зданий без фонарей шириной более 60 м с производствами категорий А, Б, В при объеме здания:

до 100 тыс. м ³	30 л/сек
от 100 до 200 м ³	35 »
от 200 до 300 м ³	40 »
от 300 и более м ³	50 »

В остальных зданиях, подлежащих оборудованию спринклерными установками, расход воды принимается не более 30 л/сек. На эти расходы производится гидравлический расчет сетей спринклерных установок для всех типов защищаемых помещений.

Такой подход к определению расчетных расходов для спринклерных систем имеет следующие недостатки:

1) не учитывается вид и количество горючих материалов, индивидуальные особенности технологического процесса и пожароопасность производств, вследствие чего спринклерные сети для самых различных по степеням пожарной опасности производств, имеющих одинаковые геометрические размеры помещений, получаются практически одинаковыми;

2) расчетные расходы воды во многих случаях оказываются завышенными, что влечет за собой излишние затраты средств и материалов на сооружение спринклерных сетей.

Нужно отметить, что стоимость сооружения спринклерных систем весьма высока. Так, затраты на одну спринклерную головку составляют около 10 руб. (в новом масштабе цен) или 1 руб. 20 коп. ÷ 1 руб. 30 коп. на 1 м² площади пола защищаемого помещения.

Столь высокая стоимость спринклерных систем обусловлена, в известной мере, тем, что спринклерные сети рассчитываются на очень большой расход воды, который во многих случаях оказывается ненужным. При среднем расходе воды через одну спринклерную головку (1,32 л/сек), предусмотренном СНиП II-Г.2-62, расход 30 л/сек обеспечивает работу 23 спринклерных головок.

Из данных табл. 3 видно, что 21 ÷ 25 головок работали только на 1,6% пожаров и 92,6% пожаров были потушены менее, чем 20 спринклерными головками. Таким образом, на 92,8% пожарах расход 30 л/сек был не нужен, а на 5,8% пожаров, на которых работало более 26 спринклерных головок, он был недостаточен.

Для вновь проектируемых спринклерных систем расчетный расход воды предлагается определять исходя из следующих соображений.

* Нормы и технические условия проектирования спринклерных и дренажных установок (СН 75—59). Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1960.

Если для данного защищаемого помещения определены и обеспечены необходимая интенсивность подачи воды I , расход воды через спринклерную головку Q_i , напор H у спринклерной головки и принят достаточный коэффициент запаса по времени срабатывания пусковых устройств, то возникший пожар будет ликвидирован одной головкой.

Следовательно, спринклерную сеть можно рассчитывать на расход воды, равный расходу через одну головку. Однако в силу того, что спринклерные системы должны отвечать повышенным требованиям в отношении надежности работы, расчет их целесообразно вести на больший расход, равный:

$$Q_p = Q_i + Q_{\text{гарант}}, \quad (32)$$

где $Q_{\text{гарант}}$ — гарантийный расход, исключаяющий возможность распространения пожара за пределы площади, защищаемой одной головкой.

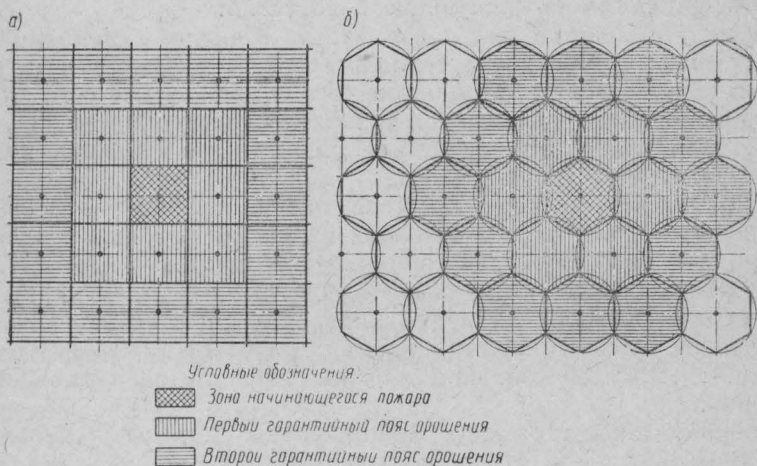


Рис. 5. Схема расположения гарантийных поясов орошения:
а — при рядовой расстановке спринклерных головок; б — при шахматной расстановке спринклерных головок.

Поскольку в больших закрытых помещениях, не имеющих преград для огня, наиболее вероятно круговое развитие пожара, то при случайном отказе одной из головок пожар может распространиться на смежные защищаемые площади. Назовем эти площади первым гарантийным поясом.

Как видно из рис. 5, первый гарантийный пояс при рядовой расстановке спринклеров включает в себя площади, защищаемые восемью, а при шахматной расстановке шестью спринклерными головками. Гарантийный расход можно считать равным сумме расходов на первом гарантийном поясе.

Таким образом, при рядовой расстановке головок:

$$Q_{\text{гарант}} = \sum_{i=1}^8 Q_i \quad (33)$$

При шахматной расстановке:

$$Q_{\text{гарант}} = \sum_{i=1}^6 Q_i \quad (34)$$

где Q_i — расход через головку, различный для каждой головки и зависящий от схемы сети и величины потерь напоров в сети.

Если пожар развился настолько, что вышел за пределы первого гарантийного пояса, т. е. охватил площадь более 70—80 м², то здесь имеет место случай неудовлетворительной работы спринклерной системы, требующей вмешательства пожарных подразделений.

Пожарные подразделения прибывают на пожар на автонасосах и автоцистернах, имеющих центробежные насосы производительностью 20, 30 или 40 л/сек при напоре 90 м вод. ст. В случае развившегося пожара целесообразно эти насосы подключать для питания спринклерной сети, при этом от передвижных пожарных насосов целесообразно отбирать расход воды на орошение второго и третьего гарантийных поясов. Подключение пожарных насосов к сети может осуществляться через патрубки с обратными клапанами, установленные на снижениях к пожарным кранам.

Таким образом, предлагается спринклерную сеть рассчитывать на два случая работы:

1) подача воды на орошение одной защищаемой зоны и первого гарантийного пояса от автоматического водопитателя, который будет рассчитан на продолжительное время работы (т. е. будет и основным водопитателем);

2) то же, что и первый случай плюс подача воды на орошение второго гарантийного пояса от передвижных насосов. Для отдельных объектов не исключается необходимость орошения и третьего гарантийного пояса от передвижных насосов.

Диаметры труб при расчете по второму случаю целесообразно подбирать таким образом, чтобы полностью израсходовать располагаемый напор на преодоление потерь напоров в сети. Стоимость сети при этом будет минимальной*.

Ориентировочные величины расчетных расходов приведены в табл. 14.

Таким образом, если будет значительно улучшена конструкция спринклерных головок, обеспечены достаточно высокий коэффициент запаса по времени срабатывания пусковых устройств и достаточная интенсивность орошения защищаемой площади, то

* Е. Н. Иванов. Приемы гидравлического расчета автоматических противопожарных установок. Информационный сборник ЦНИПО «Пожарная техника». Изд-во МКХ РСФСР, 1962.

наряду с улучшением работы спринклерных систем может быть достигнута и экономия средств при сооружении сетей и водопитателей, рассчитанных на меньший, но вполне достаточный расход воды.

Таблица 14

Зоны	Шахматная расстановка		Рядовая расстановка	
	число работающих головок	средний расход, л/сек	число работающих головок	средний расход, л/сек
Рабочая зона	1	1,32÷1,88	1	1,32÷1,88
Первый гарантийный пояс	6	7,92÷11,28	8	10,56÷15,0
Итого расход автоматического водопитателя		9,24÷13,16		11,88÷16,92
Второй гарантийный пояс (расход, подаваемый передвижными пожарными насосами)	12	15,84÷22,56	16	21,12÷30,08
Всего	19	25,08÷35,72	25	33,00÷47,00

Пожарная безопасность, вып. III

Федор Васильевич Обухов (составитель)

Бланк заказа 1964 г., № 34

Редактор Ф. В. Обухов

Редактор издательства Р. М. Любина

Техн. редактор А. А. Лелюхин

Корректор Л. П. Бирюкова

Сдано в набор 19/II 1964 г.

Подписано к печати 5/VI 1964 г.

Формат бум. 60×90^{1/16} бум. л. 4,19 печ. л. 8,25+1 вкл.—0,07 п. л. Уч.-изд. л. 8,9

Т-09415 Изд. № 1960 Тираж 2300 экз. Цена 45 к. Заказ 686

Московская типография № 28 Главполиграфпрома
Государственного комитета Совета Министров СССР по печати,
Москва, Е-398, ул. Плещева, 22

О П Е Ч А Т К И

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
33	14 снизу	— номер времени	момент времени
34	формула (5)	$a_t = \frac{x_t}{C_t \cdot \gamma_t}$	$a_t = \frac{\lambda_t}{C_t \cdot \gamma_t}$
40	20 снизу	$a_k = \frac{Nu_m \cdot x}{h}$	$a_k = \frac{Nu_m \cdot \lambda}{h}$
40	19 снизу	где x	где λ
43	17 снизу		не читать
45	10 снизу	l изменит	l изменит
46	17 сверху	$a_k = a + a_d$	$a = a_k + a_d$
46	Подпись к рисунку 5	l — $a = a_k + a_d =$	l — $a = a_k + a_d =$
60	П. 4 таблицы	Гексаметиленмин	Гексаметиленамин
96	4 снизу	входа	вдоха
129	10, 11 и 12 сверху	от 100 до 200 M^3 от 200 до 300 M^3 от 300 и более M^3	от 100 до 200 тыс. M^3 от 200 до 300 тыс. M^3 от 300 и более тыс. M^3